



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICA Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**SECUENCIACIÓN ÓPTIMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO PARA EL SECTOR RESIDENCIAL DE CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL INDUSTRIAL

CONSTANZA DANIELA YUNIS EBNER

PROFESOR GUÍA:

JACQUES CLERC PARADA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

ORLANDO CASTILLO ESPINOZA

MANUEL DÍAZ ROMERO

SANTIAGO DE CHILE

2017

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL

TÍTULO DE: Ingeniera Civil Industrial

POR: Constanza Daniela Yunis Ebner

FECHA: 17 de julio de 2017

PROFESOR GUÍA: Jacques Clerc Parada

SECUENCIACIÓN ÓPTIMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA EL SECTOR RESIDENCIAL DE CHILE

El calentamiento global se ha posicionado como uno de los mayores desafíos que ha tenido que enfrentar la humanidad. Frente a esto, varios países se han comprometido a disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Chile no se ha quedado al margen de todo esto, comprometiéndose a reducir un 30% de la intensidad de emisiones de GEI para el año 2030, respecto del año 2007. Para esto, han sido evaluadas una serie de medidas u opciones de mitigación para cada sector relevante y elaborar una política de cambio climático nacional.

Ya se han realizado diversos estudios sobre las posibles políticas, pero aún falta definir cuándo se implementará cada medida para alcanzar la meta comprometida. Tradicionalmente, dentro de las herramientas utilizadas para responder las preguntas antes planteadas, se encuentran las curvas de abatimiento de GEI, implementando primero las medidas más económicas y siguiendo así hasta la más costosa. Pero esta solución no es la óptima y trae graves consecuencias, como hacer más caro de alcanzar los objetivos de mitigación de largo plazo o, incluso, volver inalcanzable un objetivo más ambicioso.

Dado lo anterior, esta memoria aplica un modelo de optimización lineal basado en el planteado por A. Vogt-Schilb, en el documento “*Marginal abatement cost curves and the optimal timing of mitigation measures*”, con el fin de determinar la secuenciación óptima de opciones de mitigación de GEI. Esto permite contrastar las curvas en su versión tradicional y la implementación de un modelo de optimización, determinando la utilidad que tiene este último. Cabe destacar que el desarrollo de esta memoria se acota al sector residencial de Chile, dejando propuesto para trabajos futuros la implementación del modelo en los otros sectores y subsectores del país.

Primero, se realiza la construcción de la curva de abatimiento tradicional para el sector antes mencionado. Luego, se desarrolla el modelo de optimización lineal y se presentan los resultados obtenidos. Por último, se realiza una sensibilización del modelo de optimización respecto a las variables relevantes.

A partir del desarrollo del modelo de optimización se puede concluir que, dependiendo de la meta de mitigación fijada, existe una combinación óptima de medidas de mitigación, con su correspondiente año de ingreso, que entrega el mínimo costo. Esta secuenciación difiere de la que se podría interpretar a partir de las curvas de abatimiento. Además, se concluye la importancia que tiene considerar el largo plazo al momento de pensar en la política de cambio climático, debido a que se podría volver imposible de alcanzar si no se toman acciones tempranas. Finalmente, se corrobora la hipótesis de que la implementación de un modelo de optimización como el planteado, es una herramienta útil y que podría ayudar en la toma en el diseño de la política de cambio climático de Chile, pero sin dejar de prestar atención a que existen limitantes propias de las curvas las cuales, en trabajos futuros, hay que resolver.

Dedicada a mi madre Marilú Ebner, quien me dio todas las herramientas necesarias para sacar adelante esta carrera. A pesar de que no me pudo acompañar físicamente durante este proceso, yo siempre supe que ella estaba en cada actividad que yo realizaba.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a toda mi familia por siempre alentarme, pero en especial a mi hermana Paola Yunis, quien realmente fue mi pilar durante estos 6 años y yo creo que ni ella se imagina lo fundamental que fue en todo mi proceso universitario. A mi padre, Alejandro Yunis, por todo el esfuerzo realizado y por todas esas conversaciones alentadoras que fueron más que necesarias en su momento. A mi madre Marilú Ebner, quien me acompañó en toda la etapa escolar y me dio todas las técnicas de estudio que actualmente utilizo. Y a mi tía Deborah Ebner, y mis abuelos Giacomo y Alejandra, quienes estuvieron siempre conmigo, preocupados de que pudiera pasar cada etapa de la mejor manera posible.

Agradecer a todos los que apoyaron el proceso de realización de mi trabajo de título, en especial al profesor Jacques Clerc, por su confianza y dedicación puesta como profesor guía. También a Serguey Maximov por todas las horas dedicadas a explicarme lo que necesitaba y a Bruno Campos, por ayudarme en la revisión de mis datos y cálculos. Agradezco también a los profesores de la sección, Jaime Alee, Orlando Castillo y Claudio Orsini, por todos los *feedbacks* entregados. Agradezco a Adrien Vogt-Schilb, autor del documento en que se basa esta memoria, quien gentilmente respondió a todas mis consultas y me proporcionó material complementario para guiar mi trabajo. Además, no quiero dejar de mencionar al profesor Pablo Ramírez, quien, a pesar de no tener relación directa con el desarrollo de mi trabajo de título, me aportó de gran manera en mi crecimiento personal y profesional, particularmente en los últimos años de la carrera.

Agradezco enormemente a cada una de las personas que conocí durante los 6 años de estudio, en especial a aquellos que se volvieron amigos. A Fernanda Díaz, Diego Bernstein, Diego Ferreira y Roberto González, con quienes compartimos los años más intensos y complicados de la carrera, siguiendo junto con los dos primeros todo el periodo de especialidad. A Felipe Andrade, Simón Castro y Nicolás Lara, a quienes conocí durante esta segunda etapa, la especialidad, mostrándome que aún me quedaban personas maravillosas por conocer. A más de alguno se lo dije, pero sin ustedes este proceso no habría sido tan bonito, lleno de risas y buenos momentos.

Agradezco también a esos amigos que perduraron desde el colegio, principalmente a los que me acompañaron en estos 6 meses, mandando mensajes y siempre preocupados de cómo iba avanzando mi memoria. Loreto Chuaqui, Alejandra Beher, Pilar Délano, Manuela Maturana, Fernando Henríquez, Manuel Granic, Belén Torres y, en especial, a María Paz Morga.

Por último, quiero agradecer a mi pareja Francisco Barrientos, quien me acompañó en cada fin de semana que tuve que trabajar en la realización de este documento y cuyas ayudas y apoyo fueron de gran importancia para sacar adelante mi memoria. Y, sobre todo, por alegrarme y devolverme la confianza cada vez que se presentó alguna dificultad en este proceso.

Tabla de contenido

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Introducción..... | 1 |
| 1.1. | Antecedentes generales de las curvas de costo marginal abatimiento..... | 2 |
| 1.2. | Descripción del Proyecto y Justificación..... | 4 |
| 1.3. | Objetivos..... | 5 |
| 1.3.1. | Objetivo general..... | 5 |
| 1.3.2. | Objetivos específicos..... | 6 |
| 1.4. | Alcances..... | 6 |
| 1.5. | Marco Conceptual..... | 7 |
| 1.5.1. | Conceptos Claves..... | 13 |
| 2. | Metodología..... | 16 |
| 2.1. | Selección y caracterización de políticas de mitigación del sector CPR..... | 16 |
| 2.2. | Construcción de la curva de abatimiento..... | 16 |
| 2.2.1. | Costo de abatimiento (CA)..... | 16 |
| 2.2.2. | Potencial de mitigación..... | 18 |
| 2.3. | Modelo de Optimización Lineal..... | 18 |
| 2.3.1. | Velocidad de implementación (o Inercia)..... | 18 |
| 2.3.2. | Planteamiento del Problema..... | 18 |
| 2.3.3. | Procesamiento de resultados..... | 20 |
| 2.4. | Análisis comparativo de ambos modelos..... | 20 |
| 3. | Proceso de Selección de Medidas..... | 21 |
| 3.1. | Medidas Seleccionadas..... | 25 |
| 4. | Construcción de curvas de costo marginal de abatimiento..... | 28 |
| 4.1. | Construcción de consumo en escenario de Línea Base..... | 28 |
| 4.1.1. | Calefacción..... | 29 |
| 4.1.2. | ACS..... | 31 |
| 4.1.3. | Artefactos eléctricos..... | 32 |
| 4.1.4. | Cálculo de Emisiones..... | 34 |
| 4.2. | Construcción de Escenario con Políticas..... | 36 |
| 4.2.1. | Supuestos de Modelación de las medidas..... | 36 |
| 4.2.2. | Cálculo de consumos eficientes por medida..... | 38 |
| 4.2.3. | Cálculo de potencial máximo de mitigación al 2030..... | 39 |
| 4.3. | Cálculo de costos de abatimiento..... | 41 |
| 4.4. | Curva de costo marginal de abatimiento..... | 42 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5. | Modelo de optimización lineal | 45 |
| 5.1. | Velocidad de Implementación de cada medida | 45 |
| 5.1.1. | Velocidad dadas por característica propia de la medida | 45 |
| 5.1.2. | Velocidad dadas por las políticas asociadas a la medida | 46 |
| 6. | Resultados obtenidos | 47 |
| 6.1. | Resultados por esfuerzo de mitigación | 47 |
| 6.1.1. | Esfuerzo poco ambicioso: Mitigación 0% a 12% | 49 |
| 6.1.2. | Esfuerzo intermedio: Mitigación 14% y 15% | 50 |
| 6.1.3. | Esfuerzo ambicioso: Mitigación 18% | 51 |
| 6.1.4. | Porcentaje máximo de mitigación alcanzable (19,11%) | 52 |
| 6.2. | Comparación entre ambos modelos | 53 |
| 7. | Sensibilización velocidades de implementación | 55 |
| 7.1. | Supuesto: Objetivo fijo en 15% de mitigación | 56 |
| 7.1.1. | Duplicar velocidad reacondicionamiento térmico subsidio | 56 |
| 7.1.2. | Duplicar velocidad reacondicionamiento térmico crédito | 57 |
| 7.1.3. | Duplicar velocidad ACS | 57 |
| 7.1.4. | Cuadruplicar velocidad reacondicionamiento térmico subsidio | 58 |
| 7.1.5. | Cuadruplicar velocidad reacondicionamiento térmico crédito | 59 |
| 7.1.6. | Cuadruplicar velocidad ACS | 59 |
| 7.2. | Supuesto: Objetivo fijo en 18% de mitigación | 60 |
| 7.2.1. | Duplicar velocidad reacondicionamiento térmico subsidio | 60 |
| 7.2.2. | Duplicar velocidad reacondicionamiento térmico crédito | 61 |
| 7.2.3. | Duplicar velocidad ACS | 62 |
| 7.2.4. | Cuadruplicar velocidad reacondicionamiento térmico subsidio | 62 |
| 7.2.5. | Cuadruplicar velocidad reacondicionamiento térmico crédito | 63 |
| 7.2.6. | Cuadruplicar velocidad ACS | 64 |
| 7.2.7. | Velocidad máxima reacondicionamiento térmico subsidio | 64 |
| 7.2.8. | Velocidad máxima reacondicionamiento térmico crédito | 65 |
| 7.2.9. | Velocidad máxima ACS | 66 |
| 7.3. | Efecto de medida de información en vez de regulación | 67 |
| 7.3.1. | Medida de etiquetado de artefactos en vez de MEPS | 67 |
| 7.3.2. | Medida de calificación de viviendas en vez de actualización de normativa | 68 |
| 7.4. | Análisis de la sensibilización | 69 |
| 8. | Conclusión | 71 |
| 8.1. | Trabajos futuros | 72 |
| 9. | Glosario | 74 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 10. | Bibliografía..... | 75 |
| 11. | Anexos..... | 78 |
| | Anexo A: Proyección de viviendas por tipología..... | 78 |
| | Anexo B: Consumo Unitario Real de Calefacción y Penetración..... | 80 |
| | Anexo C: Consumo Unitario Real de ACS y Penetración..... | 92 |
| | Anexo D: Consumo Unitario Real artefactos eléctricos y Saturación..... | 104 |
| | Anexo E: Porcentaje de mejora de eficiencia por región para medida de Reglamentación Térmica..... | 109 |
| | Anexo F: Ahorro gracias a la implementación de le medida..... | 110 |
| | Anexo G: Precio de los combustibles..... | 112 |
| | Anexo H: Detalle de cálculo costo de abatimiento artefactos eléctricos..... | 114 |
| | Anexo I: Detalle de cálculo de costo de abatimiento de calefacción..... | 116 |
| | Anexo J: Detalle de cálculo de costo de abatimiento de ACS..... | 121 |
| | Anexo K: Código del Modelo Implementado en GAMS..... | 122 |
| | Anexo L: Esfuerzos de mitigación del 13%, 16% y 17%..... | 124 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Estrategias de mitigación y criterios de comparación | 11 |
| Tabla 2: Clasificación de medidas de mitigación del sector CPR | 22 |
| Tabla 3: Consumo unitario real de calefacción por vivienda Región Metropolitana año 2016. ... | 29 |
| Tabla 4: Proyección uso de calefacción Región Metropolitana para el año 2016..... | 30 |
| Tabla 5: Penetración de calefacción por tipo de combustible Región Metropolitana para el año 2016. | 30 |
| Tabla 6: Consumo unitario real de ACS por vivienda Región Metropolitana año 2016..... | 31 |
| Tabla 7: Proyección uso de ACS Región Metropolitana para el año 2016. | 32 |
| Tabla 8: Penetración de ACS por tipo de combustible Región Metropolitana para el año 2016.. | 32 |
| Tabla 9: Saturación artefactos eléctricos Región Metropolitana, año 2016. | 33 |
| Tabla 10: Consumo en kWh producto de artefactos eléctricos Región Metropolitana, año 2016 | 33 |
| Tabla 11: Factores de emisión. | 34 |
| Tabla 12: Potencial de calentamiento | 34 |
| Tabla 13: Ahorro de cada tipo de artefacto | 36 |
| Tabla 14: Vida útil artefactos. | 36 |
| Tabla 15: Ahorro de cada tipo de artefacto. | 37 |
| Tabla 16: Número de artefactos eléctricos total del parque. | 39 |
| Tabla 17: Porcentaje de viviendas por grupo socioeconómico. | 39 |
| Tabla 18: Total de viviendas que podrían verse afectadas debido a las distintas políticas. | 40 |
| Tabla 19: Potencial máximo de mitigación (Amax) de cada medida. | 40 |
| Tabla 20: Costo de abatimiento y potencial de mitigación para cada medida. | 42 |
| Tabla 21: Número de artefactos que son reemplazados anualmente..... | 45 |
| Tabla 22: Datos históricos de velocidad de implementación | 46 |
| Tabla 23: Velocidad de implementación de cada medida. | 46 |
| Tabla 24: Cantidad de tCO ₂ e mitigado por escenario de esfuerzo. | 47 |

| | |
|---|----|
| Tabla 25: Abreviaciones utilizadas para confección de tablas de resultados. | 48 |
| Tabla 26: Secuenciación óptima de medidas en un escenario de esfuerzo poco ambicioso (0% a 12%)..... | 49 |
| Tabla 27: Secuenciación óptima de medidas en un escenario de esfuerzo intermedio (14%). | 50 |
| Tabla 28: Secuenciación óptima de medidas en un escenario de esfuerzo intermedio (15%) | 51 |
| Tabla 29: Secuenciación óptima de medidas en un escenario de esfuerzo ambicioso (18%). | 52 |
| Tabla 30: Secuenciación óptima de medidas con la meta máxima alcanzable dado la velocidad de las políticas. | 52 |
| Tabla 31: Resumen de velocidades de sensibilización en viviendas por año..... | 55 |
| Tabla 32: Sensibilización cambiando medidas de MEPS por etiquetado de artefactos y actualización de normativa por calificación de viviendas. | 55 |
| Tabla 33: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de reacondicionamiento térmico mediante subsidio duplicada. | 56 |
| Tabla 34: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de reacondicionamiento térmico mediante crédito duplicada..... | 57 |
| Tabla 35: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de medida de ACS duplicada..... | 58 |
| Tabla 36: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio cuadruplicada. | 58 |
| Tabla 37: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito cuadruplicada. | 59 |
| Tabla 38: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de medida de SST de ACS cuadruplicada. | 60 |
| Tabla 39: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio duplicada..... | 61 |
| Tabla 40: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito duplicada. | 61 |
| Tabla 41: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de ACS duplicada..... | 62 |
| Tabla 42: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio cuadruplicada. | 63 |
| Tabla 43: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito cuadruplicada. | 63 |

| | |
|--|----|
| Tabla 44: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de ACS cuadruplicada..... | 64 |
| Tabla 45: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad máxima de medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio. | 65 |
| Tabla 46: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad máxima de medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito..... | 65 |
| Tabla 47: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad máxima de medida de ACS. | 66 |
| Tabla 48: Secuenciación óptima de medidas con meta al 15% y medida de etiquetado de artefactos eléctricos. | 67 |
| Tabla 49: Secuenciación óptima de medidas de mitigación con meta 15% y medida de calificación de viviendas. | 68 |
| Tabla 50: Ahorros por duplicación y cuadruplicación de implementación, meta 15%..... | 69 |
| Tabla 51: Ahorros por duplicación, cuadruplicación y velocidad máxima de implementación, meta 18%..... | 69 |
| Tabla 52: Costo de cambio de medidas de regulación por medidas de información. | 70 |

Índice de ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Curva de abatimiento de GEI | 3 |
| Ilustración 2: Participación relativa de cada sector en el total de emisiones de GEI, sin incluir las capturas del sector forestal | 6 |
| Ilustración 3: Metodología modelo de análisis multivariado | 10 |
| Ilustración 4: Metodología de grupo de consenso..... | 12 |
| Ilustración 5: Principales dimensiones curvas de abatimiento. | 15 |
| Ilustración 6: Curva de Abatimiento para todos los sectores relevantes de Chile..... | 24 |
| Ilustración 7: Ejemplo de etiqueta de equipos eléctricos. | 25 |
| Ilustración 8: Etiqueta de calificación de viviendas | 27 |
| Ilustración 9: Emisiones en línea base..... | 35 |
| Ilustración 10: Curva de Abatimiento de GEI para las políticas seleccionadas del sector Residencial, para el caso de políticas de regulación..... | 43 |
| Ilustración 11: Curva de Abatimiento de GEI para las políticas seleccionadas del sector Residencial, para el caso de políticas de información..... | 44 |
| Ilustración 12: Gráfico de costo por escenario de esfuerzo de mitigación..... | 53 |
| Ilustración 13: Gráfico comparativo del ahorro porcentual dado una variación en la velocidad de implementación de las medidas de reacondicionamiento térmico mediante subsidio y crédito, y la medida de ACS..... | 69 |

1. Introducción

"Estamos batiendo todos los récords de calentamiento desde que empezó el siglo. Lo hemos hecho tanto en el año 2015 como durante los primeros nueve meses de 2016"

-Petteri Taalas, secretario general de la Organización Meteorológica Mundial.

Diariamente, las personas en todas partes del mundo viven los estragos causados por el cambio climático. El tema es constantemente motivo de noticia y el calentamiento global se ha posicionado como uno de los mayores desafíos a los que se ha enfrentado la humanidad. Las cifras presentadas por la ONU son alarmantes, dentro de las cuales se destacan [1]:

- Entre 1880 y 2012, la temperatura media mundial aumentó 0,85 °C.
- Entre 1901 y 2010, nivel medio del mar aumentó 19 cm.
- Emisiones mundiales de CO₂ han aumentado casi un 50% desde 1990.

Se pensaba que, de seguir con el comportamiento actual, la temperatura media de la superficie podría aumentar 3°C este siglo [1]. Pero de acuerdo a estudios más recientes, esta cifra pareciera estar subestimada. La Organización Meteorológica Mundial publicó una declaración provisional sobre el estado del clima mundial en 2016. En él se menciona que las temperaturas son lo suficientemente altas como para pensar que este sería el año más cálido del que se tenga registro [2].

La preocupación mundial es evidente y los distintos países ya han tomado diversas acciones. En 1994 entró en vigor la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y actualmente el número de miembros la hace casi universal [3]. La Convención tiene el objetivo de estabilizar los niveles de emisión de gas efecto invernadero (GEI) y para ello realiza anualmente las reuniones denominadas Conferencias de las Partes (COP). Esta permite la toma de decisiones que fomenten la implementación de la Convención.

Revisando los hitos importantes a nivel nacional, en la COP realizada en Copenhague (2009) Chile propuso un compromiso voluntario, consistente en alcanzar una reducción del 20% de las emisiones al año 2020, con respecto a la línea base proyectada el año 2007. Este compromiso fue ratificado en la COP20 llevada a cabo en Lima (2014). Luego, en la COP21 realizada en París (2015) se firmaron los *"Intended Nationally Determined Contributions"* (o INDC por sus siglas en inglés), que corresponden a planes de acción climática presentados por cada país. El INDC propuesto por Chile corresponde a reducir un 30% de la intensidad de emisiones de GEI para el año 2030, respecto del año 2007 [4]. El 20 de septiembre de 2016, durante la Asamblea General de Naciones Unidas celebrada en Nueva York, la presidenta Michelle Bachelet firmó el Acuerdo de París, el cual fue ratificado el 11 de abril de 2017.

Recientemente, en noviembre de 2016, se llevó a cabo la COP22 en Marruecos. En ella se aprobó un documento que marca el camino para redactar las reglas del Acuerdo de París y fija su fecha de término para el 2018. El camino para alcanzar los objetivos de mitigación es largo y recién está comenzando. Para que Chile pueda cumplir con lo prometido, se debe evaluar una serie de políticas de mitigación y realizar un diseño de la política de cambio climático nacional. El principal

desafío que presenta Chile es que debe buscar políticas que no afecten el crecimiento del país. Los distintos organismos, entre ellos el Ministerio de Medio Ambiente y de Energía, con el apoyo del Banco mundial se encuentran trabajando en esto.

Ya se han realizado proyectos e investigaciones con respecto a las opciones de mitigación de cambio climático para el caso de Chile. Dentro de éstos se destaca el proyecto MAPS (Mitigation Action Plans and Scenarios), el cual entrega evidencia, proyecciones y opciones para disminuir las emisiones de GEI [5]. Lo que hace es analizar distintas medidas e identificar trayectorias probables, de acuerdo a los posibles escenarios basados en diferentes niveles de esfuerzo. Este tipo de documento permite tomar decisiones informadas sobre las políticas de cambio climático.

Además, en el año 2014 se presenta la “Agenda de Energía”, la cual corresponde a un plan de acción y una carta de navegación para tomar las decisiones que permitan destrabar el sector energético, poniéndose énfasis en el tema hacer frente al cambio climático [6]. A partir de esto, el Ministerio de Energía decide desarrollar la política “Energía 2050”, el que busca adscribirse a prácticas internacionales para la elaboración de una política energética. Se considera crucial que las políticas no solo sirvan para satisfacer necesidades del país, sino también para cambiar el rumbo y buscar el bienestar social a futuro. Es por esto que Energía 2050 busca ser concebido como un proceso participativo de la construcción de la política de cambio climático.

Si bien ya se han realizado exhaustivas investigaciones con respecto a este tema y se han generado proyectos sobre políticas de cambio climático, ninguna resulta en el diseño de la política. Aún falta definir qué medidas y cuándo serán implementadas para lograr alcanzar la meta planteada no solo en el corto plazo.

Considerando lo anterior, el siguiente trabajo de memoria busca extender las curvas de abatimiento, mediante la implementación de un modelo de optimización lineal basado en el propuesto por A. Vogt-Schilb, con el fin de probar una herramienta que facilite el diseño de la política de cambio climático.

1.1. Antecedentes generales de las curvas de costo marginal abatimiento

Las curvas de costo marginal de abatimiento son una representación gráfica de los costos de abatimiento y los potenciales de mitigación de una cartera de medidas de mitigación. En ella se presentan las distintas opciones ordenadas de manera ascendentemente, de acuerdo con el costo unitario de abatimiento¹. Esto permite poder comparar las medidas, pudiendo escoger aquellas más costo-eficientes.

Las curvas de costo marginal abatimiento fueron desarrolladas por primera vez en los años 70, luego de dos fuertes alzas en el precio del petróleo. Tenían como objetivo principal reducir el consumo de petróleo y luego el de electricidad.

¹ La explicación en detalle de las curvas de costo marginal de abatimiento se encuentra presentados más adelante en la sección Metodología.

Actualmente, las curvas se han vuelto muy populares en las creaciones de políticas, especialmente luego del reporte de McKinsey y Compañía, el cual analiza los costos de reducción de Gases Efecto Invernadero para distintos sectores [7]. Se usan principalmente para comparar distintas acciones de mitigación y pueden ser una herramienta potente para comunicar de forma sencilla la gran cantidad de medidas de mitigación que son técnicamente viables.

Curvas de Abatimiento

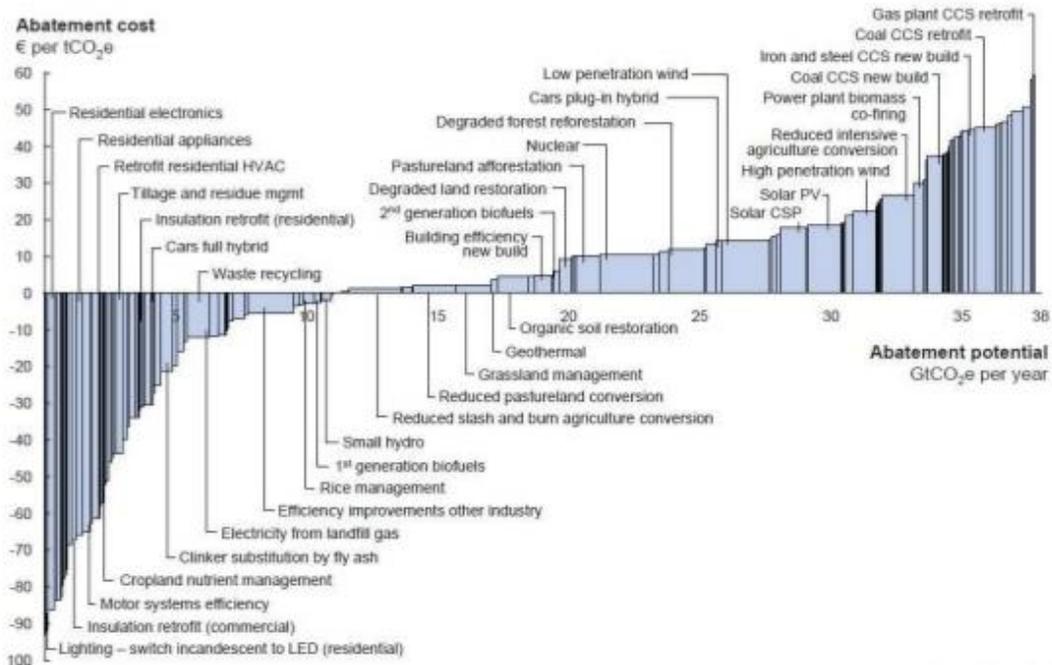


Ilustración 1: Curva de abatimiento de GEI. Fuente: McKinsey and Company, 2009.

La Ilustración 1 muestra la curva de costo de abatimiento de GEI realizada por McKinsey. En ella se puede apreciar que se ordena una gran cantidad de medidas de acuerdo a su costo. Además, se observa que existen medidas que poseen costos negativos, lo que se interpreta como que la implementación de las medidas trae consigo un beneficio en el largo plazo. Por ejemplo, las medidas de eficiencia energética, como cambio de ampolletas o motores más eficientes, producen un ahorro gracias a la menor cantidad de electricidad o combustible consumido, que son mayores que el gasto del recambio de equipo.

El ancho de barra de cada medida representa el potencial de mitigación que posee y el área de la barra corresponde al costo de implementar en su totalidad la medida. De esta manera se puede realizar un contraste entre las distintas medidas.

En Chile, el proyecto MAPS Chile utiliza estas curvas para identificar y evaluar las distintas medidas de mitigación de GEI disponibles.

Tipos de Curvas

Existen dos maneras de elaborar las curvas de costo marginal de abatimiento: por criterio de expertos o por modelos. Las primeras, como bien lo dice su nombre, utilizan la opinión de expertos para evaluar costos y potencial de mitigación de cada medida. Las segundas, utilizan

modelos energéticos o modelos de equilibrio general para obtener lo anterior y son bastante más complejas. El desarrollo de esta memoria se enmarca en las curvas de criterio de experto.

1.2. Descripción del Proyecto y Justificación

El proyecto consiste en la extensión de las curvas de costo marginal de abatimiento de gases efecto invernadero, incorporando consideraciones de cuándo es óptimo implementar cada medida con el fin de poder apoyar en el diseño de la política de cambio climático nacional.

Identificación del problema u oportunidad

Como bien se mencionó antes, existen herramientas para ver cuáles son las posibles políticas existentes para cada sector y cuáles son más adecuadas en diversos escenarios, pero éstas no hablan de cuándo es óptimo implementarlas. Entonces, el problema identificado corresponde a que Chile aún no cuenta con una planificación para el ingreso de las medidas encontradas para cada sector.

Como no existe una herramienta que apoye el diseño de la política de cambio climático, la solución del diseño al cual se llega puede no ser la óptima. Además, en ocasiones, las curvas de costo marginal de abatimiento son interpretadas como una curva de oferta, es decir, que se comienza a implementar primero la opción de mitigación menos costosa y siguiendo así hasta llegar a la más cara. Esto conduce a soluciones sub-óptimas, pudiendo llevar a dos situaciones indeseables [8]:

1. Hacer más caro de alcanzar el objetivo de largo plazo, dado que se implementaron las opciones más económicas teniendo en cuenta el corto plazo, sin considerar los tiempos que tendría implementar aquellas que son más costosas.
2. Que se produzca un “Carbon lock-in”: que se inhiban los esfuerzos, tanto privados como sociales, de introducir tecnologías alternativas (más eficientes) en el largo plazo, dado que ya invirtieron hace poco en opciones de eficiencia energética.

Lo anterior afecta principalmente a aquellos con menores recursos, ya que se encuentran menos preparados para los cambios generados en el clima, sobre todo en cuanto a infraestructura, y, además, porque son los que más recientes un alza en el precio de la electricidad.

En estos momentos, el Ministerio de Energía y de Medio Ambiente han solicitado Propuestas de Planes de Mitigación de GEI para cada sector, por lo cual se presenta la oportunidad de buscar un mecanismo para ordenar las posibles políticas de manera de alcanzar las metas de largo plazo. Si al realizar la calendarización solo se concentran en las medidas de menor costo, se volverá más difícil poder alcanzar la meta comprometida en el acuerdo de París, de disminuir el 30% la intensidad de sus emisiones al 2030. Peor aún, si se desean poner compromiso igual de exigentes para el 2050, pensar solo en el corto plazo podría generar que se vuelva imposible cumplir la meta. Tomando el caso de estudio de Brasil 2014 [9], en donde se plantea la meta de disminuir un 30% las emisiones de GEI al 2030, se puede observar que, si solo se consideran metas al año

2020, se vuelve imposible de alcanzar el objetivo de mitigación al año 2030. En cambio, si se considera desde un inicio el largo plazo, es posible alcanzar estas metas más ambiciosas.

Posible alternativa de solución

La alternativa de solución que se propone en esta memoria es buscar la secuenciación óptima de medidas de mitigación de GEI mediante la implementación de un modelo de optimización lineal, el cual está basado en el modelo planteado por Vogt-Schilb y Hallegatte. Este modelo busca extender las curvas de abatimiento tradicionales, incorporando información sobre la velocidad a la que se puede implementar cada medida, con el fin de responder a la pregunta de cuándo es óptimo comenzar la implementación de cada medida. El modelo ya fue aplicado como caso de estudio en Brasil, pudiéndose apreciar que al cambiar el horizonte de planificación de corto plazo (año 2020) a un mediano plazo (año 2030) el orden óptimo de implementación era distinto [9].

Así, una posible solución es utilizar esta herramienta como guía para el diseño de la política de cambio climático. Se debe considerar que los resultados obtenidos de aplicar el modelo pueden ser contra intuitivos, dado que podría recomendar comenzar con opciones más primero.

Propuesta de valor

Como ya se mencionó anteriormente, la gran ventaja de las curvas de abatimiento es que son herramientas bastante sencillas de interpretar y permiten una visión clara de las políticas más costo-eficientes. En esta línea, la propuesta de valor que tiene aplicar el modelo de extensión de las curvas es conseguir una manera sencilla de tener una orientación sobre cuándo comenzar la implementación de cada medida, la cual podría ser utilizada por los distintos agentes, como el Ministerio de Medio Ambiente y Energía, o bien por el Banco Mundial, entre otros, como apoyo en la toma de decisiones sobre el diseño de la política de cambio climático nacional.

Por otro lado, tanto las metas antes mencionadas como las distintas políticas deben replantearse cada cierto tiempo, ya que el cambio climático no es un tema estático y las condiciones pueden ir variando año a año. Contar con este tipo de herramientas permite facilitar el proceso de rediseño de una nueva política de cambio climático para Chile.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Plantear y aplicar, al caso chileno, un modelo de optimización lineal basado en el propuesto por A. Vogt-Schilb para la extensión de las curvas de abatimiento de emisiones de GEI, con el objetivo de obtener la secuenciación óptima de las medidas de mitigación, y así poder contribuir a la mejor toma de decisiones de política pública por parte del Ministerio de Medio Ambiente y de Energía, con foco en lograr cumplir las metas comprometidas por el país.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar subconjunto de opciones de mitigación representativas del sector residencial de Chile.
2. Caracterizar cada medida de mitigación seleccionada, mediante los valores de costo y potencial de mitigación, y velocidad de implementación de la medida.
3. Construir curvas de abatimiento para el sector residencial, con la metodología tradicional.
4. Determinar secuenciación óptima de medidas de mitigación en el sector residencial para distintos niveles de metas de reducción.
5. Analizar contribución de esta extensión metodológica respecto de la convencional, mediante la comparación de la priorización de acciones de mitigación entregadas por cada modelo.

1.4. Alcances

Los estudios realizados con respecto a las distintas medidas a incorporar en la política de cambio climático de Chile se centran en analizar los siete sectores más relevantes en términos de emisión y captura de contaminantes en el país. Estos son:

- i) Generación eléctrica y transporte de electricidad
- ii) Industria y minería (incluye cobre, procesos industriales y otras industrias)
- iii) Transporte y urbanismo
- iv) Comercial, público y residencial
- v) Agropecuario y cambio de uso de suelo
- vi) Forestal y cambio de uso de suelo
- vii) Residuos

El sector Generación eléctrica es el que más contribuye a la emisión de GEI, con un 38,5% de participación. Luego le siguen el sector Transporte, con un 21,2%, y el sector Industria y minería, con un 17,5%. El sector Agropecuario y CPR tienen orden de magnitud similar, contribuyendo en aproximadamente un 10%. El sector residuos aporta menos de un 3% de la contaminación [5].

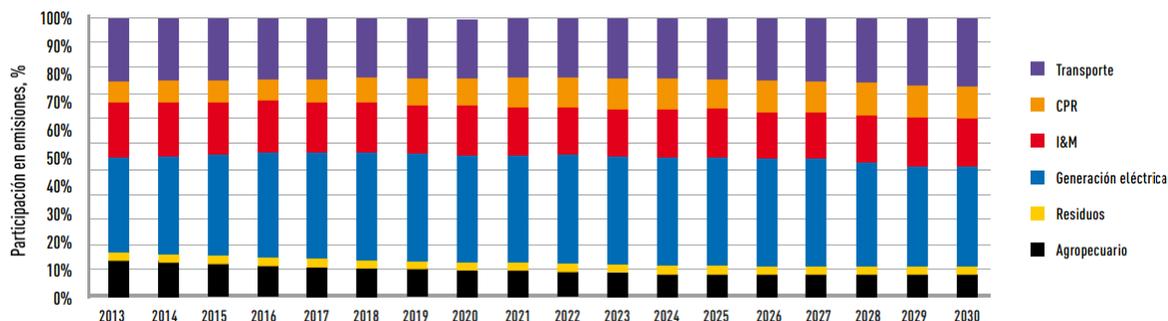


Ilustración 2: Participación relativa de cada sector en el total de emisiones de GEI, sin incluir las capturas del sector forestal. Fuente: MAPS Chile, 2014.

Para el desarrollo de esta memoria se trabajará sobre el sector Comercial, Público y Residencial (CPR), específicamente en las medidas del sector residencial. A pesar de ser no ser uno de los principales sectores emisores de GEI, se elige este por varias razones. En primer lugar, se puede observar que el sector presenta un aumento de emisiones a través del tiempo. Esto se debe principalmente a que la importancia de la leña empieza a decaer debido a las restricciones impuestas a su utilización, aumentando la participación de otros combustibles, como gas licuado y kerosene [5]. Además, debido al crecimiento económico, que permite mayor consumo de combustible para calefacción, alcanzando mayor confort térmico. Segundo, el sector cuenta con una gran disponibilidad de datos, por lo cual facilita el desarrollo del modelo. Y, por último, de acuerdo a las conversaciones sostenidas con participantes del proyecto MAPS, se considera que el sector CPR es en donde se puede generar mayor impacto, dado que hay una mayor disposición a escuchar propuestas y porque este sector busca dar el ejemplo a los otros sectores.

Se selecciona un conjunto representativo de las medidas de mitigación del sector residencial, con el cual se prueba el potencial del modelo.

Por otro lado, con respecto al desarrollo de la modelación de cada una de las medidas, para poder generar los escenarios base y los escenarios con medidas se debe plantear una serie de supuestos. Lo anterior significa un arduo trabajo y generalmente es realizado por un grupo de expertos. Es por eso que el presente trabajo de título toma los supuestos presentados en la “Propuesta de Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía” del Ministerio de Energía como datos. Sumado a lo anterior, la corroboración de cada supuesto escapa del tema central de la memoria, el cual es probar el potencial de la implementación del modelo de optimización. Más adelante, en el capítulo de construcción de escenario con políticas se informan los supuestos utilizados.

1.5. Marco Conceptual

A continuación, se presenta una breve descripción de algunos de los modelos existentes para hacer frente a la decisión de cuándo implementar cada política. Además, se presentan las ventajas y desventajas de cada modelo, incluyendo el modelo seleccionado, con el objetivo de poder contrastarlos. Esto con el fin de entregar una perspectiva de cuál es el estado del arte asociado a la temática del problema y de qué otras maneras se resuelve o se podría resolver.

Modelo de optimización por programación lineal en curvas de costo marginal de abatimiento de GEI

Las curvas de costo marginal de abatimiento de GEI son una metodología que ha sido utilizada en diversos países y regiones incluyendo Irlanda, México, Polonia, Nicaragua, California, Chile, entre otros. El modelo que extiende las curvas de costo marginal de abatimiento, propuesto en el documento de A. Vogt-Schilb, ya ha sido probado en Brasil [9], Francia [10] y en reportes del Banco Mundial [11].

Ventajas y desventajas modelo de optimización por programación lineal en curvas de costo marginal de abatimiento de GEI

La principal ventaja de las curvas de costo marginal de abatimiento de GEI de criterio experto es que son metodologías sencillas de desarrollar y entregan una representación clara de las medidas más costo-eficientes y su potencial de mitigación asociado.

Las curvas son una simplificación de la realidad, a pesar de que no es posible asignar un solo nivel de costo de una tecnología, esta simplificación se utiliza a menudo.

La mayor ventaja de realizar una extensión a partir de las curvas de costo marginal de abatimiento de GEI se encuentra en aprovechar la familiaridad que tienen los creadores de políticas con estas curvas. Además, el modelo de programación lineal es sencillo, por lo cual mantiene el beneficio que entregan las curvas de abatimiento tradicionalmente.

Dentro de las desventajas, se encuentra que las curvas no incorporan temporalidad (en su versión tradicional). Es decir, las curvas son una foto de las posibles opciones de mitigación y suele utilizarse como una curva de oferta, comenzando por implementar aquellas medidas que son más económicas.

Por otro lado, los estudios basados en criterio experto solo consideran una selección de las tecnologías existentes. Esto puede dejar fuera ciertas tecnologías prometedoras en el futuro. Además, los supuestos tomados típicamente representan una visión particular del mundo y, por lo tanto, aunque la metodología de las curvas es objetiva, se basa en un subconjunto de supuestos que se obtienen a partir de un conjunto más amplio de suposiciones posibles [12].

Adicional a lo anterior, las curvas no consideran interacción *intertemporal* de reducción de emisiones, dado que no considera una posible reducción de costos debido al aprendizaje tecnológico a lo largo del tiempo. Además, no captura de forma adecuada las interacciones entre medidas. Hay que tener en consideración que en varios casos las medidas interactúan entre sí, entonces el ahorro real de aplicarlas todas es distinto, generalmente menor, que aplicar cada una por separado.

Con respecto con las medidas de mitigación con costos negativos, las curvas sugieren su implementación inmediata, ya que el ahorro de energía genera un beneficio económico. Pero esto no sucede en la realidad, principalmente porque existen fallas de mercado y barreras de implementación que desincentivan la inversión. Por lo cual, es importante mencionar que esta definición de costos de reducción en muchos casos no representa los costos reales de implementación. La inclusión de los costos faltantes podría modificar no solo el nivel del costo, sino que también el orden de las medidas [12].

Modelo de optimización por programación dinámica

El método de programación dinámica consiste en considerar un problema como una secuencia de decisiones, lo que equivale a dividirlos en sub-problemas más pequeños y fáciles de resolver. Una vez resueltos estos sub-problemas, se combinan las soluciones obtenidas para generar la solución del problema original. Se basa en el principio de Bellman, el cual establece que “dada una secuencia óptima de decisiones, toda subsecuencia de ella es, a su vez, óptima”.

Esta metodología se aplica cuando la subdivisión de problemas lleva a: gran cantidad de sub-problemas; sub-problemas cuyas soluciones se superponen; grupos de sub-problemas de variada complejidad [13].

Conceptos claves:

- a) Etapas: conjunto de alternativas mutuamente excluyentes, de las cuales se selecciona la mejor alternativa.
- b) Estado: condición de las restricciones que enlazan etapas.

De acuerdo a la metodología planteada en el documento “Optimal timing of CO2 mitigation policies for a cost-effectiveness model”, el problema que enfrenta el planificador social es un problema de optimización bajo restricciones. Consiste en minimizar el coste descontado de la reducción intertemporal mientras que alcanza la ventana tolerable de la concentración. En este caso el “estado” se describe por dos variables: el nivel de la producción económica agregada y el nivel de concentración atmosférico de GEI. Además, se crea la función OTTA(.), la cual entrega el momento óptimo para pasar de una situación de no reducción a una de reducción [14].

Ventajas y desventajas de modelo de programación dinámica

En el caso del modelo de optimización del documento “Optimal timing of CO2 mitigation policies for a cost-effectiveness model” se tiene como ventaja la posibilidad de representar las interacciones entre el crecimiento económico y la acumulación progresiva de las concentraciones de GEI. Además, la mayoría de los algoritmos de resolución de problemas lineales son de orden exponencial, por lo que resolver m problemas de tamaño n es más rápido que resolver un solo problema de tamaño $m * n$ [15].

Dentro de las desventajas se encuentran que, los modelos de programación dinámica son complejos de comprender y desarrollar, además de que este modelo en particular requiere de mayor estimación de parámetros que el modelo de programación lineal planteado en el punto anterior.

Por otra parte, los modelos de optimización, en general, proporcionan como solución ingresar todas las medidas con costo negativo de forma inmediata, produciendo capital adicional disponible para otras inversiones lo cual, como ya se mencionó antes, no ocurre en la realidad.

Particularmente del modelo planteado en el documento antes mencionado, se tiene que este tiende a preferir estrategias de emisiones que impliquen reducciones menores a corto plazo, seguidas por medidas con reducciones mayores.

Análisis multicriterio

El análisis multicriterio consiste en comparaciones entre pares de opciones (en este caso, distintas priorizaciones de políticas de mitigación) con respecto a un criterio dado. La comparación pareada está basada en la intuición, datos o análisis previos y experiencias. Esta metodología permite incorporar una gran diversidad de factores en el proceso de evaluación, de modo de poder comparar los elementos y definir un orden de prioridad.

Este tipo de modelos es bastante innovador en la toma de decisiones tales como la planteada en este trabajo de título, pero tiene un gran potencial debido a que se presenta como una oportunidad para lograr un consenso y buscar un diseño realista de la planificación y diseño de políticas públicas. La siguiente figura ilustra la metodología.



Ilustración 3: Metodología modelo de análisis multivariado. Fuente: Traducción a partir de "Strategic planning for climate change mitigation and adaptation: The case of Greece" D. Spyridi, C. Vlachokostas, A. Michailidou, C. Sioutas, N. Moussiopoulos, 2015

La evaluación multicriterio corresponde a un problema que se formula a partir de un conjunto de alternativas (A1, A2, A3, ...) y un conjunto de criterios (C1, C2, C3, ...). Para comparar un par de alternativas (A1, A2) con respecto a cada criterio, se evalúa la afirmación "A1 supera a A2" [16]. En el caso del documento "Strategic planning for climate change mitigation and adaptation: The case of Greece", se evalúan 10 medidas de mitigación frente a 6 criterios, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

| Estrategias de mitigación | Criterios |
|--|--|
| Uso de fuentes de energía renovable | Reducción de impactos negativos y beneficios ambientales |
| Uso de biocombustibles y combustibles bajos en carbono | Efectos a corto plazo |
| Aumentar eficiencia energética | Efectos a largo plazo |
| Utilización de biogás | Impactos económicos |
| Tecnología de captura y almacenamiento de carbono | Impactos ambientales negativos (daños colaterales) |
| Filtración de CO ₂ desde el aire y árboles artificiales | Aceptación social |
| Conversión de CO ₂ | |
| Fertilización de plancton (absorción CO ₂) | |
| Desarrollo de nubes y reflejo de la radiación solar | |
| Reflejo de luz solar con espéculos | |

Tabla 1: Estrategias de mitigación y criterios de comparación. Fuente: Elaboración propia a partir de “Strategic planning for climate change mitigation and adaptation: The case of Greece” D. Spyridi, C. Vlachokostas, A. Michailidou, C. Sioutas, N. Moussiopoulos, 2015

Así, a partir de las comparaciones de todas las medidas con todos los criterios, se obtienen los resultados del análisis multicriterio y se evalúan. También se sugiere la realización de un análisis de sensibilidad para comprobar la robustez.

Ventajas y desventajas de otros análisis de decisiones multicriterio

La principal ventaja de este enfoque es que permite incluir una gran cantidad de factores y variables en el análisis del orden óptimo de medidas. Permite integrar diferentes criterios de acuerdo a la opinión de los principales actores en un solo análisis, con el fin de otorgar una visión integral [16]. Además, en la teoría, cada tomador de decisión tiene una clara comprensión de todos los criterios y de la manera en que fueron integrado al análisis, pudiéndose revisar o modificar durante el proceso [16]. Por otro lado, es capaz de incorporar al análisis otros factores que quedan fuera en el caso de los modelos de optimización, como lo es los efectos colaterales de una medida, tanto positivos como negativos, más allá de solamente una reducción de GEI, temas como la aceptación social, entre otros.

Dentro de las desventajas se encuentra que los tomadores de decisiones a nivel local pueden no tener la conciencia o la experiencia necesaria para evaluar las opciones o medidas alternativas. Además, la elección de preferencias puede ser realizada de manera parcial, de acuerdo a intereses particulares. Por otro lado, solamente entrega un orden de prioridades, pero no una fecha de inicio, por lo cual no queda del todo respondida la pregunta inicial.

Grupo de consenso (Comité de expertos)

En esta metodología, un grupo de personas que cuenten con trayectoria en el tema y sean abiertamente reconocidas por otros como expertos cualificados, entregan información y evidencia, juicios y valoraciones con el objetivo de lograr tomar una decisión en particular. Este método se puede aplicar de diversas formas, siendo la más común una o varias reuniones con los expertos seleccionados. El juicio de expertos toma gran relevancia cuando las observaciones experimentales están limitadas.

La selección de quienes integran el comité es crucial, ya que muchas veces se utiliza solo esta metodología para llegar a la decisión final. Es deseable que los integrantes cuenten con las siguientes características:

- a) Experiencia en la toma de decisiones basada en este método o bien en base a evidencias.
- b) Reputación en el área tratada.
- c) Disponibilidad y motivación para participar.
- d) Imparcialidad y adaptabilidad.

El siguiente esquema muestra cómo debiese ser la dinámica de la o las reuniones del comité:



Ilustración 4: Metodología de grupo de consenso. Fuente: traducido y adaptado de "Konsens: Handbuch zur gewaltfreien Entscheidungsfindung" Werkstatt für gewaltfreie Aktion Baden, 2004

Ventajas y desventajas grupo de consenso

Esta metodología tiene como principal ventaja poder hacer un proceso participativo, en donde no se imponga una decisión. Esto es crucial cuando se trata de decisiones que luego requieren la adhesión general, como es la decisión a tomar en este trabajo de título. Además, se hace cargo de las diferencias de opinión, permitiendo que sean parte del proceso natural y no un obstáculo al momento de la implementación. Por otro lado, se pueden abarcar todas las evidencias e información necesaria, ya que, a diferencia de un modelo estandarizado, no tiene limitantes de qué información incluir. Junto con esto, permite que se respeten todas las opiniones expertas.

Dentro de las desventajas que tiene este método se encuentra que la personalidad o las habilidades sociales de los expertos pueden generar sesgos. A pesar de que se revisa una gran cantidad de información y evidencia, la decisión puede ser altamente subjetiva. Además, aunque permita la evaluación de más criterios que los modelos de optimización, lograr integrarlos todos de manera de llegar a la solución óptima es muy complicado. Por último, a pesar de que la implementación del método pueda parecer sencilla, lograr el consenso de los distintos expertos en un tema que afecta significativamente y de manera distinta a cada sector, es complicado y puede significar una gran cantidad de reuniones sin consenso.

Selección del modelo a utilizar

Al comparar la complejidad de los 4 modelos se obtiene que el más complejo corresponde al modelo número 2, ya que la construcción de modelos dinámicos es más complicada y requiere estimar y analizar una mayor cantidad de parámetros. Se considera que tanto el modelo 1 como el 3 y el 4 son de inferior complejidad.

Por otro lado, respecto a la imparcialidad de los modelos, el tercero junto con el cuarto son los más subjetivos, debido a que, al tratarse de políticas que pueden beneficiar o perjudicar a cierto sector, existe la probabilidad de que la selección de medidas a priorizar esté sesgada. Además, se necesita que los actores tengan la experiencia necesaria en todos los ámbitos evaluados. Por otro lado, estos dos modelos solamente permiten ordenar las distintas políticas, pero no entregan información del año en que comenzar o mayor diferenciación con distintos niveles de mitigación.

Como se puede apreciar, cada modelo tiene sus propias ventajas y desventajas, pero de acuerdo a lo que se desea estimar, se decide utilizar el primer modelo, debido a su sencillez, conocimiento por parte de los tomadores de decisiones (lo cual facilita su interpretación) y a su mayor objetividad. Sin embargo, se deben tener presente sus limitantes para no conducir a los tomadores de decisiones a metas inalcanzables o caminos sub-óptimos.

1.5.1. Conceptos Claves

Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto de origen natural como antropogénico, que absorben y reemiten radiación infrarroja [17]. Los principales GEI de la atmósfera terrestre son vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (NO_x) y ozono (O₃). Estos son los causantes del llamado efecto invernadero. Si bien todos son compuestos naturales, debido al intensivo uso de combustibles fósiles se ha producido un

aumento de las concentraciones de óxido de nitrógeno y dióxido de carbono en la atmósfera. Además, el metano también está aumentando debido a las actividades humanas.

CO2 equivalente [CO2e]

Conversión de los gases efectivo invernaderos distintos al CO2 (es decir, CH4, NO2, entre otros) a su valor equivalente en CO2, multiplicando la masa del gas por su potencial de calentamiento global, lo cual permite saber el tiempo de permanencia del gas en la atmósfera [18].

Medidas u opciones de mitigación

En el contexto de cambio climático, corresponden a las posibilidades de políticas existentes de cambios en las tecnologías y actividades humanas, ya sean cotidianas o bien en actividades económicas, que tienen como resultado la disminución de emisiones de GEI [19]. Dentro de las medidas están:

1. Medidas de conservación de la energía y eficiencia energética, que corresponden a prácticas que buscan disminuir el consumo de energía, ya sea por optimización de procesos o cambio a tecnologías más eficientes (ej: ampolletas de ahorro de energía).
2. Generación de bajas emisiones, utilizando aquellas que son menos contaminantes (ej: bajar la dependencia de combustibles fósiles y sustituirla por energías renovables).
3. Cambios modales, lograr que las personas cambien su estilo de vida a uno menos contaminante (ej: sustituir el uso de automóvil por bicicleta).
4. Medidas de captura y almacenamiento de carbono, mitigar por medio de la captura de dióxido de carbono (CO2) de grandes puntos de emisión. A pesar de que las tecnologías para la captura de CO2 ya existen, el almacenamiento aún no está probado.

Instrumento de mitigación

Corresponde a la acción que realiza el regulador para llevar a cabo o gatillar la implementación de una medida de mitigación. A partir de las medidas de mitigación se pueden plantear una serie de instrumentos que permitan alcanzar el objetivo planteado, por ejemplo, un impuesto al carbono puede aumentar la inversión en generación solar fotovoltaica.

Escenario de línea base

Corresponde al valor de parámetros o indicadores seleccionados en el momento previo a que se implemente cierta(s) política(s). En el caso de este proyecto, la línea base corresponde a la descripción de la situación de un cierto año y la proyección de su comportamiento de acuerdo a las variables ambientales en ese momento. Este permite contrastar el efecto que tendría aplicar cierta medida.

Modelo de programación lineal (PL)

La programación lineal corresponde a un algoritmo mediante el cual se resuelven situaciones reales, en donde se consideran las restricciones presupuestarias, de recursos, tiempo, entre otros, con el fin de aumentar los beneficios. El objetivo principal de la programación es optimizar, es decir, maximizar o minimizar funciones lineales (la función objetivo) con una serie de restricciones, también lineales [20].

Curvas de abatimiento

Representación gráfica de las distintas opciones de mitigación ordenadas de manera ascendente de acuerdo al costo unitario de abatimiento [21].

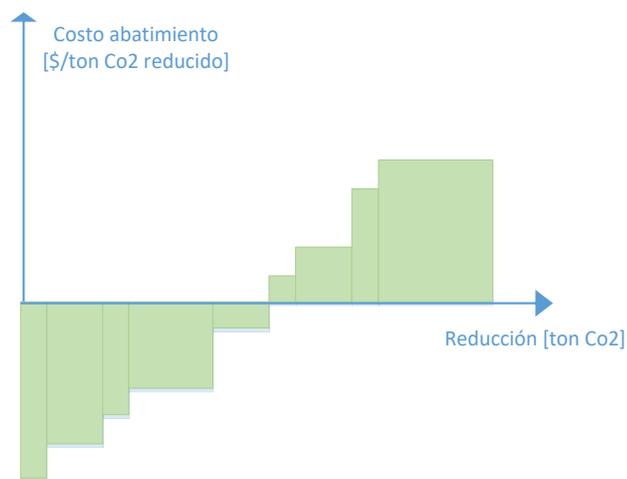


Ilustración 5: Principales dimensiones curvas de abatimiento. Fuente: J. Clerc, M. Díaz y B. Campos, 2013.

Ejes de la curva

- Vertical: costo de abatimiento [\$/tCO₂e] que representan las medidas técnicas disponibles.
- Horizontal: impacto relativo de cada medida [tCO₂e].

Área bajo la curva

En el gráfico de la curva de abatimiento el área bajo la curva corresponde al costo (o beneficio) económico de implementar medida.

2. Metodología

La metodología para la realización de esta memoria se divide en 4 partes: Selección de políticas de mitigación representativas para el sector CPR, con sus costos y potencial de mitigación asociado; construcción de curvas de abatimiento; desarrollo del modelo de optimización lineal y procesamiento de resultados; análisis comparativo entre ambos modelos.

2.1. Selección y caracterización de políticas de mitigación del sector CPR

Como se plantea en los alcances, este proyecto no busca abarcar todas las opciones de mitigación, ya que como tal no será la herramienta para permitir el diseño de la política de cambio climático, sino que busca probar la utilidad de extender las curvas de abatimiento con el fin de que, en caso de comprobarse la utilidad, se implementen en los otros sectores y subsectores y luego esto se utilice para contribuir en el diseño de la política de cambio climático nacional.

Las políticas de mitigación de cada sector, y en especial del sector CPR, han sido ampliamente discutida y son de carácter público. Principalmente, los informes de MAPS y Energía 2050 presentan las políticas apropiadas para cada uno de los sectores.

Con respecto a la obtención del potencial de mitigación de las medidas seleccionadas, ya se han realizado trabajos en la construcción de curvas para cada sector de forma agregada, presentada en el informe para el PMR y Ministerio de Energía, “Propuesta de Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía”. Todos los supuestos y proyecciones son obtenidos a partir de estos datos.

Para los costos de abatimiento, se realiza una investigación de mercado de los valores de equipos, artefactos u otros, de modo de tener el precio actualizado.

2.2. Construcción de la curva de abatimiento

2.2.1. Costo de abatimiento (CA)

Cada medida de mitigación tiene costos asociados, los cuales se dividen en:

1. Costo de inversión: costo de la inversión asociado a la implementación de la medida de mitigación. Tomando de ejemplo la medida de regulación de artefactos domésticos, tales como refrigeradores, aire acondicionado, entre otros, corresponde al valor del recambio del artefacto por uno eficiente.
2. Costo operación y mantenimiento: indica el costo de operación y mantenimiento asociado al ciclo de vida de la medida de mitigación implementada. En el caso de la medida antes mencionada, corresponde a la estimación del ahorro proveniente de la reducción del consumo eléctrico del artefacto eficiente.

Los costos totales de la medida corresponden a la diferencia entre el valor presente (VP) de todos los costos asociados a la medida, y los costos en caso de no realizar la implementación de la medida (costos escenario línea base).

Para llevar a valor presente estos costos se necesita la aplicación de una tasa de descuento. El análisis de los costos se puede realizar desde perspectiva social, utilizando una tasa de descuento social, o bien desde una privada, usando una tasa propia del sector. La tasa utilizada en este caso corresponde a la tasa social, ya que es la adecuada cuando se trata de evaluar obras públicas o proyectos que favorezcan a la sociedad, dado se pueden incorporar componentes de costos o beneficios externos y es desde la perspectiva de la sociedad. El valor que se utiliza es 6% de acuerdo al Ministerio de Desarrollo Social [22].

De esta forma, el valor presente del costo de la medida, $VP(C)$, queda expresado por la siguiente ecuación:

$$VP(C) = (I_m - I_b) + \sum_{t=1}^T \frac{c_t^m - c_t^b}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Donde:

I_m : Costo de inversión escenario con medida.

I_b : Costo de inversión escenario base.

c_t^m : Costos totales de operación y mantenimiento escenario con medida en periodo t.

c_t^b : Costos totales de operación y mantenimiento escenario base en periodo t.

r: Tasa de descuento (social).

T: Horizonte de evaluación.

El costo de abatimiento (CA) corresponde al precio constante por tonelada de emisión reducida que permite financiar el valor presente de los costos totales de la medida. Se mide en [\$/tCO₂e]. El costo de abatimiento queda representado por la siguiente ecuación:

$$CA = \frac{VP(C)}{\sum_{t=1}^T \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (2)$$

Donde E_t corresponde a las emisiones reducidas en el periodo t.

$$E_t = E_t^{base} - E_t^{medida} \quad (3)$$

2.2.2. Potencial de mitigación

Para calcular el potencial de mitigación de cada medida i , se suman todas las reducciones logradas durante el periodo evaluado.

$$E_i = \sum_{t=0}^T E_{it} \quad (4)$$

Luego contar con los valores de los costos de abatimiento y los potenciales de mitigación, se grafican los resultados para obtener las curvas de abatimiento de manera gráfica.

2.3. Modelo de Optimización Lineal

El modelo está basado en la metodología planteada en el documento de Adrien Vogt-Schilb, Stephane Hallegatte, “*Marginal abatement cost curves and the optimal timing of mitigation measures*”.

2.3.1. Velocidad de implementación (o Inercia)

Tradicionalmente, para la construcción de las curvas de abatimiento se requiere solamente el costo y potencial de abatimiento. Pero este enfoque conduce a interpretar que la estrategia es implementar las medidas más económicas primero, en orden creciente.

Además de los dos parámetros antes mencionados, existe otro parámetro clave: la velocidad de implementación de la medida. Se mide en MtCO₂ /año y se asume que es independiente del costo final de la medida. Además, el abatimiento potencial en un cierto periodo depende directamente del abatimiento alcanzado en el periodo anterior.

2.3.2. Planteamiento del Problema

Función Objetivo

$$\text{mín } C = \sum_t^T \sum_i^N e^{-rt} c_i a_{it} \quad (5)$$

Donde:

a_{it} : programación costo-eficiente de la medida i en el periodo t [tCO₂e].

c_i : costo de abatimiento de la medida i en [USD/tCO₂e].

r: tasa de descuento.

Restricciones

Las dos primeras restricciones corresponden a características propias de cada medida de mitigación.

1. Potencial máximo de mitigación de cada medida (A_i)

Cada medida cuenta con un máximo potencial de mitigación, lo que queda expresado por:

$$\forall i, \sum_t^T a_{i,t} \leq A_i \quad (6)$$

Donde:

A_i : Potencial máximo de mitigación, medido en [tCO₂].

2. Inercia (o velocidad de implementación) de cada medida (v_i)

Para considerar el tiempo de implementación se incorpora una constante de velocidad máxima para hacerse cargo de este tema.

$$\forall(i, t), a_{i,t} \leq v_i * \Delta t \quad (7)$$

Donde:

Δt : intervalo de tiempo, en este caso se considerará igual a 1 año.

v_i : velocidad de implementación medido en [tCO₂ /año].

Por otro lado, la tercera medida está relacionada con el objetivo de mitigación.

3. Cumplir metas

$$\sum_t^T \sum_i^N a_{iT} \geq A_{obj} \quad (8)$$

Donde:

A_{obj} : corresponde a la meta de reducción de emisiones de GEI [tCO₂e].

Observación: En el caso del documento de Vogt-Schilb, se asume que el costo de abatimiento es independiente de la acumulación de abatimiento alcanzada y del periodo t . Además, por simplicidad y disponibilidad de datos, se asume que el costo y la velocidad de implementación de cada medida son constantes en el tiempo.

2.3.3. Procesamiento de resultados

Dado que el programa entrega los resultados de forma poco amigable para su posterior análisis, se debe trabajar lo obtenido de manera de que sea visualmente fácil de interpretar. Se tiene por un lado la construcción de la curva de abatimiento tradicional, y, por otro lado, se construye un “road map” de acuerdo a lo arrojado por el modelo de optimización.

2.4. Análisis comparativo de ambos modelos

Luego de tener los resultados de las curvas con la versión tradicional y las curvas con el modelo de extensión, se procede a contrastar el orden en que se propone implementar las medidas de mitigación en cada caso. Para el primer modelo, corresponde a un orden de mérito: desde la menos costosa hasta la más cara. Para el segundo modelo cambia el orden, arrojando algunas políticas más costosas primero.

Se evalúa el potencial de la extensión de esta herramienta en el diseño de la política de cambio climático. Se estudian las limitantes y se proponen trabajos futuros.

3. Proceso de Selección de Medidas

Actualmente, el sector CPR considera la implementación o continuación de 20 medidas de mitigación. Estas se clasifican en cuatro categorías:

| Medidas de Mitigación sector CPR | |
|--|---|
| Eficiencia Energética | Continuación de subsidios para reacondicionamiento térmico residencial para familias vulnerables (PPPF). |
| | Búsqueda de apoyo financiero para reacondicionamiento térmico residencial (ampliar segmento de la población a la clase media). |
| | Nuevo marco regulatorio en la distribución eléctrica para inversión en proyectos de EE. |
| | Sistema inteligente de producción y gestión descentralizada de la energía y reducir las emisiones del sector generación, mediante cambio de curva de carga. |
| | Implementar sistemas de información, capacitación. |
| Regulaciones y estándares | Regulación – Estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS) en motores eléctricos. |
| | Calificación energética obligatoria de viviendas nuevas y existentes |
| | Actualización de la normativa térmica de viviendas (OGUC) |
| | Regulación MEPS en principales equipos eléctricos de uso doméstico: aire acondicionado, refrigeradores, ampolletas, tubos fluorescentes, secadoras de ropa, lava vajilla, lavadoras, etc. |
| | Etiquetado de equipos eléctricos de uso doméstico: secadoras de ropa, lava vajilla, lavadoras, calefactores eléctricos de agua, etc. |
| Incrementar el uso de sistemas de bajas emisiones | Regulación e instrumentos financieros para fomentar el uso de leña seca. |
| | Desarrollo del autoconsumo con energías renovables no convencionales, a través de la generación de políticas, programas y proyectos. |
| | Búsqueda de apoyo financiero para la promoción de la electrificación en el sector residencial (sistemas térmicos). |
| | Continuación de la franquicia tributaria para la instalación de sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria (periodo acotado). |
| | Implementación de subsidios a vivienda social nueva (ACS) |
| Programa comuna energética. | |

| | |
|---|--|
| "Liderar con el ejemplo" programa del sector público | Continuar la inversión para mejoras de EE en edificios públicos (PEEEP). |
| | Inversión para mejoras de EE en hospitales |
| | Continuación de programa de recambio de luminarias públicas |
| | Continuación del Programa de Techos Solares Públicos |

Tabla 2: Clasificación de medidas de mitigación del sector CPR. Fuente: “Propuesta de Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía”, Ministerio de Energía.

En la “Propuesta de Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía”, se realizó una curva de abatimiento de eficiencia energética general para cada sector, separando por emisiones directas e indirectas dentro de ellos. Las emisiones de GEI indirectas corresponden a emisiones desde fuentes controladas o que son propiedad de quien las emite (empresa, personas). Las emisiones indirectas son debido al uso de energía comprada, sea electricidad, vapor o calor [23]. A pesar de que esta distinción es útil y relevante para evitar el doble conteo en el inventario de emisiones, no es necesario considerarla en la implementación del modelo. En caso de implementarse para todos los sectores relevantes del país, se debería realizar esta distinción.

Como se puede apreciar en la Ilustración 6, el sector de interés (CPR) se subdivide en comercial, público y residencial. De estos subsectores, tanto las medidas agregadas del sector comercial y las del subsector público tienen costos de abatimiento negativos, por lo cual deben estar compuestas principalmente por políticas que siempre son óptimas de implementar. En cambio, las medidas del sector Residencial poseen costos de abatimiento positivos, lo que significa que es mayor el costo que el ahorro monetario generado. Eso sí, estas medidas son especialmente importantes porque representan una mejora del bienestar de la población y un impulso al crecimiento económico del país, principalmente debido a la menor demanda energética que conllevan las medidas.

Sumado a lo anterior, las emisiones del sector CPR se deben en gran medida al consumo de combustibles para calefacción y agua caliente sanitaria (ACS). Además, el alto consumo eléctrico que generan electrodomésticos, iluminación y climatización de ambientes también forman parte importante de las emisiones, debido a la generación indirecta de emisiones en el sector generación, a causa de la quema de combustibles.

Por todo lo antes mencionado, las medidas e instrumentos elegidos son las correspondientes al sector residencial, excluyendo las medidas: “Nuevo marco regulatorio en la distribución eléctrica para inversión en proyectos de eficiencia energética (EE)”, “Desarrollo del autoconsumo con energías renovables no convencionales, a través de la generación de políticas, programas y proyectos” y “Regulación e instrumentos financieros para fomentar el uso de leña seca”.

La medida correspondiente al “Nuevo marco regulatorio en la distribución eléctrica para inversión en proyectos de EE” no se considera en este trabajo debido a que aún no está claro lo que se implementará, lo que dificulta colocar precios y conocer el real impacto (mitigación) producido por la política.

La medida de leña seca se excluye debido a que la leña se considera “carbono neutral”. Esto significa que la combustión de leña es neutral en cuanto a las emisiones de CO₂, dado que los árboles absorben el CO₂ durante su crecimiento. Pero cabe destacar que la combustión de la leña produce partículas finas (PM_{2.5}) que causan enfermedades respiratorias y agravan enfermedades pulmonares o del corazón. Es decir, la combustión de leña a pesar de no emitir CO₂, produce contaminación local seria. Es por esto que existen políticas asociadas al fomento del uso de la leña seca. Pero dado que se desea construir una curva de abatimiento de GEI y esta requiere poder comparar medidas en base a un parámetro equivalente, no se consideró esta política.

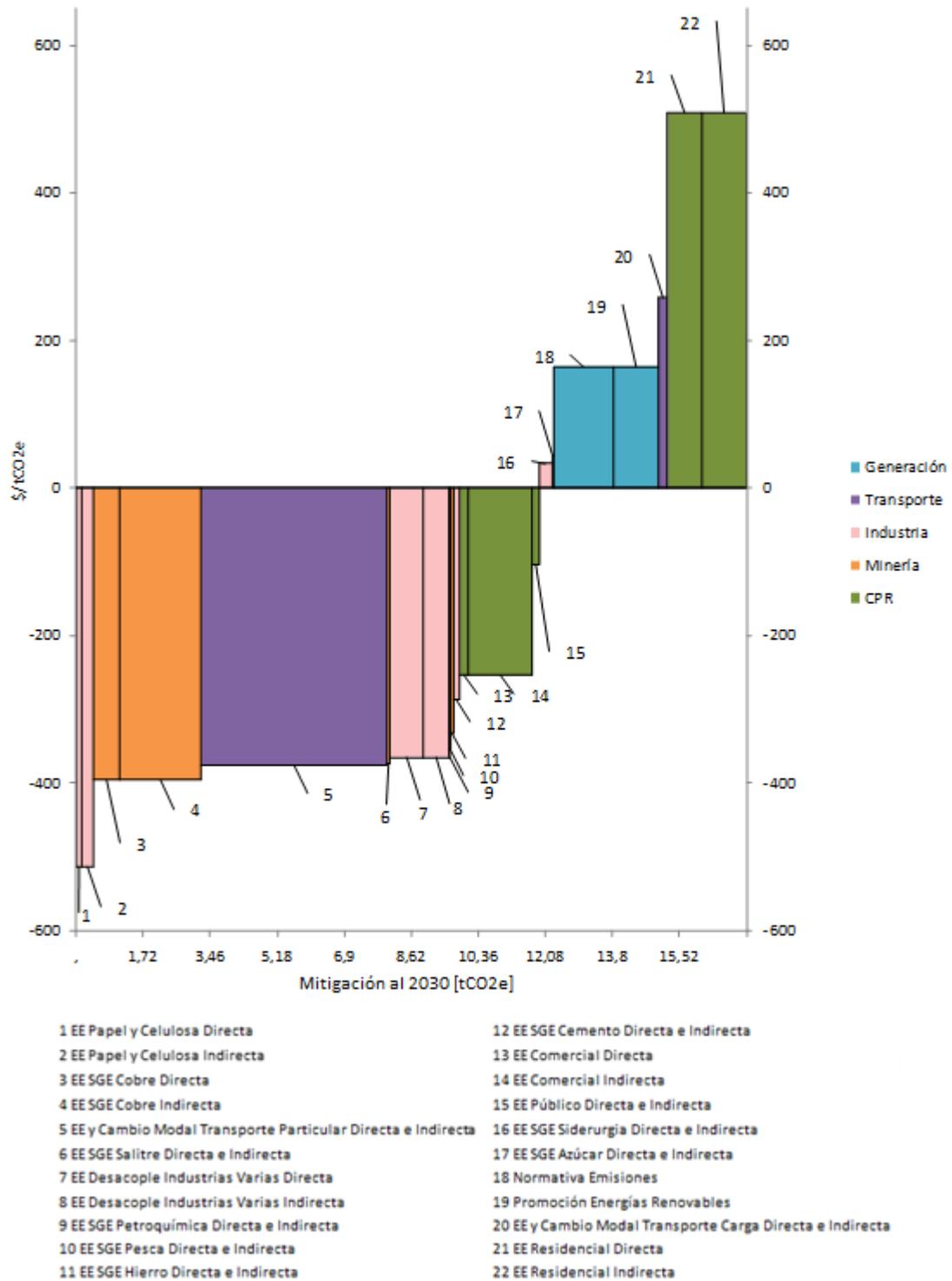


Ilustración 6: Curva de Abatimiento para todos los sectores relevantes de Chile. Fuente: “Propuesta de Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía”, Ministerio de Energía, 2015.

3.1. Medidas Seleccionadas

Con el fin de mejorar la eficiencia de los artefactos de uso doméstico a nivel residencial, se han planteado dos medidas: etiquetado de equipos electrodomésticos y regulación de Estándares Mínimos de Eficiencia MEPS en equipos electrodomésticos.

1. Etiquetado de equipos eléctricos de uso doméstico: secadoras de ropa, lava vajilla, lavadoras, calefactores eléctricos de agua, etc.

Corresponde a una medida de información, mediante la cual el consumidor puede conocer el consumo del artefacto eléctrico que está comprando. Estas etiquetas permiten la clasificación de los aparatos en comparación a otros similares. Los aparatos de mayor eficiencia llevan las primeras letras del abecedario (A, B, C) y tienen asociado el color verde. Actualmente se han agregado las clases A+, A++ y A+++ , que corresponden a artefactos que son más eficientes que los A. Esta extensión se debe a los avances tecnológicos existentes.

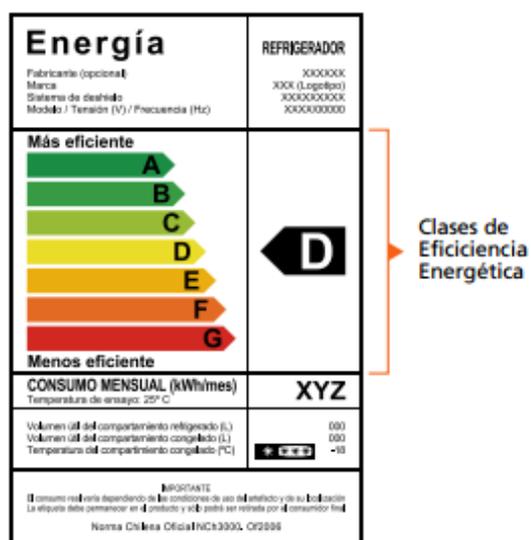


Ilustración 7: Ejemplo de etiqueta de equipos eléctricos.

2. Regulación - MEPS en principales equipos eléctricos de uso doméstico: aire acondicionado, refrigeradores, ampolletas, tubos fluorescentes, secadoras de ropa, lava vajilla, lavadoras, calefactores eléctricos de agua, etc.

Adicional a la medida anterior, se crea la regulación mediante un estándar mínimo de eficiencia (MEPS) para artefactos electrodomésticos, lo que corresponde a fijar un nivel de eficiencia base, prohibiéndose la venta de artefactos que se encuentren por debajo de este nivel. Esta medida y la anterior apuntan a un mismo objetivo: el recambio del parque de artefactos a los más eficientes.

3. Continuación de subsidios para reacondicionamiento térmico residencial para familias vulnerables

Esta medida busca alcanzar mejores condiciones de confort y bienestar en los hogares, junto con un menor gasto energético, lo cual también se traduce a un menor gasto económico. El cuerpo humano se encuentra a una mayor temperatura que el entorno (36 a 37°) por lo cual se está perdiendo calor constantemente. Cuando se pierde calor a una velocidad adecuada se habla de confort térmico. La temperatura a la que ocurre esto varía entre los 18° a 22°.

Para poder alcanzar el confort térmico se pueden realizar las siguientes medidas de reacondicionamiento térmico:

- Aislamiento Térmico: aislación en techumbre, piso, muros y ventanas.
- Infiltraciones de aire: bloquear el paso de aire no deseado a través de grietas.

El instrumento utilizado para potenciar el reacondicionamiento térmico en hogares de familias vulnerables es el subsidio.

4. Búsqueda de apoyo financiero para reacondicionamiento térmico residencial (ampliar segmento de la población a la clase media)

Esta medida es igual a la anterior, pero en esta el instrumento utilizado corresponde a créditos blandos², con el objetivo de fomentar que la clase media pueda reacondicionar sus viviendas.

5. Calificación energética obligatoria de viviendas nuevas y existentes

Es un instrumento diseñado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu) en conjunto con el Ministerio de Energía. Es de uso voluntario y califica a las viviendas nuevas de forma objetiva y estandarizada de acuerdo a sus requerimientos energéticos para lograr una temperatura confortable, encontrándose dentro de estos la aislación en muros, pisos ventilados, entre otros [24].

También se coloca una etiqueta, similar a las del etiquetado de artefactos eléctricos, en la cual las letras van de la A a la G, siendo esta última la menos eficiente. El estándar actual de construcción corresponde a la letra E, de acuerdo a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

² Un crédito blando es un crédito que se ofrece a largo plazo, con tasas muy bajas de interés, con el objetivo de fomentar la inversión.

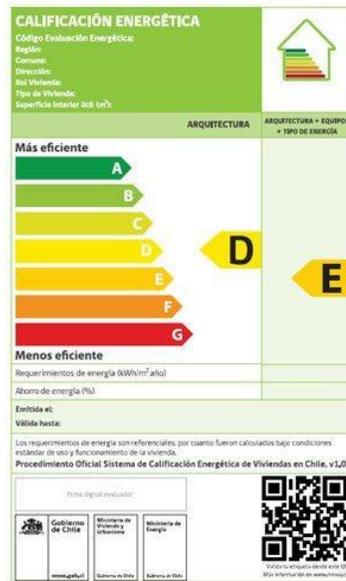


Ilustración 8: Etiqueta de calificación de viviendas. Fuente: <http://www.calificacionenergetica.cl/tipos-de-calificacion/#!>

6. Actualización de la normativa térmica de viviendas (OGUC)

La OGUC puede realizar actualizaciones de la normativa térmica de viviendas, la cual fija la aislación y materiales con que se construyen las casas. En principio, cada constructora debiese respetar esta nueva normativa, consiguiéndose así una reducción en las emisiones de GEI.

Con respecto a la mitigación de las emisiones generadas por agua caliente sanitaria (ACS), el Estado chileno otorga subsidios para la instalación de sistemas solares térmicos (SST) en techos de viviendas, reemplazando el uso de combustibles. Los subsidios pueden ser mediante una franquicia tributaria para la instalación de estos sistemas en viviendas nuevas o como subsidios directos a familias vulnerables.

7. Continuación de la franquicia tributaria para la instalación de sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria (periodo acotado)

Esta medida busca promover la instalación de sistemas solares térmicos en los sectores más vulnerables, con el fin de lograr abastecer de agua caliente sanitaria a más parte de su población y mediante sistemas que sean energéticamente eficientes y no contaminen. Para promover lo anterior, se potencia mediante una franquicia tributaria.

8. Implementación de subsidios a vivienda social nueva (ACS)

Esta medida es igual a la anterior, pero en esta el instrumento utilizado para fomentar sistemas solares térmicos para ACS son subsidios en vez de franquicias tributarias.

4. Construcción de curvas de costo marginal de abatimiento

Como se menciona en la metodología, luego de tener seleccionadas las medidas del sector residencial a utilizar, se procede a la estimación de todos los valores necesarios para la construcción de la curva de costo marginal de abatimiento de GEI. Además, muchos de estos valores también se utilizan como datos en el modelo de optimización lineal.

Para la obtención de las curvas primero se debe construir el escenario de línea base, es decir, la proyección de las emisiones de GEI tanto de calefacción, como de ACS y de los distintos artefactos eléctricos considerados en caso de que no se implemente ninguna medida nueva. Luego, se debe construir el escenario con políticas, en donde se proyectan las emisiones de GEI al implementarse las diversas medidas seleccionadas en el punto anterior. Posterior a esto, se calculan los costos de abatimiento asociados a cada medida, para luego así poder finalizar con la construcción de las curvas de costo marginal de abatimiento de GEI.

4.1. Construcción de consumo en escenario de Línea Base

Lo primero que se debe realizar es la construcción del escenario base del sector residencial. Dado las políticas seleccionadas se realizan tres líneas bases: de calefacción, ACS y de artefactos electrodomésticos.

Para la modelación de cada uno de los sectores se toman los valores del proyecto realizado para el PMR y Ministerio de Energía, “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”. Como bien se mencionó anteriormente, se toman estos supuestos a modo de datos, ya que cuestionar cada uno de ellos habría requerido de gran trabajo y habría escapado de los plazos y objetivos de esta memoria.

Transversal a todos los escenarios, se debe contar con la proyección de las viviendas al año 2030. Para esto, basado en el documento antes mencionado, se realiza la estimación del crecimiento del parque de acuerdo a las proyecciones de crecimiento de la población del estudio de MAPS Fase 2 [25]. Lo que se hace en este documento es obtener el número de habitantes por vivienda para cada región a partir de los datos de la encuesta Casen 2013, y luego calcular la proyección de habitantes por vivienda al año 2050. Para esto último, se estima la disminución de habitantes por vivienda, basándose en las tendencias históricas de habitantes por vivienda y en lo ocurrido en países que han experimentado decrecimiento en esta variable [25]. Este cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{Hab}{viv_{R,t}} = \frac{Hab}{viv_{R,t-1}} * (1 + B * g_t) \quad (9)$$

Donde:

$Hab/viv_{R,t}$ = Habitantes por vivienda de la región R en el año t, donde $Hab/viv_{R,t}$ ($t = 0$) se obtiene a partir de los datos de la encuesta Casen 2013.

B= Elasticidad estimada en el modelo econométrico, que se estima en (-0,29)

g_t = tasa de crecimiento del PIB real en el año t.

Para mayor información sobre los cálculos o supuestos utilizados, consultar el “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”.

Los datos de viviendas por tipología (departamento o casa) por región se pueden encontrar en el Anexo A.

4.1.1. Calefacción

El uso de calefacción es el con mayor demanda del sector residencial. Pero la gran parte del consumo proviene del uso de leña, la cual, como ya se mencionó antes, se considera “carbono neutral”, por lo cual su impacto no está contenido en este cálculo.

Para el cálculo de las emisiones base del sector se considera el consumo unitario real de calefacción (kWh) por vivienda. Esto corresponde a si una vivienda se quisiera calefaccionar con un cierto tipo de combustible, cuántos kWh requeriría. Este valor se encuentra desagregado por tipo de vivienda (casa o departamento) y varía a lo largo de los años, ya que esto responde al tema de que las viviendas en Chile aún no se calefaccionan hasta las temperaturas del confort térmico y a las variaciones del parque.

A modo de ejemplo, se presenta el dato de consumo unitario real de la Región Metropolitana para el año 2016.

| Tipo de combustible | Consumo Depto [kWh] | Consumo Casa [kWh] |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Leña | 0 | 4.788 |
| GLP | 795 | 912 |
| GN | 1.720 | 1.842 |
| kerosene | 833 | 950 |
| Electricidad | 427 | 500 |
| Pellet | 0 | 3.895 |

Tabla 3: Consumo unitario real de calefacción por vivienda Región Metropolitana año 2016. Elaboración propia a partir de los datos del “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”, 2015.

En la Tabla 3 se puede observar que si una vivienda de tipo departamento se calefaccionara solo con Gas Natural (GN) requeriría 1.720 kWh. Si se tratara de una casa, requeriría 1.842 kWh. Esto en base al promedio estimado para el año 2016. Los valores de los consumos para cada región y año se pueden consultar en el Anexo B.

Además de los datos de consumo, se utilizan los valores de la proyección de uso de combustibles [25]. Es decir, el porcentaje de viviendas que utiliza calefacción y de ese porcentaje, cuánto de cada tipo combustible se utiliza por región (Leña, GLP, GN, kerosene, electricidad, pellet). A modo de ejemplo, se presentan los valores para la Región Metropolitana en el año 2016.

| Uso de Calefacción | 2016 |
|---------------------------|-------------|
| Uso Calefacción | 88% |
| No Uso Calefacción | 12% |
| Total Viviendas | 100% |

Tabla 4: Proyección uso de calefacción Región Metropolitana para el año 2016. Elaboración propia a partir de los datos del “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”, 2015.

A partir de la Tabla 4 se puede saber que el 88% de las viviendas de la Región Metropolitana utiliza calefacción en el año 2016. Este valor también cambia a lo largo de los años, debido a la mayor penetración gracias al aumento del PIB per cápita.

| Tipo de combustible | Depto | Casa |
|----------------------------|--------------|-------------|
| Leña | 0% | 7% |
| GLP | 65% | 60% |
| GN | 4% | 3% |
| kerosene | 39% | 36% |
| Electricidad | 21% | 20% |
| Pellet | 0% | 0% |
| Total | 128% | 127% |

Tabla 5: Penetración de calefacción por tipo de combustible Región Metropolitana para el año 2016. Elaboración propia a partir de los datos del “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”, 2015.

En la Tabla 5 se observa el porcentaje de utilización de cada tipo de combustible. Así, a partir de estos valores y los valores de la Tabla 3, se puede conocer el consumo de cada vivienda. Se puede observar que el uso de combustible para la Región Metropolitana en el 2016 suma más de un 100%. Eso es porque algunas viviendas utilizan más de un tipo de combustible para calefaccionar sus ambientes. Los valores de la penetración de uso de calefacción y tipo de combustible para cada región y año se pueden consultar en el Anexo B.

Así, a partir de los datos recopilados se calcula el consumo (en kWh) de cada región, por tipo de vivienda y combustible, debido efecto de calefacción. Esto es:

$$\text{Consumo}_{ivrt} = \text{Consumo unitario real}_{ivt} * \text{viviendas}_{vrt} * \text{penetración calef}_{rt} * \text{penetración combustible}_{ivrt} \quad (10)$$

Donde:

i: { Leña; GLP; GN; kerosene; electricidad; pellet }

v: { casa; departamento }

$Consumo_{ivrt}$: Consumo de combustible tipo i [kWh] de las viviendas de tipo v de la región r en el año t.

$Consumo\ unitario\ real_{ivt}$: Consumo unitario real de combustible tipo i, de las viviendas de tipo v en el año t.

$viviendas_{vrt}$: Cantidad de viviendas de tipo v de la región r en el año t.

$penetración\ calef_{rt}$: Porcentaje de viviendas que utilizan calefacción en la región r en el año t.

$penetración\ combustible_{ivrt}$: Porcentaje de penetración del combustible tipo i en las viviendas tipo v, en la región r en el año t.

Así, se tiene el consumo en línea base, desagregado por tipo de combustible, tipo de vivienda, región y año.

4.1.2. ACS

Para realizar el cálculo de las emisiones por consumo de agua caliente sanitaria (ACS) se realizan pasos similares a los de calefacción.

Primero, se obtiene el dato de consumo unitario de ACS (kWh) por vivienda [25]. Este dato, al igual que antes, representa la cantidad de energía que se consumiría por tipo de vivienda (casa o departamento) en caso de usarse solo ese tipo de combustible. Nuevamente, a modo de ejemplo, se presentan los datos de consumo unitario de ACS para la región Metropolitana en el año 2016.

| Tipo de combustible | Consumo Depto [kWh] | Consumo Casa [kWh] |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| GLP | 1.527 | 1.527 |
| GN | 3.484 | 3.484 |
| Electricidad | 2.088 | 2.088 |
| Hidrógeno | 1.527 | 1.527 |
| Energía Solar | 1.527 | 1.527 |
| Biogás | 1.527 | 1.527 |

Tabla 6: Consumo unitario real de ACS por vivienda Región Metropolitana año 2016. Elaboración propia a partir de los datos del “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”, 2015.

Luego, se obtiene el dato de la proyección del consumo de ACS por vivienda. Esto es el porcentaje de viviendas que cuenta con un sistema de ACS y de ese porcentaje, cuanto corresponde a cada tipo de combustible por región.

| Uso de Calefacción | | 2016 |
|---------------------------|--|-------------|
| Uso ACS | | 95% |
| No Uso ACS | | 5% |
| Total Viviendas | | 100% |

Tabla 7: Proyección uso de ACS Región Metropolitana para el año 2016. Elaboración propia a partir de los datos del “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”, 2015.

| Tipo de combustible | Consumo Depto [kWh] | Consumo Casa [kWh] |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| GLP | 46% | 77% |
| GN | 53% | 22% |
| Electricidad | 1% | 0% |
| Hidrógeno | 0% | 0% |
| Energía Solar | 0% | 0% |
| Biogás | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% |

Tabla 8: Penetración de ACS por tipo de combustible Región Metropolitana para el año 2016.. Elaboración propia a partir de los datos del “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”, 2015.

Se puede observar a partir del ejemplo de la región Metropolitana que en el caso de ACS no existe diferencia entre el consumo unitario real entre tipo de vivienda, lo cual tiene sentido ya que tiene relación con el consumo humano. Pero donde si se diferencian por tipo de vivienda es en la penetración del tipo de combustible (Tabla 8). Los valores de consumo unitario real, penetración de uso de ACS y tipo de combustible para cada región y año se pueden consultar en el Anexo C.

Así, a partir de esos datos se realizó el cálculo del consumo (en kWh) de ACS por región de la misma forma que presenta la ecuación (10), solo que ahora los tipos de combustible son:

i: {GLP; GN; electricidad; Hidrógeno; Energía Solar; Biogás}.

4.1.3. Artefactos eléctricos

Para calcular el consumo producido por los artefactos eléctricos se debe obtener varios datos relevantes de los principales artefactos de estudio (aquellos involucrados en las políticas):

1. Iluminación (de casas, departamentos y condominios)
2. Aire Acondicionado
3. Refrigeradores
4. Lavadoras

Se obtiene la saturación de cada uno de estos artefactos [25], la cual es equivalente a la penetración en el caso de calefacción y ACS, mostrando el porcentaje de viviendas que cuentan con cada uno de estos artefactos. Estos datos toman el supuesto de que, a partir de la situación actual, se llegará a un nivel de saturación similar al de países desarrollados y de ahí permanece constante [25]. A modo de ejemplo, se muestran los datos para la Región Metropolitana en el año 2016.

| Artefacto | Depto | Casa |
|---------------------------|-------|-------|
| Iluminación | 100% | 100% |
| Aire Acondicionado | 1,9% | 1,9% |
| Refrigeradores | 97,8% | 96,2% |
| Lavadoras | 90% | 95,3% |

Tabla 9: Saturación artefactos eléctricos Región Metropolitana, año 2016. Elaboración propia a partir de los datos del “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”, 2015.

Luego se obtienen los datos de la proyección del consumo unitario (en kWh) de cada artefacto y el consumo de iluminación de los condominios por región [25]. A diferencia de los escenarios para calefacción y ACS, solamente se calcula el uso de un tipo de combustible: electricidad.

| Artefacto | Consumo Depto [kWh] | Consumo Casa [kWh] |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Iluminación³ | 272,7 | 262,2 |
| Aire Acondicionado⁴ | 499,6 | 499,6 |
| Refrigeradores | 508,5 | 508,5 |
| Lavadoras | 69,2 | 69,2 |

Tabla 10: Consumo en kWh producto de artefactos eléctricos Región Metropolitana, año 2016. Elaboración propia a partir de los datos del “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”, 2015.

A partir de la Tabla 10 se puede observar que solo se presentan diferencias de consumo en el caso de iluminación, debido a que en el caso de departamentos también se considera la iluminación de las zonas comunes. Los valores de saturación y consumo por artefacto para cada región y año se pueden consultar en el documento Anexo D.

³ En el caso de la iluminación se realizó una separación por zonas, de modo de abarcar de manera más realista el consumo por región. Así, se separó en tres zonas: A o norte (Regiones I, II, III, IV, V y XV), B o centro (Regiones VI, VII, VIII, IX y XIII), y regiones C o sur (X, XI, XII y XIV). Las regiones de la zona B son las más intensivas en uso de electricidad para iluminación.

⁴ En el caso de climatización también se realizó una separación por zonas, de modo que las regiones de la zona C no presentan consumo de aire acondicionado y las de la zona A son las más intensivas en su uso. Más detalles se pueden revisar en el documento Excel “Escenario Base”.

A partir de estos datos se obtiene el consumo de cada región:

$$\text{Consumo}_{krt} = \sum_v \text{viviendas}_{vrt} * \text{saturación}_{kvr} * \text{consumo}_{kvr} \quad (11)$$

Donde:

Consumo_{krt} : Consumo producto del artefacto k [kWh] en la región r en el año t

viviendas_{vrt} : Cantidad de viviendas del tipo v en la región r en el año t.

saturación_{kvr} : Saturación del artefacto k en la vivienda de tipo v en la región r en año t.

consumo_{kvr} : Consumo [kWh] del artefacto k en la vivienda tipo v en la región r en año t.

4.1.4. Cálculo de Emisiones

Para calcular las emisiones de GEI, lo primero que se debe saber es que cada tipo de combustible emite una cierta cantidad de CO₂, CH₄ y N₂O. En la siguiente tabla se muestran los valores para los combustibles que se utilizan en calefacción, ACS y electrodomésticos.

| Factor Emisión (kg de GEI por TJ sobre una base calórica neta) | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O |
|--|-----------------|-----------------|------------------|
| Leña | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 63.100 | 5 | 0,1 |
| GN | 56.100 | 5 | 0,1 |
| Kerosene (motor de reacción) | 71.500 | 10 | 0,6 |
| Electricidad SING⁵ | 213.056 | 0 | 0 |
| Electricidad SIC | 110.278 | 0 | 0 |
| Pellet | 0 | 0 | 0 |
| Biogás | 54.600 | 5 | 0,1 |

Tabla 11: Factores de emisión. Fuente: directrices IPCC 2006, Ministerio de Energía.

Como se explicó en el marco teórico, para poder tener un valor comparable de emisiones de GEI, se llevan los distintos gases a su equivalente en CO₂, mediante el potencial de calentamiento que tiene cada gas.

Potencial de calentamiento metano y N₂O:

| GEI | Potencial de calentamiento |
|-----------------------|----------------------------|
| CH₄ | 25 |
| N₂O | 298 |

Tabla 12: Potencial de calentamiento. Fuente: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/tssts-2-5.html

⁵ Existen dos grandes Sistemas Interconectados: Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), que considera las regiones I, II y XV, y Sistema Interconectado Central (SIC), el cual para en este caso considera todas las demás regiones, dado que no se poseen datos de emisiones de los Sistemas Eléctricos de Aysén y de Magallanes.

Dado que los factores de emisión se encuentran en TJ, se utiliza la conversión de kWh a TJ (multiplicar por $3,6 * 10^{-6}$).

A partir de todo lo anterior se calculan las emisiones en línea base, separadas para los usos de calefacción, ACS y electrodomésticos.

$$Emisiones_t\{Calef; ACS\} = \sum_{ivr} Consumo_{ivr_t}\{Calef; ACS\} * FE_i \quad (12)$$

Donde:

$Emisiones_t\{Calef; ACS\}$: Emisiones de CO₂e productos de calefacción o ACS en el periodo t.

$Consumo_{ivr_t}\{Calef; ACS\}$: Consumo [kWh] de combustible tipo i en vivienda tipo v en la región r en año t, calculado anteriormente para calefacción y ACS.

FE_i : Factor de emisiones [kgCO₂/kWh] de combustible tipo i {Leña, GLP, GN, Kerosene, Electricidad, Pellet, Biogás}

$$Emisiones_t\{Artefactos\} = \sum_{vr} Consumo_{vr_t}\{Artefactos\} * FE_{electricidad} \quad (13)$$

Donde:

$Emisiones_t\{Artefactos\}$: Emisiones de CO₂e producto de artefactos eléctricos en el periodo t.

$Consumo_{vr_t}\{Calef; ACS\}$: Consumo [kWh] de electricidad producto del uso de artefactos eléctricos en viviendas de tipo v, región r y año t.

FE_i : Factor de emisiones [kgCO₂/kWh] de la electricidad (específico para SING y SIC).

En la Ilustración 9 se pueden observar la proyección obtenida, desagregada para calefacción, ACS y artefactos eléctricos.

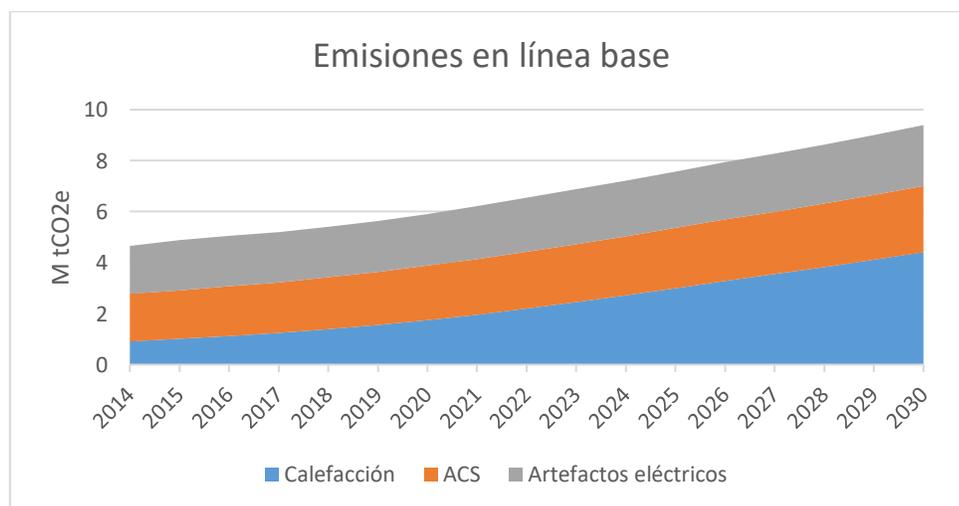


Ilustración 9: Emisiones en línea base. Fuente: Elaboración propia.

4.2. Construcción de Escenario con Políticas

El “Escenario con Políticas” corresponde al escenario en donde se evidencia el efecto de la implementación de las 8 políticas antes mencionados. Eso si, es importante hacer una aclaración. Existen dos tipos de políticas que son complementarias y que su estudio conjunto en una curva de abatimiento no tiene sentido, ya que como bien se mencionó en las limitantes de estos modelos, las curvas no consideran la interacción entre medidas. Este tipo de medidas son las medidas de información, tales como etiquetado de artefactos eléctricos y calificación de viviendas, con las medidas de regulación y normativa, como MEPS de artefactos y la Actualización de la normativa térmica. Es por esto que se decidió realizar dos curvas por separado, con el fin de poder ver el efecto que tiene implementar estos tipos de medidas.

Para poder calcular las emisiones correspondientes a este escenario se toman los supuestos del “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”. Se vuelve a hacer énfasis en que esta memoria no busca cuestionar estos supuestos, solamente se toman de datos para poder aplicar los modelos y realizar el posterior análisis.

4.2.1. Supuestos de Modelación de las medidas

1. Etiquetado de equipos eléctricos de uso doméstico: secadoras de ropa, lava vajilla, lavadoras, calefactores eléctricos de agua, etc.

El supuesto principal de esta medida es considerar que, debido a la incorporación de la etiqueta informativa, de las personas que van a comprar un nuevo artefacto, el 50% cambia su elección, llevando una versión de artefacto más eficiente que la que compra habitualmente.

Se modela mediante una mejora en la eficiencia promedio del parque, debido a la entrada de equipos electrodomésticos más eficientes. Se asume que la mejora de eficiencia de cada artefacto es la presentada en la Tabla 13.

| | Ampolletas | AC | Refrigeradores | Lavadoras |
|------------------------------|------------|-----|----------------|-----------|
| Ahorro con etiquetado | 20% | 21% | 28% | 23% |

Tabla 13: Ahorro de cada tipo de artefacto. Fuente: Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación, Ministerio de Energía.

Además, se consideran la siguiente vida útil para cada artefacto:

| | Vida útil (años) |
|-----------------------|------------------|
| Ampolletas | 5 |
| AC | 10 |
| Refrigeradores | 10 |
| Lavadoras | 8 |

Tabla 14: Vida útil artefactos. Fuentes: http://www.ledshop.cl/?page_id=206; http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm

2. Regulación - MEPS en principales equipos eléctricos de uso doméstico: aire acondicionado, refrigeradores, ampolletas, tubos fluorescentes, secadoras de ropa, lava vajilla, lavadoras, calefactores eléctricos de agua, etc.

Adicional a la medida anterior, se crea la regulación mediante en estándar mínimo de eficiencia (MEPS) para artefactos electrodomésticos. Esta medida asume una mejora debido a la utilización de artefactos más eficientes, la cual se presenta en el siguiente cuadro:

| | Ampolletas | AC | Refrigeradores | Lavadoras |
|----------------------|-------------------|---------------|-----------------------|------------------|
| Ahorro MEPS 1 | 30% (FC) | 21% (Clase B) | 28% (standard A) | 23% (Clase A) |
| Ahorro MEPS 2 | 50% (LED) | 29% (Clase A) | 36% (standard A+) | 32% (Clase A+) |

Tabla 15: Ahorro de cada tipo de artefacto. Fuente: “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”, Ministerio de Energía.

Donde MEPS 1 corresponde al primer estándar fijado y MEPS 2 corresponde al segundo estándar fijado, los cuales se encuentra escrito entre paréntesis al lado del porcentaje de ahorro. Debido a que MEPS 1 de ampolletas ya fue incorporado el 2015, se considera para este estudio pasar a MEPS 2, es decir, prohibir las ampolletas fluorescentes compactas y pasar a ampolletas LED. En los otros casos se considera pasar a MEPS 1, debido a que los MEPS 2 estaban considerados más allá del 2025. De todos modos, se presenta la información por si se considerara interesante hacer un análisis posterior.

3. Continuación de subsidios para reacondicionamiento térmico residencial para familias vulnerables (PPPF)

Esta medida apunta al mejoramiento de la envolvente térmica mediante subsidios. Las mejoras en eficiencia térmica son del 30% para casas y del 20% para departamentos, y se modela mediante la disminución del factor de conductividad térmica. Esto hace que se requiera menor cantidad de combustible para calefaccionar una misma cantidad de m².

Se supone que se logran reacondicionar 24.000 viviendas al año, de las cuales 20.000 son mediante subsidios. Se tiene considerado que para el año 2035, los subsidios aumenten en 14.984 al año, alcanzando casi 35.000 reacondicionamientos de viviendas anuales.

4. Búsqueda de apoyo financiero para reacondicionamiento térmico residencial (ampliar segmento de la población a la clase media)

Esta medida apunta al mejoramiento de la envolvente térmica mediante créditos blandos. Las mejoras en eficiencia térmica son del 30% para casas y del 20% para departamentos, y se modela mediante la disminución del factor de conductividad térmica. Esto hace que se requiera menor cantidad de combustible para calefaccionar una misma cantidad de m².

Se supone que se logran reacondicionar 24.000 viviendas al año, de las cuales 4.000 son mediante créditos.

5. Calificación energética obligatoria de viviendas nuevas y existentes

Se modela mediante el supuesto de que, dado el etiquetado, las viviendas nuevas incrementan un 10% su eficiencia térmica, necesitándose menos cantidad de combustible para calefaccionar la misma cantidad de m².

6. Actualización de la normativa térmica de viviendas (OGUC)

Se asume que cada constructora debiese respetar esta nueva normativa. Es por esto que se modela que se genera una mejora entre el 15% y 30% en la eficiencia, necesitándose menos cantidad de combustible para calefaccionar la misma cantidad de m². La mejora específica para cada región se encuentra en el Anexo E.

7. Continuación de la franquicia tributaria para la instalación de sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria

8. Implementación de subsidios a vivienda social nueva (ACS)

A pesar de que las medidas cuentan con instrumentos distintos de financiamiento, estas fueron modeladas en conjunto en el “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”. Dado que no se conocen el número de franquicias tributarias y el número de subsidios por separado, se mantienen estas dos políticas juntas. Se modelan asumiendo la instalación de cerca de 15.000 sistemas al año a nivel nacional. El total nacional se reparte entre las distintas regiones en función del número de viviendas en cada región y del nivel de irradiación solar, priorizando las zonas con mejor potencial.

4.2.2. Cálculo de consumos eficientes por medida

Dado todos los supuestos antes mencionados, se calculan los nuevos consumos debido al ingreso de cada política. Es decir, en el caso de las medidas de artefactos electrodomésticos se calcula el consumo asociado al nuevo artefacto más eficiente, para el reacondicionamiento térmico se calcula la nueva cantidad de combustible requerida para calefaccionar la casa o departamento reacondicionado y en el caso de ACS se calculan los kWh que se dejarían de utilizar de cada tipo de combustible en promedio, gracias a la implementación de un SST para ACS. Se asume que este ahorro es constante, por los años de vida útil del artefacto, sistema o vivienda. Los ahorros de consumo generado por cada medida se pueden encontrar en el Anexo F.

Como ya se mencionó anteriormente, para el cálculo de los consumos por escenario con política se asume que solo se está implementando una medida a la vez, dejando las otras constantes. Esto es para capturar el efecto por separado de cada medida. Por lo cual, esto vuelve a recalcar el hecho que no tiene sentido ver una curva en donde se encuentren medidas de información con medidas de regulación, ya que se estaría sobreestimando el efecto de mitigación.

4.2.3. Cálculo de potencial máximo de mitigación al 2030

En el caso de las medidas de artefactos eléctricos, el potencial máximo de mitigación corresponde a contar con solamente artefactos eficientes, es decir, reemplazar el parque total por el modelo eficiente. El total de artefactos se puede observar en la siguiente tabla.

| Medida | Total del parque al 2030 |
|---------------------|--------------------------|
| MEPS-Ampolletas | 45.582.715 ⁶ |
| MEPS-Refrigeradores | 6.775.015 |
| MEPS-AC | 1.355.003 |
| MEPS-Lavadoras | 6.327.864 |

Tabla 16: Número de artefactos eléctricos total del parque. Fuente: Encuesta Casen 2015.

A partir de este número se estiman las emisiones de la siguiente forma:

$$Amax_i = cantidad_i * (consumo noeficiente_i - consumo eficiente_i) * FE_e * vida\ útil_i \quad (14)$$

Donde:

$Amax_i$: potencial máximo de mitigación de la medida del artefacto i (tCO₂e)

$cantidad_i$: número total del parque de artefactos i.

$consumo\ noeficiente_i$: consumo asociado a los artefactos antiguos, con menor exigencia de eficiencia, del tipo de artefacto i (kWh).

$consumo\ eficiente_i$: consumo asociado a los artefactos eficientes, del tipo de artefacto i (kWh).

FE_e : factor de emisión de la electricidad (tCO₂e/kWh).

En el caso de la política de normativa térmica, se estima el total de viviendas nuevas que entrarán al parque al año 2030, mediante la proyección del crecimiento. Para las políticas de reacondicionamiento térmico de subsidio y crédito, se estima el número de viviendas existentes a los que apunta cada política. En el caso de reacondicionamiento por subsidio, se multiplica el número de viviendas existentes por el porcentaje que corresponde a viviendas vulnerables (Grupo socioeconómico D), y para el reacondicionamiento por crédito se multiplica el número de viviendas existentes por el porcentaje de viviendas de clase media (Grupo socioeconómico C2 y C3).

| Grupo Socioeconómico | Porcentaje de viviendas |
|----------------------|-------------------------|
| C2 | 17,9% |
| C3 | 29,1% |
| D | 24,2% |
| E1 | 8,9% |
| E2 | 4% |

Tabla 17: Porcentaje de viviendas por grupo socioeconómico. Fuente: <http://www.latercera.com/noticia/clase-media-es-mayoria-en-chile-y-alcanza-el-47-de-la-poblacion/>.

⁶ Se considera que cada vivienda tiene en promedio 8 ampolletas.

Así, se obtiene el total máximo de viviendas que podría verse afectado por la normativa térmica (viviendas nuevas) y por el reacondicionamiento térmico (viviendas existentes).

| Política | Total de viviendas que podrían ser afectas |
|--------------------------------------|--|
| Reacondicionamiento Térmico Subsidio | 1.325.156 |
| Reacondicionamiento Térmico Crédito | 2.573.650 |
| Actualización Reglamentación Térmica | 1.299.163 |

Tabla 18: Total de viviendas que podrían verse afectadas debido a las distintas políticas.

A partir de lo anterior, se estima el potencial máximo de mitigación con la siguiente fórmula:

$$Amax_i = n^{\circ}_i * \left(\sum_c Ahorro\ combustible_{ci} * FE_c \right) \quad (15)$$

Donde:

$Amax_i$: potencial máximo de mitigación de la medida i (tCO2e).

n°_i : número total de viviendas que podrían ser afectadas con la política i.

$Ahorro\ combustible_{ci}$: ahorro de combustible tipo c debido a la política i (kWh).

FE_c : factor de emisión del combustible tipo c (tCO2e/kWh).

Para el cálculo del potencial máximo de mitigación de la política de ACS se considera el recambio por un sistema solar térmico de todo el parque (total de viviendas al 2030: 6.775.015). Así, se estimó el potencial máximo mediante la ecuación (15).

A continuación, se presentan el potencial máximo de mitigación de cada medida:

| Medida | Amax [tCO2e] |
|--------------------------------------|-----------------|
| Etiquetado Artefactos-Ampolletas | 312.570 |
| Etiquetado Artefactos-Refrigeradores | 261.036 |
| Etiquetado Artefactos-AC | 59.871 |
| Etiquetado Artefactos-Lavadoras | 32.835 |
| MEPS- Ampolletas | 312.570 |
| MEPS- Refrigeradores | 261.036 |
| MEPS- AC | 59.871 |
| MEPS- Lavadoras | 32.835 |
| RT-subsidio | 235.511 |
| RT-crédito | 457.398 |
| Calificación viviendas | 141.791 |
| Actualización Normativa Térmica | 275.925 |
| ACS Solar | 229.063 |

Tabla 19: Potencial máximo de mitigación (Amax) de cada medida.

Este potencial máximo de mitigación representa la mitigación máxima alcanzable al 2030 en caso de implementar en su totalidad la medida.

4.3. Cálculo de costos de abatimiento

En la sección de metodología se detallan las fórmulas de cómo se construyen los costos de abatimiento. Transversal a todos los cálculos de costos de abatimiento, se deben buscar los precios de los principales tipos combustibles y de la electricidad. Estos se encuentran detallados en el Anexo G.

Electrodomésticos

Costos de inversión: corresponden al costo diferencial entre adquirir un artefacto normal y uno eficiente.

Costo operacional: corresponde al ahorro generado por un menor consumo debido a la mayor eficiencia del nuevo artefacto. No se consideran costos de mantención ya que la diferencia entre arreglar artefactos normales versus eficientes se desconoce, debido a que hay muchas variables que influyen en esto: modelo, marca, quién realiza la mantención (fabricante u otros), entre otras.

Costo valor presente: para llevar los costos a valor presente se debe conocer la vida útil de cada artefacto, los cuales se pueden observar en la Tabla 14.

El detalle de los datos y del cálculo del costo de abatimiento para cada artefacto se puede encontrar en el Anexo H.

Calefacción

Costos de inversión: En el caso de las medidas de Actualización de la Normativa Térmica y Calificación de viviendas, el costo de inversión corresponde al valor diferencial de construir una casa nueva que sea más eficiente.

En el caso de las medidas de Reglamentación Térmica (subsidios y créditos), el costo de inversión es el valor de realizar el reacondicionamiento. En este caso no es un valor diferencial ya que en el escenario base no se habría incurrido en un gasto, dado que no se realiza reacondicionamiento.

Costo operacional: corresponde al ahorro generado debido al menor consumo de combustible generado por la mayor eficiencia de las viviendas.

Costo valor presente: para llevar los costos a valor presente se considera que la vida útil de las viviendas es de 30 años.

El detalle de los datos y del cálculo del costo de abatimiento para cada medida asociada a calefacción se puede encontrar en el Anexo I.

ACS

Costos de inversión: corresponde a la compra de un sistema solar térmico para ACS.

Costo operacional: corresponde al ahorro generado debido al menor consumo de combustible generado por el cambio a un SST de ACS.

Costo valor presente: para llevar los costos a valor presente se considera que la vida útil de los sistemas es de 20 años.

El detalle de los datos y del cálculo del costo de abatimiento para las medidas de ACS se puede encontrar en el Anexo J.

4.4. Curva de costo marginal de abatimiento

A partir de lo explicado anteriormente, se construye la curva de abatimiento en su forma tradicional. Los valores de costo de abatimiento y potencial de mitigación de cada medida se presentan en la siguiente tabla:

| Medida | Costo de abatimiento [USD/tCO ₂ e] | Potencial Mitigación 2030 [MM tCO ₂ e] |
|--------------------------------------|--|--|
| MEPS artefactos- iluminación | -73 | 0,313 |
| Etiquetado artefactos-iluminación | -73 | 0,313 |
| MEPS artefactos- Refrigerador | -24 | 0,261 |
| Etiquetado artefactos-Refrigerador | -24 | 0,261 |
| MEPS artefactos- AC | -9 | 0,060 |
| Etiquetado artefactos-AC | -9 | 0,060 |
| Reacondicionamiento Térmico subsidio | 75 | 0,236 |
| MEPS artefactos- Lavadoras | 242 | 0,033 |
| Etiquetado artefactos-Lavadoras | 242 | 0,033 |
| Reacondicionamiento Térmico crédito | 375 | 0,457 |
| Calificación de viviendas | 623 | 0,142 |
| Reglamentación Térmica | 895 | 0,276 |
| ACS Solar | 1.013 | 0,229 |

Tabla 20: Costo de abatimiento y potencial de mitigación para cada medida.

Observación: Los costos y el potencial de las políticas de estándares mínimos de eficiencia energética y la de etiquetado de artefactos son iguales, debido a que se componen del recambio del equipo por uno más eficiente y el alcance es el parque completo. Lo que es distinto es la velocidad con que se puede implementar cada medida, pero esto no queda capturado en las curvas tradicionales.

Debido a lo que se explicó anteriormente, se realizan dos curvas de abatimiento: una con las medidas de regulación MEPS en artefactos eléctricos y actualización de la normativa térmica

de viviendas, y otra curva con las medidas de información etiquetado de artefactos eléctricos y calificación de viviendas.

En la Ilustración 10 se muestra la representación gráfica del costo de abatimiento y potencial de mitigación con las medidas de regulación. En la Ilustración 11 se muestra el caso con las medidas de información.

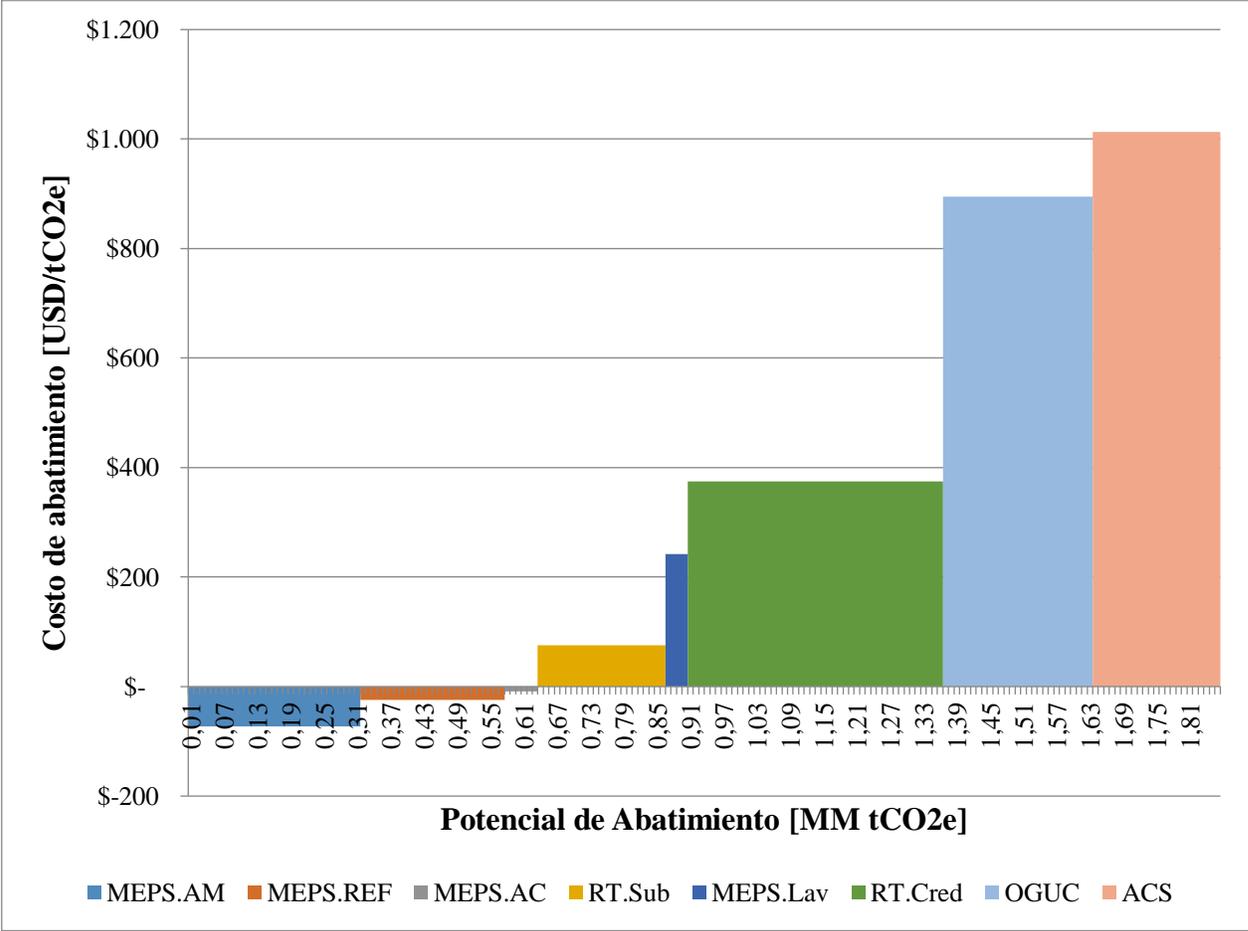


Ilustración 10: Curva de Abatimiento de GEI para las políticas seleccionadas del sector Residencial, para el caso de políticas de regulación. Fuente: Elaboración propia.

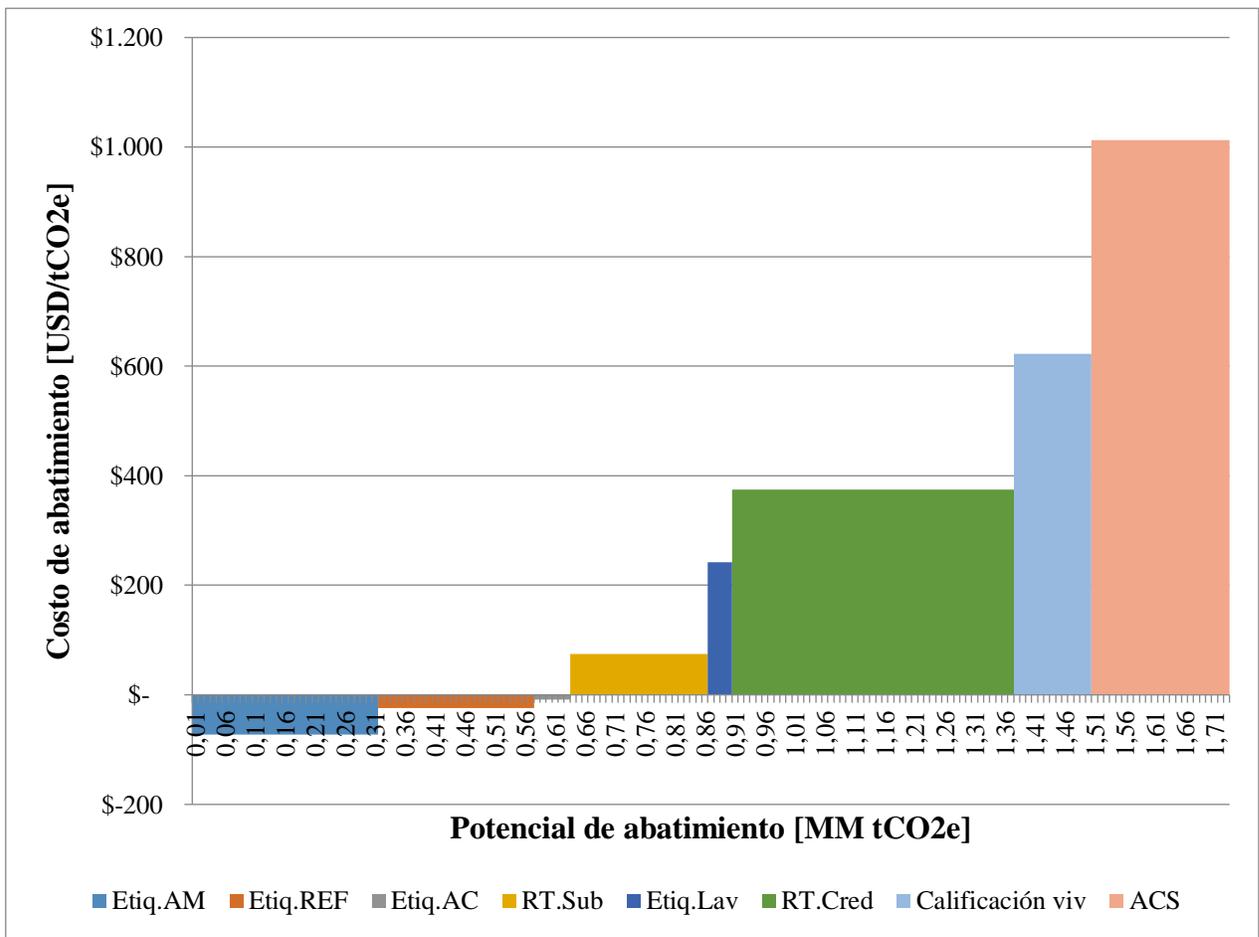


Ilustración 11: Curva de Abatimiento de GEI para las políticas seleccionadas del sector Residencial, para el caso de políticas de información. Fuente: Elaboración propia.

5. Modelo de optimización lineal

En esta sección se construye el modelo de optimización lineal que incorpora la variable de velocidad de implementación. Tanto el costo de abatimiento como el potencial máximo de mitigación es el mismo que el calculado para la construcción de las curvas de abatimiento.

5.1. Velocidad de Implementación de cada medida

En Chile, no existen dato de la velocidad de implementación de las medidas. En el documento de Adrien Vogt-Schilb [9], se sugiere que la velocidad se construya en base del criterio de expertos. Pero luego de conversaciones sostenidas con el autor del documento se llega a la conclusión que se podría realizar un mejor análisis si se basa en la velocidad de implementación registrada hasta el momento por cada medida. Así, se encuentra que existen dos tipos de velocidades: las dadas por características propias de la medida y aquellas dadas por las políticas asociadas a la implementación de la medida.

5.1.1. Velocidad dadas por característica propia de la medida

En el caso de las medidas asociadas a los artefactos eléctricos (regulación y etiquetado), la velocidad de implementación está asociada a la velocidad de recambio de objetos. Es decir, si se aplica un instrumento de regulación en donde se prohíbe la venta de cierto artefacto eléctrico, ésta política tardará en completarse lo que tarde el parque en renovar todos los electrodomésticos, debido a los que dejan de funcionar. La cantidad total de artefactos eléctricos se puede observar en la Tabla 16. En la Tabla 14 se encuentran la vida útil de los distintos artefactos. Se puede apreciar que, por ejemplo, si se implementa un MEPS de aire acondicionado, en 10 años se tendría completa la medida, lo que significa que la velocidad de recambio es el total del parque de aire acondicionado dividido 10 (su vida útil). Como ya se mencionó en la metodología, el modelo asume una velocidad constante. La velocidad en unidades por año se encuentra en la siguiente tabla.

| Medida | n°/año (Total del parque/vida útil) |
|---------------------|--|
| MEPS-Ampolletas | 9.116.543 |
| MEPS-Refrigeradores | 677.502 |
| MEPS-AC | 135.500 |
| MEPS-Lavadoras | 790.983 |

Tabla 21: Número de artefactos que son reemplazados anualmente.

Para las políticas asociadas a la calificación energética se tiene el mismo criterio. Eso si, hay que recordar que el supuesto aquí corresponde a que solamente la mitad de las personas cambian su decisión al momento de comprar el nuevo artefacto, por lo cual el número de artefactos al año corresponden a los presentados en la Tabla 21, dividido en la mitad.

Por otro lado, se encuentra el caso de la velocidad de implementación de la política de actualización de la normativa térmica de las viviendas. Como esta política corresponde a una nueva ley que debe ser cumplida por todas las viviendas que se construyan, se tiene que la velocidad de

implementación corresponde al número de viviendas nuevas que ingresan al año. Como se asume una velocidad constante, se calcula el dato del total de viviendas que entrarán al año 2030 y se divide por los años al 2030 (se considera 14 años), de modo de alcanzar a cubrir todo el nuevo parque: 92.797.

En el caso de la medida de calificación energética, el supuesto es que disminuye el reacondicionamiento realizado, pero es sobre el mismo parque que en el caso anterior.

5.1.2. Velocidad dadas por las políticas asociadas a la medida

Este tipo de velocidad es el correspondiente a las políticas de reacondicionamiento térmico y a la de agua caliente sanitaria solar. A diferencia de las medidas de artefactos eléctricos, estas medidas son costosas de implementar y quedan acotadas por el presupuesto destinado a ellas. Es por esto que se registran el número de viviendas y número de sistemas térmicos solares que son implementados anualmente hasta el momento.

| Medida | n°/año |
|-------------|--------|
| RT-subsidio | 20.000 |
| RT-crédito | 4.000 |
| ACS Solar | 15.000 |

Tabla 22: Datos históricos de velocidad de implementación. Fuente: “Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación”, Ministerio de Energía.

Además, estas se implementan en viviendas ya existentes, a diferencia de la medida de normativa térmica, lo cual hace que no pueda implementarse en todas las viviendas antiguas de un momento a otro.

A continuación, se presenta la velocidad de implementación de todas las políticas evaluadas para el sector residencial.

| Medida | Velocidad de implementación [tCO2e/año] |
|--------------------------------------|---|
| Etiquetado Artefactos-Ampolletas | 31.257 |
| Etiquetado Artefactos-Refrigeradores | 13.052 |
| Etiquetado Artefactos-AC | 2.994 |
| Etiquetado Artefactos-Lavadoras | 2.052 |
| MEPS- Ampolletas | 62.514 |
| MEPS- Refrigeradores | 26.104 |
| MEPS- AC | 5.987 |
| MEPS- Lavadoras | 4.104 |
| RT-subsidio | 3.554 |
| RT-crédito | 711 |
| Calificación viviendas | 10.128 |
| Actualización Normativa Térmica | 19.709 |
| ACS Solar | 507 |

Tabla 23: Velocidad de implementación de cada medida.

6. Resultados obtenidos

El modelo de optimización lineal fue programado en el software GAMS, versión 24.8.5 para Windows 64 bits. Se ejecutó en un computador marca HP, con un procesador Intel-core i7 7th Gen, memoria RAM de 4GB. El código del modelo se encuentra en el Anexo K.

6.1. Resultados por esfuerzo de mitigación

Como ya se mencionó anteriormente, Chile se comprometió a disminuir sus emisiones de GEI en un 30%, lo que significa que los siete sectores (Generación, Industria y minería, Transporte, CPR, Agropecuario, Forestal y Residuos) deben en conjunto lograr esta reducción. Algunos aportarán más que otros, pero el porcentaje de cuánto aportará cada sector es incierto. Es por esto que, al no existir un porcentaje fijo de mitigación para el sector residencial, se decide realizar escenarios con distintos porcentajes de mitigación objetivo para el sector residencial. Este porcentaje equivale al esfuerzo realizado por este sector.

Se realizan tres escenarios, correspondientes al porcentaje de mitigación con respecto a las emisiones al año 2030: esfuerzo poco ambicioso (0-12%), esfuerzo intermedio (14% y 15%) y esfuerzo ambicioso (18%). Además, se calcula el esfuerzo máximo de mitigación, es decir el porcentaje máximo alcanzable de acuerdo a las velocidades (19,11%). También se obtienen los resultados de los esfuerzos de mitigación del 13%, 16% y 17%, y, a pesar de que en ocasiones se invertía el orden en que debía entrar cierta medida, no se detallan en el cuerpo del informe debido a que se considera más relevante contrastar los otros escenarios. De todos modos, en el Anexo L se encuentran las tablas con los resultados.

| Escenario | % de reducción respecto emisiones año 2030 | Mitigación [tCO2e] |
|--------------------------------|--|--------------------|
| Esfuerzo poco ambicioso | 12,00% | 633.477 |
| Esfuerzo intermedio (1) | 14,00% | 739.098 |
| Esfuerzo intermedio (2) | 15,00% | 791.891 |
| Esfuerzo ambicioso | 18,00% | 950.269 |
| Esfuerzo máximo | 19,11% | 1.009.046 |

Tabla 24: Cantidad de tCO2e mitigado por escenario de esfuerzo.

Los resultados se presentan en tablas que simulan ser calendarios anuales, en donde en la primera columna aparece la abreviación de cada política de mitigación (explicadas a continuación en la Tabla 25) y luego el nivel al que se debe implementar (en tCO2e) cada año, de ser óptimo introducir cada medida. En caso de que la medida no deba iniciar aún o bien ya haya alcanzado su máximo potencial de mitigación, aparece un guion (-).

| Abreviación | |
|--------------------|--|
| MEPS.AM: | Regulación mediante estándar mínimo de eficiencia energética en ampolletas |
| MEPS.REF: | Regulación mediante estándar mínimo de eficiencia energética en refrigeradores |
| MEPS.AC: | Regulación mediante estándar mínimo de eficiencia energética en aire acondicionado |
| MEPS.LAV: | Regulación mediante estándar mínimo de eficiencia energética en lavadoras |
| RTSub: | Reacondicionamiento térmico subsidio (viviendas existentes) |
| RTCredito: | Reacondicionamiento térmico crédito (viviendas existentes) |
| OGUC: | Actualización de normativa térmica (viviendas nuevas) |
| ACS: | Agua Caliente Sanitaria Solar |
| ETIQ.AM: | Etiquetado de artefactos eléctricos en ampolletas |
| ETIQ.REF: | Etiquetado de artefactos eléctricos en refrigeradores |
| ETIQ.AC: | Etiquetado de artefactos eléctricos en aire acondicionado |
| ETIQ.LAV: | Etiquetado de artefactos eléctricos en lavadoras |
| Calificación | Calificación energética de viviendas |

Tabla 25: Abreviaciones utilizadas para confección de tablas de resultados.

6.1.1. Esfuerzo poco ambicioso: Mitigación 0% a 12%

Dado que las medidas de MEPS de artefactos eléctricos tales como ampolletas, refrigeradores y aire acondicionado tienen costos negativos, siempre será deseable (óptimo) implementar estas medidas. Es por esto que, independiente del objetivo de mitigación fijado, siempre entrarán desde el primer año estas medidas. Se tiene que hasta un objetivo de mitigación del 12%, equivalente a una reducción de 633.477 tCO₂e anuales, se lograría solamente con estas tres medidas y tendría un beneficio de 24.090.000 USD (percibido en el ahorro de electricidad gracias al consumo más eficiente de estos artefactos).

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|------|------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RTSub | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RTCredito | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 26: Secuenciación óptima de medidas en un escenario de esfuerzo poco ambicioso (0% a 12%)

6.1.2. Esfuerzo intermedio: Mitigación 14% y 15%

Se toman dos niveles de mitigación como esfuerzo intermedio: 14% y 15%, equivalentes a una reducción de 739.098 tCO₂e y 791.891 tCO₂e respectivamente. En el primer caso se tiene que el nivel de mitigación se alcanza con la implementación total de las medidas de MEPS de ampollas, refrigeradores, aire acondicionado y lavadoras, reacondicionamiento térmico crédito y subsidio, y con la entrada a partir del 2030 para la actualización de la normativa térmica. Esto todavía se alcanza obteniendo un beneficio económico de 9.868.000 USD.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 13.076 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 27: Secuenciación óptima de medidas en un escenario de esfuerzo intermedio (14%).

En el caso de un nivel de mitigación del 15% se observan diferencias en las medidas que ingresan con respecto al escenario de un 14% de mitigación. La medida de MEPS de lavadoras no entra hasta el 2030 y la política de actualización de normativa térmica debiese ingresar el 2027, para luego ingresar la de ACS en el 2030. Además, ya no se obtiene un beneficio económico, sino que se debe incurrir en un gasto de 12.474.000 USD para alcanzar la meta fijada.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO2e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 8.240 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 507 |

Tabla 28: Secuenciación óptima de medidas en un escenario de esfuerzo intermedio (15%)

6.1.3. Esfuerzo ambicioso: Mitigación 18%

Para lograr un esfuerzo ambicioso, equivalente a una mitigación de 950.269 tCO2e, se debe contar con la acción de todas las políticas de mitigación, siendo solamente el caso de la medida de actualización de la normativa térmica y la medida de ACS las que no ingresan en su totalidad. La medida de MEPS de lavadoras alcanza su potencial máximo en 8 años, lo que se cumple si entra el año 2023 o antes. El costo que tiene alcanzar este esfuerzo es de 104.930.000 USD.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | 2.885 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 |

Tabla 29: Secuenciación óptima de medidas en un escenario de esfuerzo ambicioso (18%).

6.1.4. Porcentaje máximo de mitigación alcanzable (19,11%)

Este escenario muestra el ingreso de todas las medidas de mitigación en su máximo potencial, alcanzando una mitigación de un 19,11%, equivalente a 1.009.046 tCO₂e. El costo de lograr esta mitigación es de 151.920.000 USD.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 |

Tabla 30: Secuenciación óptima de medidas con la meta máxima alcanzable dado la velocidad de las políticas.

A partir de los distintos valores fijados como objetivo de mitigación al año 2030, se realiza un gráfico que representa el costo marginal de lograr una mitigación de un 1% mayor. Se puede observar que la tendencia que siguen los costos es convexa, volviéndose cada vez más costoso alcanzarse un 1% de mitigación más.

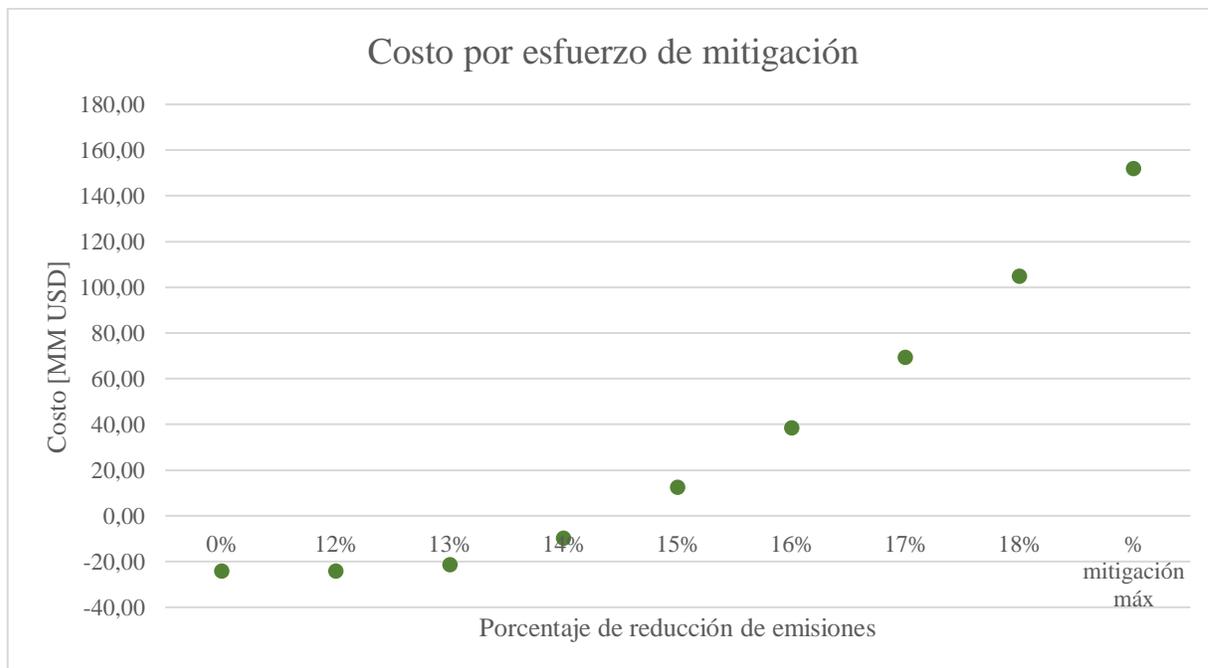


Ilustración 12: Gráfico de costo por escenario de esfuerzo de mitigación.

6.2. Comparación entre ambos modelos

En el caso de la curva de abatimiento tradicional, al fijar una meta del 15% que corresponde a reducir 791.891 tCO₂e, la sugerencia de ingreso de medidas es (ver Ilustración 10):

1. MEPS ampolletas
2. MEPS refrigeradores
3. MEPS aire acondicionado
4. Reacondicionamiento térmico subsidio

Para una meta del 18% de reducción de emisiones, que corresponde a reducir 950.269 tCO₂e, la sugerencia de ingreso es (ver Ilustración 10):

1. MEPS ampolletas
2. MEPS refrigeradores
3. MEPS aire acondicionado
4. Reacondicionamiento térmico subsidio
5. MEPS Lavadoras
6. Reacondicionamiento térmico crédito

Las curvas de abatimiento en su forma tradicional no entregan año de ingreso de cada medida, simplemente sugieren hasta qué medida debiese ingresar de modo que se alcance una cierta cantidad de reducción de emisiones de CO₂e. En ninguno de los escenarios planteados ingresarían las medidas de Actualización de la normativa térmica ni la de sistema térmico solar para ACS.

En el caso del modelo de optimización, al realizar esfuerzos intermedios (14% y 15%) y esfuerzo ambicioso (18%) el orden de entrada de las medidas varia. Para una meta de un 14% de reducción de emisiones se tiene (ver Tabla 27):

1. MEPS ampollitas | MEPS refrigeradores | MEPS aire acondicionando |
Reacondicionamiento térmico subsidio | Reacondicionamiento térmico crédito
2. MEPS lavadoras
3. Actualización de la normativa térmica

El modelo si entrega año de entrada, teniéndose que todas las medidas que se encuentran señaladas en primer lugar entran el primer año (2017).

Al fijar una meta del 15% se tiene la siguiente sugerencia de ingreso (ver Tabla 28):

1. MEPS ampollitas | MEPS refrigeradores | MEPS aire acondicionando |
Reacondicionamiento térmico subsidio | Reacondicionamiento térmico crédito
2. Actualización de la normativa térmica
3. Sistema solar térmico para ACS

Si se fija una meta del 18%, la sugerencia de ingreso vuelve a cambiar, siendo ahora el siguiente orden (ver Tabla 29):

1. MEPS ampollitas | MEPS refrigeradores | MEPS aire acondicionando |
Reacondicionamiento térmico subsidio | Reacondicionamiento térmico crédito
2. Actualización de la normativa térmica
3. Sistema solar térmico para ACS
4. MEPS lavadoras

Como bien se planteó en un comienzo que podía pasar, el modelo de optimización puede entregar soluciones contra intuitivas, sugiriendo el ingreso de medidas que son más costosas primero, como se puede apreciar en el escenario de esfuerzo intermedio (15%) y ambicioso, con la medida de Actualización de normativa térmica y SST para ACS, que son más costosas que MEPS lavadoras.

7. Sensibilización velocidades de implementación

Como ya se mencionó anteriormente, existen medidas que tienen velocidades dadas, las cuales no pueden presentar variaciones. En este tipo de medidas, MEPS de artefactos y actualización de normativa térmica, no tiene sentido realizar sensibilización, ya que sus velocidades no dependen de parámetros externos. En cambio, en las medidas de reacondicionamiento térmico mediante subsidio o crédito y en la de sistemas térmicos para agua caliente sanitaria, se realiza sensibilización, ya que estas velocidades dependen de las políticas implementadas.

Dado que no existe un objetivo de mitigación específico para el sector residencial, se realiza sensibilización para dos metas: un esfuerzo intermedio (15%) y un esfuerzo ambicioso (18%). Dadas estas metas, se varía la velocidad de las tres medidas, considerando su duplicación y cuadruplicación, y en el caso del escenario más ambicioso también se sensibiliza tomando la velocidad máxima para alcanzar la totalidad de la medida al 2030 (que corresponde a el número total de viviendas que puede ser afectada por la medida dividido 14, que son los años que faltan al 2030).

| | Velocidad inicial [viviendas/año] | Velocidad duplicada [viviendas/año] | Velocidad cuadruplicada [viviendas/año] | Velocidad máxima [viviendas/año] |
|--------------------|---|---|---|--|
| RT-subsidio | 20.000 | 40.000 | 80.000 | 94.654 |
| RT-crédito | 4.000 | 8.000 | 16.000 | 183.832 |
| SST ACS | 15.000 | 30.000 | 60.000 | 483.930 |

Tabla 31: Resumen de velocidades de sensibilización en viviendas por año.

Además, para medir el efecto y ver la diferencia que tiene una medida de información con respecto a una medida de regulación, se realiza la sensibilización cambiando la medida de MEPS de artefactos eléctricos por etiquetado de artefactos y también el cambio de la medida de actualización de la normativa térmica por solo una calificación de viviendas. No se considera necesario sacar las medidas de reacondicionamiento térmico, ya que se asume que ese grupo no realizaría el reacondicionamiento sin la ayuda financiera.

| Medida | n°/año | v [tCO2e/año] |
|---|---------------|----------------------|
| Etiquetado Artefactos-Ampolletas | 4.558.272 | 31.257 |
| Etiquetado Artefactos-Refrigeradores | 338.751 | 13.052 |
| Etiquetado Artefactos-AC | 67.750 | 2.994 |
| Etiquetado Artefactos-Lavadoras | 395.492 | 2.052 |
| Calificación de viviendas | 92.797 | 10.128 |

Tabla 32: Sensibilización cambiando medidas de MEPS por etiquetado de artefactos y actualización de normativa por calificación de viviendas.

7.1. Supuesto: Objetivo fijo en 15% de mitigación.

Del capítulo anterior se tiene que alcanzar las metas con las velocidades de implementación que se registran hasta el momento tiene un costo de 12.474.000 USD.

7.1.1. Duplicar velocidad reacondicionamiento térmico subsidio

Manteniendo fija una mitigación del 15% de las emisiones al año 2030, se duplica la velocidad de implementación de la medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio, pasando de 3.544 tCO₂e al año a 7.109 tCO₂e. Ahora se obtiene un beneficio de 6.250.000 USD por alcanzar esta meta, teniendo un ahorro de 18.724.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 |
| RTCrédito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 16.099 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 33: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de reacondicionamiento térmico mediante subsidio duplicada.

7.1.2. Duplicar velocidad reacondicionamiento térmico crédito

Manteniendo fija una mitigación del 15% de las emisiones al año 2030, se duplica la velocidad de implementación de la medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito blando, pasando de 711 tCO₂e al año a 1.422 tCO₂e. El costo de alcanzar esta meta es de 10.418.000 USD, teniendo un ahorro de 2.056.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 16.497 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 34: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de reacondicionamiento térmico mediante crédito duplicada.

7.1.3. Duplicar velocidad ACS

Manteniendo fija una mitigación del 15% de las emisiones al año 2030, se duplica la velocidad de implementación de la medida de ACS, pasando de 507 tCO₂e al año a 1.014 tCO₂e. El costo de alcanzar esta meta es de 12.462.000 USD, teniendo un ahorro de 12.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO2e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5.728 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.014 |

Tabla 35: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de medida de ACS duplicada.

7.1.4. Cuadruplicar velocidad reacondicionamiento térmico subsidio

Manteniendo fija una mitigación del 15% de las emisiones al año 2030, se cuadruplica la velocidad de implementación de la medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio, pasando de 3.544 tCO2e al año a 14.218 tCO2e. Ahora se obtiene un beneficio de 17.010.000 USD por alcanzar esta meta, teniendo un ahorro de 29.484.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO2e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RTSub | - | - | 2.013 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 |
| RTCredito | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 36: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio cuadruplicada.

7.1.5. Cuadruplicar velocidad reacondicionamiento térmico crédito

Manteniendo fija una mitigación del 15% de las emisiones al año 2030, se cuadruplica la velocidad de implementación de la medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito blando, pasando de 711 tCO₂e al año a 2.884 tCO₂e. El costo de alcanzar esta meta es de 6.732.000 USD, teniendo un ahorro de 5.742.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 16.298 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 37: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito cuadruplicada.

7.1.6. Cuadruplicar velocidad ACS

Manteniendo fija una mitigación del 15% de las emisiones al año 2030, se cuadruplica la velocidad de implementación de la medida de ACS, pasando de 507 tCO₂e al año a 2.029 tCO₂e. El costo de alcanzar esta meta es de 12.437.000 USD, teniendo un ahorro de 37.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO2e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4.713 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.029 |

Tabla 38: Secuenciación óptima de medidas con meta del 15% y velocidad de medida de SST de ACS cuadruplicada.

7.2. Supuesto: Objetivo fijo en 18% de mitigación.

Del capítulo anterior se tiene que alcanzar las metas con las velocidades de implementación que se registran hasta el momento tiene un costo de 104.930.000 USD.

7.2.1. Duplicar velocidad reacondicionamiento térmico subsidio

Manteniendo fija una mitigación del 18% de las emisiones al año 2030, se duplica la velocidad de implementación de la medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio, pasando de 3.544 tCO2e al año a 7.109 tCO2e. Se tiene un costo de 73.552.000 USD por alcanzar esta meta, teniendo un ahorro de 31.378.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 | 7.109 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | 13.763 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 |

Tabla 39: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio duplicada

7.2.2. Duplicar velocidad reacondicionamiento térmico crédito

Manteniendo fija una mitigación del 18% de las emisiones al año 2030, se duplica la velocidad de implementación de la medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito blando, pasando de 711 tCO₂e al año a 1.422 tCO₂e. El costo de alcanzar esta meta es de 100.250.000 USD, teniendo un ahorro de 4.680.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 | 1.422 |
| OGUC | - | - | - | 13.147 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 |

Tabla 40: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito duplicada.

7.2.3. Duplicar velocidad ACS

Manteniendo fija una mitigación del 18% de las emisiones al año 2030, se duplica la velocidad de implementación de la medida de ACS, pasando de 507 tCO₂e al año a 1.014 tCO₂e. El costo de alcanzar esta meta es de 104.160.000 USD, teniendo un ahorro de 770.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | 19.045 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | 1.014 | 1.014 | 1.014 | 1.014 | 1.014 | 1.014 | 1.014 | 1.014 |

Tabla 41: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de ACS duplicada.

7.2.4. Cuadruplicar velocidad reacondicionamiento térmico subsidio

Manteniendo fija una mitigación del 18% de las emisiones al año 2030, se cuadruplica la velocidad de implementación de la medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio, pasando de 3.544 tCO₂e al año a 14.218 tCO₂e. Se tiene un costo de 24.015.000 USD por alcanzar esta meta, teniendo un ahorro de 80.915.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO2e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 | 14.218 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 15.317 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 507 |

Tabla 42: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio cuadruplicada.

7.2.5. Cuadruplicar velocidad reacondicionamiento térmico crédito

Manteniendo fija una mitigación del 18% de las emisiones al año 2030, se cuadruplica la velocidad de implementación de la medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito blando, pasando de 711 tCO2e al año a 2.884 tCO2e. El costo de alcanzar esta meta es de 91.405.000 USD, teniendo un ahorro de 13.525.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO2e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 | 2.884 |
| OGUC | - | - | - | - | 13.455 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 |

Tabla 43: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito cuadruplicada.

7.2.6. Cuadruplicar velocidad ACS

Manteniendo fija una mitigación del 18% de las emisiones al año 2030, se cuadruplica la velocidad de implementación de la medida de ACS, pasando de 507 tCO₂e al año a 2.029 tCO₂e. El costo de alcanzar esta meta es de 102.880.000 USD, teniendo un ahorro de 2.050.000 USD por este cambio de velocidad.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | 10.925 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | 2.029 | 2.029 | 2.029 | 2.029 | 2.029 | 2.029 | 2.029 | 2.029 |

Tabla 44: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad de medida de ACS cuadruplicada.

7.2.7. Velocidad máxima reacondicionamiento térmico subsidio

Manteniendo fija una mitigación del 18% de las emisiones al año 2030, se aumenta a la velocidad máxima de implementación de la medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio, pasando de 507 tCO₂e al año a 16.822 tCO₂e. El costo de alcanzar esta meta es de 9.547.500 USD, teniendo un ahorro de 95.382.500 USD por llegar a la velocidad máxima.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 | 16.822 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 18.786 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 45: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad máxima de medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio.

7.2.8. Velocidad máxima reacondicionamiento térmico crédito

Manteniendo fija una mitigación del 18% de las emisiones al año 2030, se aumenta a la velocidad máxima de implementación de la medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito, pasando de 711 tCO₂e al año a 32.671 tCO₂e. El costo de alcanzar esta meta es de 28.631.000 USD, teniendo un ahorro de 76.299.000 USD por llegar a la velocidad máxima.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | - | - | - | - | - | - | 5.504 | 32.671 | 32.671 | 32.671 | 32.671 | 32.671 | 32.671 | 32.671 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabla 46: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad máxima de medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito.

7.2.9. Velocidad máxima ACS

Manteniendo fija una mitigación del 18% de las emisiones al año 2030, se aumenta a la velocidad máxima de implementación de la medida de ACS, pasando de 507 tCO₂e al año a 16.362 tCO₂e. El costo de alcanzar esta meta es de 92.595.000 USD, teniendo un ahorro de 12.335.000 USD por llegar a la velocidad máxima.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | 4.474 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 16.362 | 16.362 | 16.362 | 16.362 | 16.362 |

Tabla 47: Secuenciación óptima de medidas con meta del 18% y velocidad máxima de medida de ACS.

7.3. Efecto de medida de información en vez de regulación

7.3.1. Medida de etiquetado de artefactos en vez de MEPS

Manteniendo fija una mitigación del 15% de las emisiones al año 2030, se realiza el cambio de la medida de regulación, MEPS de artefactos, por una de información, etiquetado de artefactos, lo cual significa la reducción de la velocidad de implementación. El costo de alcanzar la meta con este grupo de medidas es de 70.566.000 USD.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO2e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| ETIQ.AM | 31.257 | 31.257 | 31.257 | 31.257 | 31.257 | 31.257 | 31.257 | 31.257 | 31.257 | 31.257 | - | - | - | - |
| ETIQ.REF | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 | 13.052 |
| ETIQ.AC | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| ETIQ.LAV | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 | 2.052 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | 5.525 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 |

Tabla 48: Secuenciación óptima de medidas con meta al 15% y medida de etiquetado de artefactos eléctricos.

En el caso de buscar una meta de mitigación del 18%, se vuelve infactible de alcanzar solo con este grupo de medidas.

7.3.2. Medida de calificación de viviendas en vez de actualización de normativa

Manteniendo fija una mitigación del 15% de las emisiones al año 2030, se realiza el cambio de la medida de regulación, actualización de la normativa térmica, por una de información, calificación de viviendas, lo cual significa la reducción de la velocidad de implementación. El costo de alcanzar la meta con este grupo de medidas es de 15.180.000 USD.

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO ₂ e] | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| Calificación | - | - | - | - | - | - | - | 3.073 | 10.128 | 10.128 | 10.128 | 10.128 | 10.128 | 10.128 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 507 | 507 | 507 | 507 |

Tabla 49: Secuenciación óptima de medidas de mitigación con meta 15% y medida de calificación de viviendas.

En el caso de buscar una meta de mitigación del 18%, se vuelve infactible de alcanzar solo con este grupo de medidas.

7.4. Análisis de la sensibilización

En la siguiente tabla se resumen los ahorros monetarios (en USD) percibidos debido a las acciones de duplicación y cuadruplicación de velocidad de implementación, y velocidad máxima de implementación de cada medida, para las metas de mitigación de 15% y 18%.

| | Ahorro v*2 [USD] | Ahorro v*4 [USD] |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| RT subsidio | 18.724.000 | 29.484.000 |
| RT crédito | 2.056.000 | 5.742.000 |
| ACS | 12.000 | 37.000 |

Tabla 50: Ahorros por duplicación y cuadruplicación de implementación, meta 15%.

| | Ahorro v*2 [USD] | Ahorro v*4 [USD] | Ahorro vmax [USD] |
|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| RT subsidio | 31.378.000 | 80.915.000 | 95.382.500 |
| RT crédito | 4.680.000 | 13.525.000 | 76.299.000 |
| ACS | 770.000 | 2.050.000 | 12.335.000 |

Tabla 51: Ahorros por duplicación, cuadruplicación y velocidad máxima de implementación, meta 18%.

A partir de los datos de la Tabla 50 y la Tabla 51, se calcula el porcentaje que significa este ahorro monetario con respecto al costo original de implementación. En el siguiente gráfico se presentan los porcentajes de ahorro monetario de cada análisis de sensibilidad (duplicación, cuadruplicación y velocidad máxima de las medidas reacondicionamiento térmico subsidio, reacondicionamiento térmico crédito y ACS) para los dos escenarios de meta de mitigación escogidos (15% y 18%).

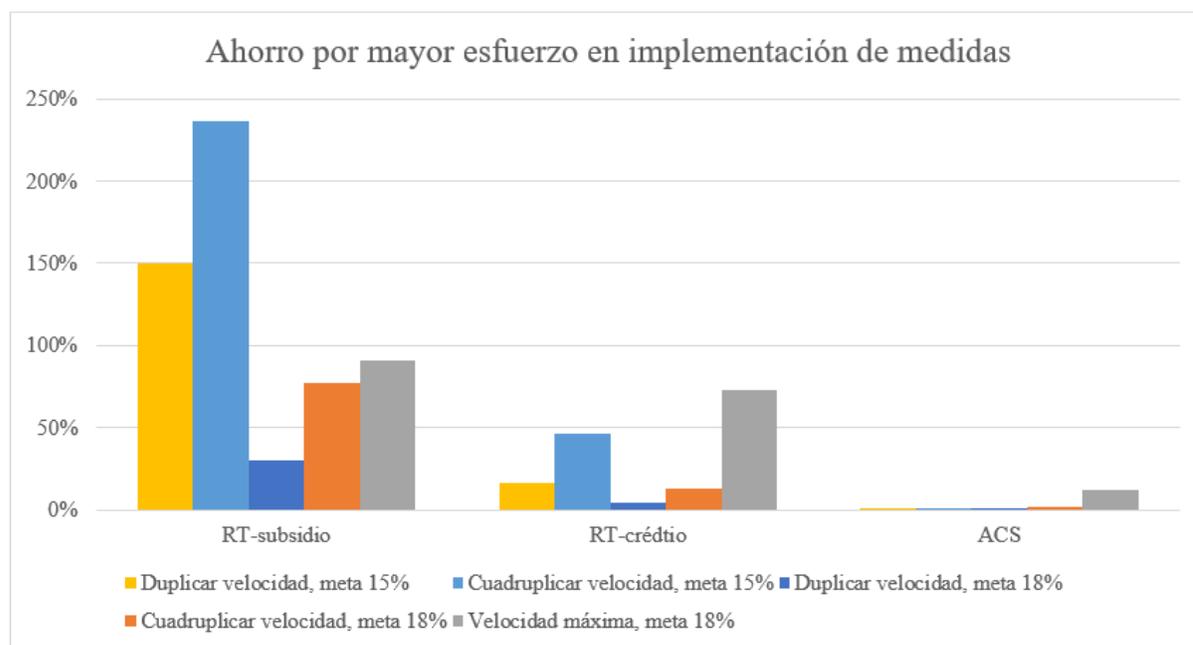


Ilustración 13: Gráfico comparativo del ahorro porcentual dado una variación en la velocidad de implementación de las medidas de reacondicionamiento térmico mediante subsidio y crédito, y la medida de ACS.

De la Ilustración 13 se puede apreciar que realizar esfuerzos en la medida de reacondicionamiento térmico mediante subsidio trae un mayor ahorro. Incluso, en el caso de tener una meta intermedia (15%), logra mantener un beneficio en vez de un costo.

Se ve que para la medida de reacondicionamiento térmico mediante crédito el duplicar y cuadruplicar la velocidad de mitigación produce ahorros significativos, pero menores a los logrados con la medida de subsidio. Pero dado que esta tiene un mayor potencial de mitigación, tiene un mayor margen de aumento de velocidad.

En el caso de la medida de SST para ACS se observa que, a pesar de incorporar la medida en su totalidad, el ahorro monetario percibido es bastante inferior. Esta medida, a pesar de tener un gran potencial, es muy costosa.

Con respecto a la sensibilización correspondiente a el cambio de medidas de regulación por medidas de información se tiene que originalmente el costo en el escenario de meta 15% es de 12.474.000 USD y en el caso de meta 18% es de 104.930.000 USD. Los costos asociados al cambio de medida se presentan en la siguiente tabla.

| Medida | Costo meta 15% [USD] | Costo meta 18% [USD] |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Etiquetado de artefactos | 70.566.000 | INFACTIBLE ⁷ |
| Calificación de viviendas | 15.180.000 | INFACTIBLE |

Tabla 52: Costo de cambio de medidas de regulación por medidas de información.

Este cambio, especialmente el de MEPS por etiquetado de artefactos, encarece significativamente alcanzar una meta de esfuerzo intermedio y vuelve imposible de alcanzar una meta ambiciosa.

⁷ Que el modelo arroje que es infactible significa que no se logra alcanzar la meta fijada con ese grupo de medidas y con esas velocidades.

8. Conclusión

Chile tiene un gran desafío del que hacerse cargo, ya que se ha comprometido a alcanzar una reducción de emisiones de GEI bastante ambiciosa. Para esto, debe contar con la información necesaria para tomar las decisiones correctas.

En el presente documento, se construyen curvas de costo marginal de abatimiento de GEI para el sector residencial para un subconjunto representativo de medidas, correctamente caracterizadas, cumpliéndose con los objetivos específicos 1, 2 y 3. Estas curvas buscan asesorar a los creadores de políticas de mitigación sobre qué políticas conviene incorporar. Pero dejan fuera varios temas relevantes para la toma de decisiones estratégicas, conduciéndose a soluciones sub-óptimas.

La revisión de los resultados obtenidos de la implementación del modelo y de su sensibilización permite confirmar la hipótesis de que la implementación de un modelo de optimización lineal, como el presentado por Vogt-Schilb y Hallegatte, permite hallar la secuenciación óptima de medidas de mitigación y se presenta como una herramienta útil para asesorar a los Ministerios de Energía y del Medio Ambiente en el diseño de la política de cambio climático.

En primer lugar, las curvas de costo marginal de abatimiento de GEI normalmente no incorporan el tiempo que toma implementar cierta medida de mitigación, dejando sin responder a la pregunta de “cuándo comenzar a implementar”. Cada medida tiene una velocidad de implementación, relacionada con diversos temas, como por ejemplo de recambio propio del parque, presupuestarios, avances tecnológicos, entre otros. Es muy importante tener presente esta velocidad, ya que ciertas medidas que son más costosas podrían ser dejadas para el final, siendo luego imposible implementarlas al nivel necesario en tan corto tiempo.

Alineado con lo anterior, cuando se piensa en el largo plazo es muy importante tener presente el “cuándo comenzar”, ya que en escenarios más de corto plazo puede ser irrelevante pensar en esas medidas con mayor potencial de mitigación y más costo. Pero si se quiere alcanzar objetivos más ambiciosos en el futuro, estos podrían no lograrse dado no considerar las medidas que están al final de la curva de abatimiento. A partir de esto y de lo mencionado en el párrafo anterior, se puede concluir que no necesariamente el orden de mérito es óptimo y que mediante la herramienta propuesta que extiende las curvas de abatimiento, se puede conseguir la secuenciación óptima de medidas de mitigación.

Sumado a lo antes mencionado, el diseño de la política se debe replantear cada cierto tiempo, por lo cual contar con herramientas que automaticen la decisión de cuándo implementar o en la cual se visualicen dónde poner los esfuerzos de mitigación, se vuelve necesario. La utilidad que entrega este modelo es largo plazo, pudiendo apoyar a los tomadores de decisiones tanto actualmente como en decisiones futuras.

Por otro lado, la implementación del modelo para el sector residencial permitió contrastar las medidas de regulación con las de información. Estas últimas por si solas pueden retrasar significativamente el alcanzar ciertas metas. Pero, sobre todo, vuelven más caro el proceso, especialmente en aquellas medidas que trae beneficios implementarlas. Se puede concluir que estas medidas deben ser utilizadas como impulso para concretar medidas de regulación, de modo de

complementen a las medidas de regulación y faciliten alcanzar lo antes posible la implementación total de la medida, pero no debiesen buscar alcanzar la máxima mitigación por si solas.

Además, la sensibilización de velocidades del modelo permite identificar las medidas en las que hay que fijar los esfuerzos. Por ejemplo, en el caso estudiado se puede apreciar que, si se desea alcanzar un esfuerzo más ambicioso, se deben colocar los esfuerzos en medidas de reacondicionamiento térmico, por sobre las medidas de actualización de la normativa térmica y ACS.

De todos modos, cabe destacar que las curvas de costo marginal de abatimiento tienen sus limitaciones y deficiencias, por lo cual se recomienda tener las siguientes consideraciones: En primer lugar, las medidas con costo de implementación negativo no están del todo correctamente abordadas en este modelo, debido a que falta la consideración de fallas y barreras de mercado, lo que se puede traducir en mayores tiempos o incluso costos de implementación. Segundo, se debe tener la mayor transparencia posible con respecto a los supuestos utilizados en la construcción de la curva, de modo de no inducir a los responsables políticos a la búsqueda de una cartera de políticas inaplicable o inalcanzable, lo cual se realiza en este trabajo, declarando todos los supuestos utilizados.

Por lo tanto, se recomienda que no se utilice esta herramienta como una ayuda exclusiva para la toma de decisiones para clasificar las políticas de reducción, sino que también se complemente con el correcto análisis por parte de expertos. De esta forma se obtiene la objetividad, por parte de un modelo matemático, y la mejor aproximación a la realidad, por parte del criterio de expertos.

8.1. Trabajos futuros

El modelo de optimización implementado considera una velocidad de implementación constante. Pero en la realidad esta velocidad puede ir variando en el tiempo, sobre todo para aquellas medidas que su velocidad queda definida por el parque. Se propone para trabajos futuros la extensión del modelo de optimización, incluyendo la posibilidad de variación de la velocidad de implementación en el tiempo.

Por otro lado, el costo también se asumió constante en el tiempo, pero al igual que con la velocidad de implementación, este puede depender del periodo en que se encuentra. De esta manera, se pueden incorporar temas relacionados con adopción de tecnologías y curvas de aprendizaje.

Además, se sugiere la implementación del modelo en otros sectores y subsectores relevantes de Chile, con el fin de poder comprender el real impacto y aporte que tiene el desarrollo de un modelo de este tipo como herramienta para asesorar la toma de decisiones en el diseño de la política de cambio climático de Chile.

Como se mencionó en los alcances, el objetivo de esta memoria no es cuestionar los supuestos planteados en la “Propuesta de Plan de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero para el Sector Energía” del Ministerio de Energía, pero en trabajos futuros se podría revisar y validar ciertos supuestos. Principalmente, validar el supuesto de la medida de etiquetado de artefactos eléctricos y comprobar cuánta gente efectivamente cambia su decisión debido al etiquetado.

También, tener en cuenta que las medidas de eficiencia energética toman el supuesto de que una vez adquirida la tecnología más eficiente, las personas seguirán consumiendo lo mismo. Pero esto no siempre es así y existen casos en que, dado la disminución del precio percibido, las personas aumentan su consumo. Esto también ocurre con la calefacción, en donde el supuesto es que las personas disminuyen su consumo debido a una mayor eficiencia de la aislación térmica. Pero lo que ocurre en muchos casos es que aquellos que reacondicionan su casa siguen consumiendo la misma cantidad de calefacción, pero ahora alcanzando mayores temperaturas.

Por último, para hacer frente a algunas de las limitantes de las curvas de abatimiento existen diversos documentos que buscan remediar éstas. En trabajos futuros se puede corregir el tema de los costos de abatimiento negativos, para lo cual se puede revisar el documento “Use of McKinsey abatement cost curves for climate economics modeling” (F. Ackerman, R. Bueno, 2011), el cual presenta una manera innovadora para hacerse cargo de las controversias con respecto las medidas con costo de abatimiento negativos. Con respecto a la incorporación de la incertidumbre, existe una gran cantidad de literatura sobre el tema, por lo cual trabajos futuros pueden investigar la información existente, de modo de mejorar la capacidad de predicción del modelo tratado en este trabajo de título.

9. Glosario

AC: Aire Acondicionado

ACS: Agua Caliente Sanitaria

CH4: Metano

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CO2: Dióxido de Carbono

CO2e: Dióxido de Carbono equivalente

COP: Conferencia de las Partes.

CPR: (Sector) Comercial, Público y Residencial

EE: Eficiencia Energética

FRC: Factor de Recuperación del Capital

GEI: Gases Efecto Invernadero

GLP: Gas Licuado del Petróleo

GN: Gas Natural

INDC: *Intended Nationally Determined Contributions*

kWh: kilo vatio-hora

MEPS: Estándares Mínimos de Eficiencia Energética

NO2: Dióxido de Nitrógeno

OGUC: Ordenanza General de Urbanismo y Construcción

PMR: Partnership For Market Readiness (Alianza de Preparación para los Mercados de Carbono, PMR por sus siglas en inglés)

RT: Reacondicionamiento Térmico

SIC: Sistema Interconectado Central

SING: Sistema Interconectado del Norte Grande (Sistema de las Regiones I, II y XV)

SST: Sistema Solar Térmico

TJ: Tera Julio

10. Bibliografía

- [1] «Organización de las Naciones Unidas (ONU),» 2015. [En línea]. Available: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2>. [Último acceso: 15 11 2016].
- [2] «Organización Meteorológica Mundial,» 2016. [En línea]. Available: <http://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/declaraci%C3%B3n-provisional-de-la-omm-sobre-el-estado-del-clima-mundial-en> . [Último acceso: 15 11 2016].
- [3] «United Nations Framework Convention on Climate Change,» 2015. [En línea]. Available: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/items/6196.php. [Último acceso: 15 11 2016].
- [4] «Oficina de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente,» 2016. [En línea]. Available: <http://lowemissiondevelopment.org/lecbp/countries/chile/>. [Último acceso: 17 11 2016].
- [5] «Mitigation Action Plans and Scenarios (MAPS) Chile, Resultados Fase 2,» 2014. [En línea]. Available: http://www.mapschile.cl/files/resumen_MAPSChile_Fase2_102014.pdf. [Último acceso: 03 04 2017].
- [6] M. d. Energía, «www.energia.gob.cl,» 2014. [En línea]. Available: http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/agenda_de_energia_-_resumen_en_espanol.pdf. [Último acceso: 9 8 2017].
- [7] «Food and Agriculture Organization of the United Nations,» 2012. [En línea]. Available: http://www.fao.org/docs/up/easypol/906/ex-act_MACC_116EN.pdf. [Último acceso: 03 04 2017].
- [8] A. Vogt-Schilb y S. Hallegatte, *Marginal abatement cost curves and the optimal timing of mitigation measures.*, 2014.
- [9] A. Vogt-Schilb, S. Hallegatte y C. De Gouvello, *Marginal Abatement Cost Curves and Quality of Emission Reductions: A Case Study on Brazil.*, 2014.
- [10] M. d. M. Ambiente, «<http://unfccc.int>,» 2016. [En línea]. Available: http://unfccc.int/focus/long-term_strategies/items/9971.php. [Último acceso: 14 08 2017].
- [11] M. Fay, S. Hallegatte, A. Vogt-Schilb, J. Rozenberg, U. Narloch y T. Kerr, «Decarbonizing Development : Three Steps to a Zero-Carbon Future,» 06 2015. [En línea]. Available: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/21842>. [Último acceso: 14 08 2017].
- [12] F. K. A. Z. S. U. E. I. - Paul Ekins, *Marginal Abatement Cost Curves: A call for caution*, 2011, p. 37.
- [13] P. Román, «Universidad de Granada,» [En línea]. Available: www.ugr.es/~proman/PPS/Tema1alumnos_dinamica.pps. [Último acceso: 14 08 2017].

- [14] *. ,. P. D. ,. P. A. L. Doyena, «Optimal timing of CO2 mitigation policies for a cost-effectiveness model,» 10 11 2007. [En línea]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895717707003688>. [Último acceso: 14 08 2017].
- [15] M. Goic, *Programación Dinámica*, Santiago, 2008.
- [16] C. V. A. V. M. Dimitra Spyridi, «Strategic planning for climate change mitigation and adaptation: The case of Greece,» 08 2015. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/281807285_Strategic_planning_for_climate_change_mitigation_and_adaptation_The_case_of_Greece. [Último acceso: 14 08 2017].
- [17] «Ministerio de Medio Ambiente,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.mma.gob.cl/1304/w3-article-45716.html>. [Último acceso: 18 11 2016].
- [18] «Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC),» 2007. [En línea]. Available: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-spm-sp.pdf>. [Último acceso: 17 11 2016].
- [19] «Ministerio de Medio Ambiente,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.mma.gob.cl/1304/w3-article-54793.html>. [Último acceso: 18 11 2016].
- [20] «Ingeniería Industrial, Herramientas para el ingeniero,» [En línea]. Available: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/programaci%C3%B3n-lineal/>. [Último acceso: 20 11 2016].
- [21] J. Clerc, M. Díaz y B. Campos, «Desarrollo de una metodología para la construcción de curvas de abatimiento de emisiones de GEI incorporando la incertidumbre asociada a las principales variables de mitigación.,» 2013.
- [22] M. d. D. Social, «sitio.gorebiobio.cl,» [En línea]. Available: <http://sitio.gorebiobio.cl/wp-content/uploads/2015/05/Precios-Sociales-Vigentes-2016-10mar.pdf>. [Último acceso: 07 04 2017].
- [23] M. d. Energía, «<http://huelladecarbono.minenergia.cl>,» [En línea]. Available: <http://huelladecarbono.minenergia.cl/limites-oper>. [Último acceso: 10 junio 2017].
- [24] M. d. V. y. Urbanismo, *MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS EN CHILE*, 2016.
- [25] M. d. Energía, «Documento de soporte de la modelación de escenarios del plan de mitigación,» 2015.
- [26] «Informe Final Sector Comercial, Público y Residencial (MAPS Chile),» 2014. [En línea]. Available: http://www.mapschile.cl/files/2015/Informe_Final_Sector_CPR.pdf. [Último acceso: 04 05 2017].

- [27] W. Tobón, «Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO),» 04 2013. [En línea]. Available: <http://www.recibio.net/wp-content/uploads/2012/11/AnalisisMulticriterio-Wolke.pdf>. [Último acceso: 14 08 2017].

11. Anexos

Anexo A: Proyección de viviendas por tipología

| Región | | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|--------------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| I | Casa | 76.619 | 78.248 | 79.959 | 81.898 | 83.859 | 85.880 | 87.080 | 88.254 |
| | Depto | 15.238 | 16.016 | 16.875 | 17.691 | 18.602 | 19.535 | 20.139 | 20.745 |
| II | Casa | 138.311 | 138.868 | 139.561 | 140.491 | 141.253 | 141.763 | 142.579 | 143.363 |
| | Depto | 18.610 | 20.765 | 23.030 | 25.332 | 27.957 | 30.925 | 33.065 | 35.197 |
| III | Casa | 76.721 | 77.178 | 77.636 | 78.145 | 78.757 | 79.293 | 79.765 | 80.270 |
| | Depto | 4.560 | 5.397 | 6.352 | 7.395 | 8.408 | 9.539 | 10.588 | 11.583 |
| IV | Casa | 210.293 | 212.500 | 214.742 | 217.409 | 220.183 | 222.896 | 225.309 | 227.424 |
| | Depto | 6.658 | 8.279 | 10.216 | 12.124 | 14.156 | 16.399 | 18.080 | 20.008 |
| V | Casa | 501.888 | 505.150 | 509.104 | 513.319 | 517.647 | 522.664 | 527.901 | 532.806 |
| | Depto | 77.588 | 81.176 | 84.991 | 89.579 | 94.640 | 99.380 | 104.787 | 110.390 |
| VI | Casa | 257.959 | 260.986 | 264.417 | 268.294 | 272.390 | 276.632 | 281.535 | 286.443 |
| | Depto | 24.420 | 24.565 | 24.730 | 24.927 | 25.159 | 25.393 | 25.658 | 25.852 |
| VII | Casa | 327.269 | 330.279 | 333.883 | 338.080 | 342.551 | 347.314 | 353.148 | 358.793 |
| | Depto | 7.183 | 7.339 | 7.448 | 7.572 | 7.758 | 7.846 | 8.089 | 8.444 |
| VIII | Casa | 589.081 | 593.239 | 597.973 | 603.144 | 608.876 | 615.401 | 623.298 | 631.084 |
| | Depto | 35.910 | 37.299 | 39.059 | 41.440 | 43.824 | 45.738 | 49.154 | 52.536 |
| IX | Casa | 298.703 | 301.048 | 303.772 | 306.899 | 310.378 | 314.154 | 318.835 | 323.685 |
| | Depto | 7.313 | 7.622 | 8.031 | 8.568 | 9.040 | 9.386 | 10.241 | 10.856 |
| X | Casa | 265.929 | 268.439 | 271.318 | 274.598 | 278.086 | 281.683 | 286.141 | 290.513 |
| | Depto | 4.468 | 4.664 | 4.902 | 5.193 | 5.522 | 5.882 | 6.345 | 6.830 |
| XI | Casa | 33.428 | 33.792 | 34.205 | 34.672 | 35.168 | 35.681 | 36.239 | 36.786 |
| | Depto | 460 | 488 | 522 | 563 | 611 | 665 | 728 | 795 |
| XII | Casa | 46.586 | 46.787 | 47.026 | 47.317 | 47.632 | 47.950 | 48.387 | 48.813 |
| | Depto | 1.448 | 1.622 | 1.831 | 2.067 | 2.323 | 2.601 | 3.029 | 3.456 |
| XIII | Casa | 1.613.174 | 1.622.559 | 1.632.690 | 1.645.135 | 1.657.338 | 1.668.914 | 1.682.320 | 1.695.109 |
| | Depto | 594.958 | 616.596 | 641.049 | 667.204 | 695.912 | 726.722 | 754.308 | 781.986 |
| XIV | Casa | 117.812 | 118.914 | 120.198 | 121.472 | 123.135 | 124.869 | 126.797 | 128.784 |
| | Depto | 2.667 | 2.713 | 2.767 | 3.041 | 3.041 | 3.041 | 3.302 | 3.474 |
| XV | Casa | 48.128 | 48.546 | 49.002 | 49.519 | 49.936 | 50.478 | 50.950 | 51.424 |
| | Depto | 4.187 | 4.778 | 5.416 | 6.093 | 6.929 | 7.678 | 8.201 | 8.710 |
| Total | | 5.407.570 | 5.475.852 | 5.552.704 | 5.639.181 | 5.731.072 | 5.826.301 | 5.925.997 | 6.024.415 |

| Región | | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---------------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| I | Casa | 89.530 | 90.684 | 91.731 | 92.908 | 94.064 | 95.187 | 96.329 | 97.457 |
| | Depto | 21.224 | 21.794 | 22.440 | 22.953 | 23.485 | 24.045 | 24.580 | 25.123 |
| II | Casa | 143.974 | 144.705 | 145.317 | 146.028 | 146.716 | 147.323 | 148.021 | 148.754 |
| | Depto | 37.461 | 39.556 | 41.716 | 43.774 | 45.850 | 48.000 | 50.050 | 52.054 |
| III | Casa | 80.771 | 81.264 | 81.720 | 82.208 | 82.702 | 83.189 | 83.654 | 84.144 |
| | Depto | 12.561 | 13.521 | 14.491 | 15.429 | 16.356 | 17.288 | 18.236 | 19.154 |
| IV | Casa | 229.732 | 232.058 | 234.164 | 236.382 | 238.588 | 240.746 | 242.921 | 245.119 |
| | Depto | 21.682 | 23.273 | 25.007 | 26.627 | 28.251 | 29.913 | 31.547 | 33.141 |
| V | Casa | 538.023 | 543.061 | 547.852 | 552.851 | 557.632 | 562.546 | 567.512 | 572.218 |
| | Depto | 115.526 | 120.667 | 125.862 | 130.837 | 136.013 | 141.030 | 145.963 | 151.115 |
| VI | Casa | 291.289 | 295.952 | 300.580 | 305.241 | 309.853 | 314.472 | 319.059 | 323.628 |
| | Depto | 26.033 | 26.312 | 26.532 | 26.714 | 26.937 | 27.139 | 27.359 | 27.577 |
| VII | Casa | 364.317 | 370.128 | 375.814 | 381.509 | 387.068 | 392.603 | 398.217 | 403.754 |
| | Depto | 8.831 | 8.831 | 8.847 | 8.847 | 8.973 | 9.108 | 9.145 | 9.238 |
| VIII | Casa | 639.398 | 646.998 | 654.773 | 662.413 | 670.012 | 677.856 | 685.435 | 692.826 |
| | Depto | 55.226 | 58.444 | 61.283 | 64.245 | 67.228 | 69.939 | 72.880 | 75.969 |
| IX | Casa | 328.495 | 333.011 | 337.691 | 342.280 | 346.850 | 351.455 | 355.958 | 360.438 |
| | Depto | 11.431 | 12.209 | 12.723 | 13.323 | 13.931 | 14.491 | 15.136 | 15.785 |
| X | Casa | 294.786 | 299.050 | 303.236 | 307.456 | 311.665 | 315.856 | 320.026 | 324.173 |
| | Depto | 7.343 | 7.785 | 8.215 | 8.607 | 9.001 | 9.401 | 9.807 | 10.217 |
| XI | Casa | 37.323 | 37.874 | 38.415 | 38.953 | 39.486 | 40.017 | 40.545 | 41.070 |
| | Depto | 863 | 907 | 950 | 995 | 1.043 | 1.093 | 1.143 | 1.194 |
| XII | Casa | 49.311 | 49.763 | 50.135 | 50.579 | 51.015 | 51.440 | 51.871 | 52.295 |
| | Depto | 3.799 | 4.174 | 4.615 | 4.981 | 5.354 | 5.736 | 6.109 | 6.487 |
| XIII | Casa | 1.706.996 | 1.718.760 | 1.729.765 | 1.741.709 | 1.753.579 | 1.764.863 | 1.776.536 | 1.788.444 |
| | Depto | 809.971 | 837.409 | 864.860 | 891.333 | 917.809 | 944.769 | 971.218 | 997.280 |
| XIV | Casa | 130.819 | 132.827 | 134.875 | 136.813 | 138.793 | 140.835 | 142.710 | 144.630 |
| | Depto | 3.569 | 3.654 | 3.659 | 3.772 | 3.840 | 3.840 | 4.000 | 4.107 |
| XV | Casa | 51.775 | 52.071 | 52.487 | 52.876 | 53.257 | 53.622 | 54.006 | 54.379 |
| | Depto | 9.326 | 9.982 | 10.500 | 11.043 | 11.593 | 12.157 | 12.698 | 13.247 |
| Total | | 6.121.385 | 6.216.725 | 6.310.253 | 6.403.685 | 6.496.944 | 6.589.957 | 6.682.670 | 6.775.015 |

Anexo B: Consumo Unitario Real de Calefacción y Penetración

Consumo Unitario Real de Calefacción (kWh/viv)

| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Región I Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 187 | 199 | 213 | 229 | 247 | 267 | 289 | 312 | 336 | 361 | 386 | 407 | 430 | 455 | 480 |
| GN | 846 | 857 | 869 | 882 | 896 | 912 | 928 | 945 | 963 | 980 | 996 | 1000 | 1005 | 1010 | 1016 |
| Kero | 1067 | 1078 | 1090 | 1102 | 1115 | 1129 | 1144 | 1159 | 1174 | 1189 | 1202 | 1200 | 1199 | 1197 | 1197 |
| Elec | 365 | 373 | 381 | 389 | 399 | 410 | 422 | 434 | 446 | 459 | 471 | 478 | 486 | 494 | 502 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región I casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 2016 | 2015 | 2018 | 2028 | 2042 | 2064 | 2090 | 2118 | 2150 | 2184 | 2220 | 2260 | 2304 | 2350 | 2399 |
| GLP | 231 | 265 | 304 | 350 | 401 | 458 | 520 | 584 | 651 | 722 | 792 | 857 | 924 | 995 | 1068 |
| GN | 891 | 924 | 963 | 1006 | 1054 | 1106 | 1163 | 1221 | 1282 | 1345 | 1406 | 1452 | 1501 | 1552 | 1606 |
| Kero | 1113 | 1147 | 1185 | 1227 | 1274 | 1325 | 1380 | 1436 | 1494 | 1555 | 1612 | 1653 | 1696 | 1740 | 1787 |
| Elec | 393 | 414 | 438 | 466 | 497 | 531 | 567 | 605 | 645 | 686 | 726 | 760 | 795 | 832 | 870 |
| Pel | 1645 | 1658 | 1674 | 1694 | 1718 | 1747 | 1779 | 1812 | 1849 | 1887 | 1927 | 1970 | 2017 | 2065 | 2116 |
| Región II Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 274 | 285 | 297 | 312 | 329 | 347 | 368 | 389 | 411 | 434 | 457 | 476 | 495 | 516 | 537 |
| GN | 886 | 895 | 905 | 916 | 928 | 942 | 957 | 972 | 989 | 1005 | 1019 | 1022 | 1025 | 1028 | 1032 |
| Kero | 924 | 933 | 943 | 954 | 965 | 979 | 994 | 1009 | 1024 | 1041 | 1054 | 1056 | 1058 | 1060 | 1063 |
| Elec | 319 | 325 | 333 | 341 | 350 | 361 | 372 | 384 | 396 | 409 | 422 | 429 | 437 | 446 | 455 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región II Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 2029 | 2032 | 2040 | 2054 | 2073 | 2094 | 2121 | 2150 | 2181 | 2216 | 2252 | 2292 | 2334 | 2379 | 2426 |
| GLP | 321 | 354 | 392 | 438 | 488 | 544 | 604 | 667 | 732 | 801 | 869 | 931 | 994 | 1061 | 1130 |
| GN | 943 | 977 | 1016 | 1060 | 1109 | 1161 | 1216 | 1275 | 1335 | 1397 | 1456 | 1501 | 1548 | 1597 | 1649 |
| Kero | 981 | 1016 | 1055 | 1099 | 1147 | 1199 | 1255 | 1312 | 1372 | 1434 | 1493 | 1537 | 1583 | 1631 | 1681 |
| Elec | 351 | 372 | 396 | 424 | 455 | 489 | 525 | 564 | 603 | 644 | 685 | 719 | 755 | 793 | 831 |
| Pel | 1650 | 1665 | 1684 | 1706 | 1733 | 1761 | 1794 | 1828 | 1865 | 1903 | 1944 | 1987 | 2032 | 2080 | 2130 |
| Región III Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 212 | 223 | 235 | 250 | 267 | 286 | 307 | 328 | 351 | 375 | 398 | 418 | 439 | 461 | 484 |
| GN | 815 | 822 | 831 | 843 | 855 | 870 | 885 | 901 | 918 | 935 | 950 | 955 | 960 | 965 | 971 |
| Kero | 1568 | 1575 | 1585 | 1597 | 1611 | 1626 | 1642 | 1659 | 1677 | 1695 | 1708 | 1702 | 1696 | 1690 | 1684 |
| Elec | 351 | 357 | 363 | 371 | 380 | 390 | 401 | 413 | 425 | 437 | 449 | 456 | 463 | 471 | 479 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región III Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 2028 | 2031 | 2039 | 2051 | 2069 | 2091 | 2117 | 2146 | 2177 | 2211 | 2247 | 2287 | 2329 | 2373 | 2420 |
| GLP | 260 | 293 | 332 | 377 | 428 | 483 | 544 | 607 | 673 | 742 | 811 | 873 | 939 | 1006 | 1077 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| GN | 878 | 912 | 951 | 995 | 1043 | 1095 | 1152 | 1210 | 1270 | 1333 | 1393 | 1440 | 1488 | 1539 | 1591 |
| Kero | 1641 | 1677 | 1717 | 1759 | 1805 | 1853 | 1903 | 1955 | 2009 | 2063 | 2113 | 2140 | 2167 | 2197 | 2227 |
| Elec | 387 | 408 | 432 | 460 | 491 | 524 | 560 | 598 | 637 | 678 | 718 | 751 | 786 | 822 | 860 |
| Pel | 1650 | 1665 | 1683 | 1705 | 1731 | 1760 | 1792 | 1826 | 1862 | 1900 | 1941 | 1984 | 2029 | 2076 | 2126 |
| Región IV Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 293 | 303 | 315 | 329 | 346 | 364 | 384 | 405 | 427 | 449 | 472 | 490 | 509 | 528 | 549 |
| GN | 643 | 650 | 661 | 673 | 687 | 703 | 720 | 738 | 756 | 775 | 793 | 802 | 812 | 822 | 832 |
| Kero | 887 | 893 | 902 | 913 | 925 | 940 | 954 | 970 | 986 | 1003 | 1017 | 1020 | 1023 | 1027 | 1030 |
| Elec | 292 | 297 | 304 | 313 | 322 | 333 | 345 | 357 | 369 | 382 | 395 | 403 | 412 | 422 | 431 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región IV Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 2024 | 2026 | 2032 | 2044 | 2060 | 2081 | 2106 | 2134 | 2165 | 2198 | 2234 | 2272 | 2314 | 2358 | 2404 |
| GLP | 345 | 377 | 416 | 461 | 511 | 565 | 625 | 687 | 752 | 819 | 887 | 946 | 1009 | 1073 | 1141 |
| GN | 705 | 739 | 777 | 821 | 870 | 923 | 980 | 1039 | 1101 | 1165 | 1228 | 1278 | 1331 | 1386 | 1444 |
| Kero | 957 | 991 | 1030 | 1073 | 1121 | 1172 | 1227 | 1285 | 1344 | 1405 | 1464 | 1508 | 1554 | 1602 | 1653 |
| Elec | 328 | 349 | 373 | 400 | 431 | 465 | 501 | 540 | 579 | 620 | 661 | 696 | 732 | 769 | 809 |
| Pel | 1648 | 1662 | 1680 | 1701 | 1726 | 1754 | 1786 | 1820 | 1855 | 1893 | 1933 | 1975 | 2020 | 2067 | 2116 |
| Región V Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 375 | 404 | 438 | 478 | 522 | 571 | 625 | 681 | 740 | 801 | 863 | 917 | 974 | 1034 | 1096 |
| GN | 1103 | 1132 | 1165 | 1202 | 1243 | 1287 | 1335 | 1384 | 1436 | 1490 | 1541 | 1576 | 1613 | 1653 | 1693 |
| Kero | 792 | 822 | 855 | 893 | 936 | 982 | 1032 | 1084 | 1139 | 1196 | 1252 | 1295 | 1341 | 1389 | 1439 |
| Elec | 254 | 272 | 294 | 318 | 346 | 377 | 410 | 445 | 481 | 520 | 558 | 591 | 626 | 663 | 701 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región V Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 4874 | 4876 | 4889 | 4917 | 4953 | 4999 | 5057 | 5120 | 5190 | 5267 | 5350 | 5442 | 5539 | 5642 | 5752 |
| GLP | 476 | 554 | 646 | 755 | 877 | 1009 | 1155 | 1307 | 1466 | 1631 | 1798 | 1951 | 2110 | 2275 | 2448 |
| GN | 1206 | 1284 | 1376 | 1483 | 1601 | 1729 | 1869 | 2014 | 2165 | 2323 | 2478 | 2612 | 2751 | 2895 | 3046 |
| Kero | 895 | 973 | 1065 | 1173 | 1292 | 1422 | 1564 | 1712 | 1867 | 2028 | 2188 | 2330 | 2478 | 2631 | 2791 |
| Elec | 318 | 366 | 424 | 492 | 568 | 651 | 741 | 836 | 935 | 1038 | 1142 | 1237 | 1336 | 1439 | 1546 |
| Pel | 3965 | 3998 | 4038 | 4088 | 4146 | 4210 | 4283 | 4361 | 4444 | 4532 | 4626 | 4726 | 4832 | 4943 | 5060 |
| Región VI Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 1180 | 1237 | 1303 | 1379 | 1464 | 1555 | 1655 | 1759 | 1868 | 1981 | 2093 | 2185 | 2282 | 2382 | 2487 |
| GN | 1382 | 1440 | 1505 | 1581 | 1664 | 1754 | 1852 | 1955 | 2061 | 2172 | 2282 | 2368 | 2459 | 2554 | 2653 |
| Kero | 1003 | 1059 | 1125 | 1202 | 1287 | 1380 | 1481 | 1587 | 1697 | 1812 | 1927 | 2024 | 2125 | 2231 | 2341 |
| Elec | 431 | 466 | 507 | 556 | 610 | 669 | 734 | 802 | 873 | 947 | 1021 | 1087 | 1156 | 1227 | 1302 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región VI Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 5269 | 5310 | 5367 | 5446 | 5539 | 5643 | 5763 | 5889 | 6024 | 6167 | 6316 | 6476 | 6644 | 6821 | 7007 |
| GLP | 1314 | 1432 | 1570 | 1731 | 1907 | 2096 | 2301 | 2513 | 2732 | 2958 | 3181 | 3375 | 3576 | 3785 | 4001 |
| GN | 1515 | 1633 | 1771 | 1930 | 2105 | 2293 | 2495 | 2705 | 2922 | 3145 | 3365 | 3553 | 3749 | 3951 | 4162 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Kero | 1137 | 1255 | 1394 | 1555 | 1733 | 1924 | 2130 | 2344 | 2565 | 2793 | 3020 | 3218 | 3424 | 3638 | 3860 |
| Elec | 515 | 590 | 677 | 778 | 891 | 1012 | 1143 | 1279 | 1419 | 1564 | 1709 | 1839 | 1973 | 2112 | 2257 |
| Pel | 4278 | 4340 | 4416 | 4509 | 4614 | 4728 | 4854 | 4987 | 5127 | 5272 | 5424 | 5586 | 5755 | 5932 | 6117 |
| Región VII Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 844 | 912 | 992 | 1085 | 1190 | 1302 | 1422 | 1548 | 1687 | 1831 | 1977 | 2103 | 2234 | 2373 | 2517 |
| GN | 1384 | 1452 | 1530 | 1620 | 1723 | 1830 | 1944 | 2064 | 2197 | 2336 | 2474 | 2586 | 2702 | 2826 | 2954 |
| Kero | 942 | 1010 | 1089 | 1182 | 1286 | 1397 | 1517 | 1641 | 1779 | 1923 | 2067 | 2190 | 2319 | 2455 | 2596 |
| Elec | 530 | 573 | 623 | 680 | 746 | 816 | 891 | 970 | 1057 | 1147 | 1238 | 1317 | 1399 | 1485 | 1575 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región VII Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 5887 | 5947 | 6026 | 6130 | 6253 | 6386 | 6538 | 6699 | 6866 | 7043 | 7227 | 7423 | 7630 | 7839 | 8060 |
| GLP | 1009 | 1153 | 1321 | 1517 | 1733 | 1965 | 2216 | 2476 | 2743 | 3019 | 3293 | 3538 | 3791 | 4054 | 4327 |
| GN | 1548 | 1692 | 1858 | 2051 | 2263 | 2490 | 2736 | 2989 | 3250 | 3519 | 3784 | 4014 | 4252 | 4499 | 4755 |
| Kero | 1106 | 1250 | 1418 | 1614 | 1829 | 2060 | 2310 | 2568 | 2835 | 3109 | 3382 | 3624 | 3875 | 4134 | 4404 |
| Elec | 633 | 723 | 828 | 951 | 1086 | 1230 | 1387 | 1550 | 1717 | 1889 | 2060 | 2213 | 2372 | 2536 | 2706 |
| Pel | 4779 | 4860 | 4957 | 5075 | 5207 | 5350 | 5508 | 5673 | 5844 | 6023 | 6209 | 6406 | 6613 | 6829 | 7056 |
| Región VIII Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 845 | 920 | 986 | 1065 | 1159 | 1260 | 1372 | 1496 | 1625 | 1761 | 1897 | 2015 | 2141 | 2271 | 2407 |
| GN | 1741 | 1811 | 1873 | 1947 | 2035 | 2127 | 2228 | 2342 | 2459 | 2584 | 2705 | 2799 | 2900 | 3005 | 3114 |
| Kero | 1075 | 1148 | 1214 | 1291 | 1383 | 1482 | 1591 | 1713 | 1839 | 1972 | 2104 | 2216 | 2335 | 2459 | 2588 |
| Elec | 521 | 567 | 609 | 658 | 717 | 780 | 850 | 928 | 1009 | 1094 | 1179 | 1253 | 1332 | 1413 | 1499 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región VIII Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 8373 | 8398 | 8442 | 8508 | 8589 | 8682 | 8786 | 8898 | 9016 | 9145 | 9280 | 9427 | 9586 | 9753 | 9932 |
| GLP | 1050 | 1205 | 1386 | 1595 | 1827 | 2075 | 2343 | 2620 | 2904 | 3196 | 3486 | 3745 | 4013 | 4291 | 4579 |
| GN | 1950 | 2104 | 2282 | 2488 | 2713 | 2954 | 3212 | 3478 | 3751 | 4031 | 4306 | 4538 | 4780 | 5030 | 5290 |
| Kero | 1281 | 1436 | 1615 | 1824 | 2054 | 2300 | 2566 | 2840 | 3121 | 3410 | 3696 | 3948 | 4210 | 4480 | 4761 |
| Elec | 649 | 746 | 859 | 990 | 1134 | 1290 | 1457 | 1630 | 1808 | 1991 | 2172 | 2334 | 2502 | 2675 | 2856 |
| Pel | 6797 | 6863 | 6943 | 7040 | 7149 | 7267 | 7396 | 7530 | 7669 | 7816 | 7968 | 8131 | 8303 | 8484 | 8674 |
| Región IX Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 682 | 759 | 850 | 958 | 1080 | 1209 | 1353 | 1504 | 1660 | 1826 | 1993 | 2144 | 2302 | 2466 | 2636 |
| GN | 1353 | 1428 | 1514 | 1617 | 1734 | 1854 | 1990 | 2133 | 2280 | 2438 | 2594 | 2727 | 2866 | 3011 | 3162 |
| Kero | 685 | 762 | 853 | 961 | 1083 | 1212 | 1355 | 1507 | 1663 | 1829 | 1996 | 2147 | 2305 | 2468 | 2639 |
| Elec | 398 | 447 | 504 | 571 | 648 | 729 | 819 | 914 | 1012 | 1116 | 1221 | 1316 | 1415 | 1518 | 1626 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región IX Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 12176 | 12158 | 12155 | 12169 | 12195 | 12226 | 12270 | 12322 | 12383 | 12450 | 12525 | 12610 | 12703 | 12805 | 12915 |
| GLP | 876 | 1043 | 1238 | 1464 | 1712 | 1977 | 2264 | 2558 | 2861 | 3172 | 3481 | 3759 | 4046 | 4344 | 4652 |
| GN | 1554 | 1721 | 1915 | 2138 | 2382 | 2643 | 2923 | 3210 | 3505 | 3808 | 4106 | 4366 | 4634 | 4912 | 5200 |
| Kero | 879 | 1046 | 1241 | 1467 | 1715 | 1980 | 2266 | 2561 | 2864 | 3175 | 3484 | 3761 | 4049 | 4346 | 4654 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Elec | 519 | 624 | 745 | 887 | 1042 | 1208 | 1387 | 1572 | 1761 | 1956 | 2149 | 2324 | 2504 | 2691 | 2885 |
| Pel | 9869 | 9916 | 9972 | 10040 | 10118 | 10199 | 10290 | 10385 | 10485 | 10590 | 10700 | 10817 | 10940 | 11069 | 11205 |
| Región X Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 805 | 898 | 1008 | 1137 | 1281 | 1437 | 1609 | 1789 | 1978 | 2176 | 2377 | 2560 | 2750 | 2948 | 3154 |
| GN | 1593 | 1683 | 1789 | 1912 | 2049 | 2196 | 2358 | 2528 | 2707 | 2896 | 3084 | 3245 | 3414 | 3589 | 3773 |
| Kero | 2651 | 2738 | 2837 | 2952 | 3079 | 3215 | 3363 | 3520 | 3687 | 3862 | 4033 | 4166 | 4305 | 4451 | 4604 |
| Elec | 468 | 527 | 595 | 676 | 767 | 865 | 972 | 1085 | 1204 | 1328 | 1455 | 1569 | 1689 | 1814 | 1944 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región X Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 23607 | 23417 | 23233 | 23059 | 22896 | 22730 | 22578 | 22436 | 22304 | 22181 | 22067 | 21961 | 21861 | 21768 | 21680 |
| GLP | 1053 | 1261 | 1502 | 1782 | 2089 | 2417 | 2771 | 3134 | 3508 | 3891 | 4271 | 4612 | 4965 | 5331 | 5710 |
| GN | 1847 | 2055 | 2295 | 2571 | 2873 | 3196 | 3542 | 3897 | 4261 | 4635 | 5002 | 5322 | 5653 | 5996 | 6351 |
| Kero | 2913 | 3121 | 3359 | 3631 | 3926 | 4240 | 4576 | 4921 | 5273 | 5634 | 5985 | 6275 | 6576 | 6888 | 7211 |
| Elec | 623 | 753 | 904 | 1079 | 1271 | 1477 | 1698 | 1925 | 2159 | 2399 | 2637 | 2851 | 3073 | 3303 | 3540 |
| Pel | 19146 | 19112 | 19079 | 19048 | 19019 | 18987 | 18959 | 18934 | 18912 | 18894 | 18878 | 18866 | 18856 | 18848 | 18842 |
| Región XI Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 2386 | 2502 | 2638 | 2798 | 2976 | 3169 | 3383 | 3609 | 3854 | 4111 | 4365 | 4580 | 4804 | 5038 | 5283 |
| GN | 5120 | 5215 | 5323 | 5450 | 5594 | 5749 | 5923 | 6110 | 6322 | 6544 | 6754 | 6895 | 7044 | 7202 | 7369 |
| Kero | 9881 | 9939 | 10000 | 10071 | 10153 | 10241 | 10346 | 10466 | 10620 | 10781 | 10916 | 10928 | 10946 | 10971 | 11002 |
| Elec | 849 | 927 | 1018 | 1125 | 1245 | 1375 | 1518 | 1668 | 1829 | 1998 | 2167 | 2318 | 2476 | 2641 | 2812 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región XI Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 22818 | 22682 | 22563 | 22467 | 22390 | 22324 | 22279 | 22245 | 22220 | 22207 | 22205 | 22215 | 22236 | 22267 | 22273 |
| GLP | 2687 | 2943 | 3237 | 3574 | 3941 | 4333 | 4753 | 5183 | 5622 | 6072 | 6513 | 6890 | 7279 | 7683 | 8100 |
| GN | 5463 | 5717 | 6003 | 6327 | 6676 | 7044 | 7436 | 7837 | 8244 | 8659 | 9056 | 9355 | 9666 | 9989 | 10324 |
| Kero | 10298 | 10549 | 10823 | 11122 | 11438 | 11767 | 12111 | 12459 | 12810 | 13165 | 13484 | 13650 | 13824 | 14006 | 14197 |
| Elec | 1027 | 1188 | 1373 | 1587 | 1821 | 2071 | 2340 | 2616 | 2898 | 3187 | 3473 | 3727 | 3989 | 4260 | 4540 |
| Pel | 18513 | 18523 | 18542 | 18574 | 18616 | 18665 | 18725 | 18790 | 18859 | 18933 | 19014 | 19102 | 19197 | 19298 | 19406 |
| Región XII Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 10065 | 10071 | 10099 | 10154 | 10229 | 10292 | 10389 | 10519 | 10658 | 10802 | 10932 | 10942 | 10959 | 10983 | 11014 |
| GN | 29299 | 29218 | 29184 | 29207 | 29274 | 29292 | 29392 | 29581 | 29786 | 29997 | 30162 | 29987 | 29824 | 29674 | 29533 |
| Kero | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Elec | 2225 | 2280 | 2348 | 2434 | 2533 | 2636 | 2755 | 2887 | 3025 | 3169 | 3313 | 3426 | 3545 | 3670 | 3801 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región XII Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 29404 | 29106 | 28816 | 28540 | 28277 | 28014 | 27764 | 27520 | 27291 | 27079 | 26873 | 26683 | 26504 | 26332 | 26169 |
| GLP | 10542 | 10746 | 10968 | 11212 | 11473 | 11745 | 12034 | 12330 | 12635 | 12952 | 13236 | 13375 | 13522 | 13678 | 13843 |
| GN | 30309 | 30618 | 30924 | 31230 | 31536 | 31834 | 32135 | 32431 | 32732 | 33040 | 33245 | 33064 | 32885 | 32709 | 32536 |
| Kero | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Elec | 2383 | 2509 | 2655 | 2825 | 3012 | 3214 | 3435 | 3663 | 3902 | 4150 | 4394 | 4596 | 4807 | 5027 | 5256 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pel | 23916 | 23851 | 23783 | 23714 | 23646 | 23572 | 23499 | 23423 | 23352 | 23286 | 23220 | 23163 | 23108 | 23057 | 23008 |
| Región XIII Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 795 | 848 | 911 | 984 | 1066 | 1156 | 1254 | 1356 | 1464 | 1576 | 1688 | 1786 | 1888 | 1994 | 2105 |
| GN | 1720 | 1772 | 1831 | 1899 | 1973 | 2055 | 2144 | 2237 | 2334 | 2435 | 2533 | 2605 | 2681 | 2761 | 2845 |
| Kero | 833 | 886 | 949 | 1022 | 1103 | 1192 | 1290 | 1392 | 1500 | 1611 | 1723 | 1820 | 1920 | 2025 | 2135 |
| Elec | 427 | 461 | 500 | 547 | 598 | 655 | 717 | 782 | 850 | 921 | 992 | 1055 | 1120 | 1188 | 1260 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región XIII Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 4788 | 4829 | 4887 | 4968 | 5067 | 5179 | 5309 | 5449 | 5599 | 5758 | 5926 | 6107 | 6297 | 6498 | 6708 |
| GLP | 912 | 1022 | 1151 | 1304 | 1475 | 1662 | 1866 | 2080 | 2303 | 2536 | 2770 | 2982 | 3202 | 3431 | 3669 |
| GN | 1842 | 1953 | 2081 | 2231 | 2397 | 2576 | 2773 | 2977 | 3191 | 3413 | 3633 | 3820 | 4014 | 4217 | 4427 |
| Kero | 950 | 1060 | 1189 | 1342 | 1513 | 1699 | 1903 | 2116 | 2339 | 2572 | 2805 | 3016 | 3235 | 3463 | 3700 |
| Elec | 500 | 569 | 650 | 746 | 853 | 970 | 1098 | 1232 | 1372 | 1519 | 1666 | 1800 | 1940 | 2085 | 2236 |
| Pel | 3895 | 3958 | 4035 | 4130 | 4238 | 4359 | 4494 | 4638 | 4790 | 4950 | 5119 | 5299 | 5489 | 5687 | 5895 |
| Región XIV Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 424 | 505 | 595 | 709 | 838 | 970 | 1118 | 1276 | 1441 | 1617 | 1791 | 1954 | 2126 | 2298 | 2480 |
| GN | 757 | 837 | 924 | 1038 | 1164 | 1292 | 1436 | 1590 | 1752 | 1924 | 2093 | 2247 | 2411 | 2573 | 2745 |
| Kero | 2758 | 2837 | 2901 | 3010 | 3128 | 3228 | 3347 | 3480 | 3619 | 3771 | 3907 | 4008 | 4119 | 4221 | 4334 |
| Elec | 449 | 499 | 554 | 625 | 704 | 784 | 875 | 971 | 1073 | 1181 | 1287 | 1383 | 1486 | 1588 | 1696 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región XIV Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 21369 | 21183 | 21009 | 20831 | 20662 | 20496 | 20338 | 20189 | 20049 | 19916 | 19794 | 19679 | 19534 | 19404 | 19283 |
| GLP | 646 | 828 | 1040 | 1286 | 1556 | 1846 | 2158 | 2478 | 2807 | 3145 | 3481 | 3787 | 4102 | 4430 | 4770 |
| GN | 980 | 1162 | 1374 | 1618 | 1886 | 2173 | 2482 | 2798 | 3124 | 3457 | 3788 | 4084 | 4391 | 4709 | 5038 |
| Kero | 2990 | 3171 | 3378 | 3613 | 3868 | 4139 | 4428 | 4723 | 5025 | 5334 | 5633 | 5873 | 6123 | 6382 | 6652 |
| Elec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pel | 17328 | 17286 | 17247 | 17203 | 17160 | 17117 | 17075 | 17035 | 16998 | 16963 | 16933 | 16905 | 16878 | 16856 | 16837 |
| Región XV Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GLP | 236 | 247 | 259 | 274 | 291 | 310 | 331 | 352 | 375 | 398 | 422 | 441 | 462 | 483 | 505 |
| GN | 1134 | 1141 | 1149 | 1158 | 1168 | 1181 | 1194 | 1207 | 1221 | 1235 | 1245 | 1241 | 1238 | 1235 | 1231 |
| Kero | 2788 | 2804 | 2823 | 2843 | 2867 | 2896 | 2926 | 2956 | 2986 | 3018 | 3042 | 3030 | 3018 | 3008 | 2997 |
| Elec | 360 | 366 | 373 | 381 | 390 | 400 | 411 | 423 | 435 | 447 | 459 | 465 | 473 | 480 | 488 |
| Pel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Región XV Casa. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 2025 | 2027 | 2034 | 2047 | 2063 | 2084 | 2110 | 2139 | 2170 | 2203 | 2239 | 2279 | 2320 | 2364 | 2411 |
| GLP | 283 | 315 | 354 | 399 | 450 | 505 | 565 | 628 | 693 | 762 | 830 | 892 | 956 | 1023 | 1092 |
| GN | 1198 | 1232 | 1270 | 1314 | 1360 | 1410 | 1464 | 1519 | 1576 | 1635 | 1691 | 1728 | 1768 | 1809 | 1852 |
| Kero | 2849 | 2887 | 2925 | 2965 | 3005 | 3045 | 3086 | 3128 | 3170 | 3212 | 3244 | 3239 | 3234 | 3228 | 3224 |
| Elec | 394 | 414 | 439 | 466 | 497 | 530 | 566 | 604 | 643 | 683 | 723 | 756 | 790 | 826 | 863 |
| Pel | 1649 | 1663 | 1681 | 1703 | 1728 | 1756 | 1788 | 1822 | 1858 | 1896 | 1936 | 1979 | 2024 | 2071 | 2120 |

Penetración por tipología y región

| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Región I | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% |
| No | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 61% | 60% | 58% | 57% | 55% | 53% | 51% | 50% | 48% | 46% | 44% | 43% | 41% | 39% | 37% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 34% | 33% | 32% | 31% | 30% | 29% | 28% | 27% | 26% | 25% | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% |
| Elec | 15% | 17% | 19% | 21% | 23% | 25% | 27% | 29% | 31% | 33% | 35% | 37% | 39% | 41% | 43% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% |
| GLP | 45% | 45% | 44% | 44% | 43% | 42% | 41% | 41% | 40% | 39% | 38% | 37% | 37% | 36% | 35% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% | 19% | 18% | 17% | 16% | 15% | 14% | 14% | 14% | 14% | 14% |
| Elec | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% |
| Región II | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% |
| No | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 61% | 60% | 58% | 57% | 55% | 53% | 51% | 50% | 48% | 46% | 44% | 43% | 41% | 39% | 37% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 34% | 33% | 32% | 31% | 30% | 29% | 28% | 27% | 26% | 25% | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% |
| Elec | 15% | 17% | 19% | 21% | 23% | 25% | 27% | 29% | 31% | 33% | 35% | 37% | 39% | 41% | 43% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% |
| GLP | 45% | 45% | 44% | 44% | 43% | 42% | 41% | 41% | 40% | 39% | 38% | 37% | 37% | 36% | 35% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% | 19% | 18% | 17% | 16% | 15% | 14% | 14% | 14% | 14% | 14% |
| Elec | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% |

| Región III | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Usa | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| No | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 61% | 60% | 58% | 57% | 55% | 53% | 51% | 50% | 48% | 46% | 44% | 43% | 41% | 39% | 37% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 34% | 33% | 32% | 31% | 30% | 29% | 28% | 27% | 26% | 25% | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% |
| Elec | 15% | 17% | 19% | 21% | 23% | 25% | 27% | 29% | 31% | 33% | 35% | 37% | 39% | 41% | 43% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% |
| GLP | 45% | 45% | 44% | 44% | 43% | 42% | 41% | 41% | 40% | 39% | 38% | 37% | 37% | 36% | 35% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% | 19% | 18% | 17% | 16% | 15% | 14% | 14% | 14% | 14% | 14% |
| Elec | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% |
| Región IV | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% |
| No | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% | 64% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 61% | 60% | 58% | 57% | 55% | 53% | 51% | 50% | 48% | 46% | 44% | 43% | 41% | 39% | 37% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 34% | 33% | 32% | 31% | 30% | 29% | 28% | 27% | 26% | 25% | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% |
| Elec | 15% | 17% | 19% | 21% | 23% | 25% | 27% | 29% | 31% | 33% | 35% | 37% | 39% | 41% | 43% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% |
| GLP | 45% | 45% | 44% | 44% | 43% | 42% | 41% | 41% | 40% | 39% | 38% | 37% | 37% | 36% | 35% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% | 19% | 18% | 17% | 16% | 15% | 14% | 14% | 14% | 14% | 14% |
| Elec | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% |
| Región V | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% |
| No | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% | 26% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 69% | 68% | 67% | 66% | 65% | 64% | 63% | 62% | 61% | 60% | 59% | 58% | 57% | 56% | 55% |
| GN | 4% | 5% | 5% | 6% | 6% | 6% | 7% | 7% | 8% | 8% | 8% | 9% | 9% | 10% | 10% |
| Kero | 18% | 17% | 16% | 15% | 14% | 13% | 12% | 11% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Elec | 48% | 49% | 50% | 51% | 52% | 53% | 54% | 55% | 56% | 57% | 58% | 59% | 60% | 60% | 60% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 139% | 138% | 138% | 137% | 137% | 136% | 135% | 135% | 134% | 135% | 135% | 135% | 136% | 135% | 135% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% |
| GLP | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% | 60% |
| GN | 3% | 3% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 6% | 6% | 6% |
| Kero | 15% | 14% | 13% | 12% | 11% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Elec | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 140% | 139% | 138% | 137% | 136% | 136% | 136% | 136% | 136% | 136% | 137% | 137% | 137% | 137% | 137% |
| Región VI | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% |
| No | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 58% | 57% | 56% | 55% | 54% | 53% | 52% | 51% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| GN | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 15% |
| Kero | 40% | 39% | 38% | 37% | 36% | 35% | 34% | 33% | 32% | 31% | 30% | 29% | 28% | 27% | 26% |
| Elec | 44% | 45% | 46% | 47% | 48% | 49% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 145% | 145% | 145% | 145% | 145% | 145% | 145% | 144% | 143% | 143% | 143% | 143% | 143% | 143% | 142% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 56% | 55% | 54% | 53% | 52% | 51% | 50% | 49% | 48% | 47% | 46% | 45% | 44% | 43% | 42% |
| GLP | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% | 36% |
| GN | 1% | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% |
| Kero | 23% | 22% | 21% | 20% | 19% | 18% | 17% | 16% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% |
| Elec | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 142% | 141% | 140% | 139% | 138% | 137% | 136% | 135% | 134% | 134% | 134% | 134% | 134% | 134% | 134% |
| Región VII | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% |
| No | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kero | 36% | 35% | 34% | 33% | 32% | 31% | 30% | 29% | 28% | 27% | 26% | 25% | 24% | 23% | 22% |
| Elec | 41% | 42% | 43% | 44% | 45% | 46% | 47% | 48% | 49% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 135% | 135% | 136% | 136% | 137% | 138% | 139% | 140% | 140% | 141% | 141% | 141% | 140% | 140% | 140% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 62% | 61% | 60% | 59% | 58% | 57% | 56% | 55% | 54% | 53% | 52% | 51% | 50% | 50% | 50% |
| GLP | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% | 31% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 18% | 17% | 16% | 15% | 14% | 13% | 12% | 11% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Elec | 23% | 24% | 25% | 26% | 27% | 28% | 29% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 133% | 132% | 132% | 131% | 131% | 131% | 131% | 131% | 129% | 129% | 129% | 129% | 128% | 129% | 130% |
| Región VIII | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% |
| No | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% | 39% |
| GN | 3% | 3% | 4% | 4% | 4% | 5% | 5% | 6% | 6% | 6% | 7% | 7% | 8% | 8% | 8% |
| Kero | 31% | 30% | 29% | 28% | 27% | 26% | 25% | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Elec | 39% | 40% | 41% | 42% | 43% | 44% | 45% | 46% | 47% | 48% | 49% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 112% | 113% | 113% | 114% | 114% | 114% | 115% | 115% | 116% | 116% | 116% | 117% | 117% | 118% | 118% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 72% | 71% | 70% | 69% | 68% | 67% | 66% | 65% | 64% | 63% | 62% | 61% | 60% | 59% | 58% |
| GLP | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% | 17% |
| GN | 1% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 3% | 3% | 3% | 4% | 4% | 4% | 4% |
| Kero | 13% | 12% | 11% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Elec | 19% | 20% | 21% | 22% | 23% | 24% | 25% | 26% | 27% | 28% | 29% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 122% | 121% | 120% | 119% | 119% | 120% | 120% | 120% | 120% | 120% | 121% | 121% | 120% | 119% | 118% |
| Región IX | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% |
| No | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 39% | 38% | 37% | 36% | 35% | 34% | 33% | 32% | 31% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| GN | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Kero | 54% | 53% | 52% | 51% | 50% | 49% | 48% | 47% | 46% | 45% | 44% | 43% | 42% | 41% | 40% |
| Elec | 44% | 45% | 46% | 47% | 48% | 49% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 138% | 138% | 138% | 138% | 138% | 138% | 138% | 137% | 136% | 134% | 133% | 132% | 131% | 130% | 129% |

| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Leña | 87% | 85% | 83% | 81% | 79% | 77% | 75% | 73% | 71% | 69% | 67% | 65% | 63% | 61% | 59% |
| GLP | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 21% | 22% | 23% | 24% | 25% | 26% | 27% | 28% | 29% | 30% |
| GN | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Kero | 17% | 16% | 15% | 14% | 13% | 12% | 11% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Elec | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 21% | 22% | 23% | 24% | 25% | 26% | 27% | 28% | 29% | 30% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 138% | 138% | 138% | 138% | 138% | 138% | 138% | 138% | 139% | 139% | 139% | 139% | 139% | 139% | 139% |
| Región X | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% |
| No | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 48% | 47% | 46% | 45% | 44% | 43% | 42% | 41% | 40% | 39% | 38% | 37% | 36% | 35% | 34% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 27% | 26% | 25% | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% | 19% | 18% | 17% | 16% | 15% | 15% | 15% |
| Elec | 48% | 49% | 50% | 51% | 52% | 53% | 54% | 55% | 56% | 57% | 58% | 59% | 60% | 60% | 60% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 124% | 123% | 122% | 122% | 122% | 122% | 122% | 121% | 121% | 121% | 121% | 120% | 120% | 120% | 120% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 92% | 90% | 88% | 86% | 84% | 82% | 80% | 78% | 76% | 74% | 72% | 70% | 68% | 66% | 64% |
| GLP | 14% | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% | 7% |
| Elec | 13% | 14% | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 21% | 22% | 23% | 24% | 25% | 26% | 27% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 126% | 126% | 126% | 127% | 128% | 129% | 130% | 129% | 129% | 129% | 129% | 128% | 128% | 128% | 128% |
| Región XI | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% | 61% |
| GN | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Kero | 22% | 23% | 24% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% |
| Elec | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 128% | 129% | 130% | 131% | 131% | 131% | 131% | 131% | 131% | 131% | 131% | 131% | 131% | 131% | 131% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 95% | 93% | 91% | 89% | 87% | 85% | 83% | 81% | 79% | 77% | 75% | 73% | 71% | 69% | 69% |
| GLP | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% |
| GN | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kero | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% |
| Elec | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 123% | 121% | 119% | 117% | 115% | 113% | 111% | 109% | 107% | 105% | 103% | 101% | 99% | 97% | 97% |
| Región XII | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 2,5% | 1,5% | 0,5% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GN | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Kero | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Elec | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 109% | 109% | 109% | 110% | 111% | 112% | 113% | 114% | 115% | 115% | 115% | 115% | 115% | 115% | 115% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% |
| GLP | 4,0% | 4,3% | 4,7% | 5,0% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| GN | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% |
| Kero | 2% | 3% | 4% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% |
| Elec | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 121% | 124% | 126% | 128% | 130% | 131% | 132% | 133% | 134% | 134% | 134% | 134% | 134% | 134% | 134% |
| Región XIII | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% | 88% |
| No | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 65% | 64% | 63% | 62% | 61% | 60% | 59% | 58% | 57% | 56% | 55% | 54% | 53% | 52% | 51% |
| GN | 4% | 4% | 4% | 5% | 5% | 5% | 6% | 6% | 6% | 7% | 7% | 7% | 7% | 8% | 8% |
| Kero | 39% | 38% | 37% | 36% | 35% | 34% | 33% | 32% | 31% | 30% | 29% | 28% | 27% | 26% | 25% |
| Elec | 21% | 22% | 23% | 24% | 25% | 26% | 27% | 28% | 29% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 128% | 128% | 127% | 126% | 126% | 125% | 124% | 123% | 123% | 122% | 120% | 119% | 117% | 115% | 114% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 7% | 6% | 5% | 4% | 4% | 3% | 3% | 2% | 2% | 1% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 60% | 59% | 58% | 57% | 56% | 55% | 54% | 53% | 52% | 51% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| GN | 3% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 6% | 6% | 6% | 6% |
| Kero | 36% | 35% | 34% | 33% | 32% | 31% | 30% | 29% | 28% | 27% | 26% | 25% | 24% | 23% | 22% |
| Elec | 20% | 21% | 22% | 23% | 24% | 25% | 26% | 27% | 28% | 29% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 127% | 125% | 123% | 121% | 120% | 119% | 117% | 116% | 115% | 113% | 112% | 111% | 110% | 109% | 108% |

| Región XIV | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Usa | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% |
| No | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 76% | 74% | 72% | 70% | 68% | 66% | 64% | 62% | 60% | 58% | 56% | 54% | 52% | 50% | 50% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 22% | 21% | 20% | 19% | 18% | 17% | 16% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% |
| Elec | 24% | 25% | 26% | 27% | 28% | 29% | 30% | 31% | 32% | 33% | 34% | 35% | 36% | 37% | 38% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 122% | 120% | 119% | 118% | 116% | 115% | 114% | 113% | 113% | 112% | 112% | 112% | 112% | 111% | 113% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 91% | 89% | 87% | 85% | 83% | 81% | 79% | 77% | 75% | 73% | 71% | 69% | 69% | 69% | 69% |
| GLP | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% | 5% |
| Elec | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 20% | 20% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 123% | 122% | 122% | 122% | 121% | 121% | 121% | 121% | 120% | 120% | 120% | 120% | 122% | 122% | 123% |
| Región XV | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% | 23% |
| No | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% | 77% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 61% | 60% | 58% | 57% | 55% | 53% | 51% | 50% | 48% | 46% | 44% | 43% | 41% | 39% | 37% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 34% | 33% | 32% | 31% | 30% | 29% | 28% | 27% | 26% | 25% | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% |
| Elec | 15% | 17% | 19% | 21% | 23% | 25% | 27% | 29% | 31% | 33% | 35% | 37% | 39% | 41% | 43% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% |
| Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% |
| GLP | 45% | 45% | 44% | 44% | 43% | 42% | 41% | 41% | 40% | 39% | 38% | 37% | 37% | 36% | 35% |
| GN | 0% | 0% | 0,8% | 1,5% | 2,3% | 3,1% | 3,8% | 4,6% | 5,4% | 6,2% | 6,9% | 7,7% | 8,5% | 9,2% | 10% |
| Kero | 24% | 23% | 22% | 21% | 20% | 19% | 18% | 17% | 16% | 15% | 14% | 14% | 14% | 14% | 14% |
| Elec | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Pellet | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% | 110% |

Anexo C: Consumo Unitario Real de ACS y Penetración

Consumo unitario real (kWh/viv)

| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Región I Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.650 | 1.640 | 1.627 | 1.613 | 1.598 | 1.582 | 1.567 | 1.553 | 1.539 | 1.525 | 1.512 | 1.499 | 1.486 | 1.473 | 1.460 |
| GN | 2.934 | 2.916 | 2.893 | 2.868 | 2.841 | 2.813 | 2.786 | 2.760 | 2.736 | 2.712 | 2.688 | 2.665 | 2.642 | 2.619 | 2.596 |
| Elec | 2.058 | 2.045 | 2.029 | 2.011 | 1.993 | 1.973 | 1.954 | 1.936 | 1.919 | 1.902 | 1.885 | 1.869 | 1.853 | 1.837 | 1.821 |
| Hidro | 1.650 | 1.640 | 1.627 | 1.613 | 1.598 | 1.582 | 1.567 | 1.553 | 1.539 | 1.525 | 1.512 | 1.499 | 1.486 | 1.473 | 1.460 |
| Solar | 1.650 | 1.640 | 1.627 | 1.613 | 1.598 | 1.582 | 1.567 | 1.553 | 1.539 | 1.525 | 1.512 | 1.499 | 1.486 | 1.473 | 1.460 |
| Biogás | 1.650 | 1.640 | 1.627 | 1.613 | 1.598 | 1.582 | 1.567 | 1.553 | 1.539 | 1.525 | 1.512 | 1.499 | 1.486 | 1.473 | 1.460 |
| Región I casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.650 | 1.640 | 1.627 | 1.613 | 1.598 | 1.582 | 1.567 | 1.553 | 1.539 | 1.525 | 1.512 | 1.499 | 1.486 | 1.473 | 1.460 |
| GN | 2.934 | 2.916 | 2.893 | 2.868 | 2.841 | 2.813 | 2.786 | 2.760 | 2.736 | 2.712 | 2.688 | 2.665 | 2.642 | 2.619 | 2.596 |
| Elec | 2.058 | 2.045 | 2.029 | 2.011 | 1.993 | 1.973 | 1.954 | 1.936 | 1.919 | 1.902 | 1.885 | 1.869 | 1.853 | 1.837 | 1.821 |
| Hidro | 1.650 | 1.640 | 1.627 | 1.613 | 1.598 | 1.582 | 1.567 | 1.553 | 1.539 | 1.525 | 1.512 | 1.499 | 1.486 | 1.473 | 1.460 |
| Solar | 1.650 | 1.640 | 1.627 | 1.613 | 1.598 | 1.582 | 1.567 | 1.553 | 1.539 | 1.525 | 1.512 | 1.499 | 1.486 | 1.473 | 1.460 |
| Biogás | 1.650 | 1.640 | 1.627 | 1.613 | 1.598 | 1.582 | 1.567 | 1.553 | 1.539 | 1.525 | 1.512 | 1.499 | 1.486 | 1.473 | 1.460 |
| Región II Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.993 | 1.981 | 1.966 | 1.948 | 1.930 | 1.911 | 1.893 | 1.876 | 1.859 | 1.842 | 1.826 | 1.811 | 1.795 | 1.779 | 1.764 |
| GN | 3.544 | 3.522 | 3.495 | 3.464 | 3.432 | 3.398 | 3.366 | 3.334 | 3.305 | 3.276 | 3.247 | 3.219 | 3.191 | 3.163 | 3.136 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.993 | 1.981 | 1.966 | 1.948 | 1.930 | 1.911 | 1.893 | 1.876 | 1.859 | 1.842 | 1.826 | 1.811 | 1.795 | 1.779 | 1.764 |
| Solar | 1.993 | 1.981 | 1.966 | 1.948 | 1.930 | 1.911 | 1.893 | 1.876 | 1.859 | 1.842 | 1.826 | 1.811 | 1.795 | 1.779 | 1.764 |
| Biogás | 1.993 | 1.981 | 1.966 | 1.948 | 1.930 | 1.911 | 1.893 | 1.876 | 1.859 | 1.842 | 1.826 | 1.811 | 1.795 | 1.779 | 1.764 |
| Región II casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.993 | 1.981 | 1.966 | 1.948 | 1.930 | 1.911 | 1.893 | 1.876 | 1.859 | 1.842 | 1.826 | 1.811 | 1.795 | 1.779 | 1.764 |
| GN | 3.544 | 3.522 | 3.495 | 3.464 | 3.432 | 3.398 | 3.366 | 3.334 | 3.305 | 3.276 | 3.247 | 3.219 | 3.191 | 3.163 | 3.136 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.993 | 1.981 | 1.966 | 1.948 | 1.930 | 1.911 | 1.893 | 1.876 | 1.859 | 1.842 | 1.826 | 1.811 | 1.795 | 1.779 | 1.764 |
| Solar | 1.993 | 1.981 | 1.966 | 1.948 | 1.930 | 1.911 | 1.893 | 1.876 | 1.859 | 1.842 | 1.826 | 1.811 | 1.795 | 1.779 | 1.764 |
| Biogás | 1.993 | 1.981 | 1.966 | 1.948 | 1.930 | 1.911 | 1.893 | 1.876 | 1.859 | 1.842 | 1.826 | 1.811 | 1.795 | 1.779 | 1.764 |
| Región III Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 2.110 | 2.097 | 2.081 | 2.062 | 2.043 | 2.023 | 2.004 | 1.985 | 1.967 | 1.950 | 1.933 | 1.916 | 1.900 | 1.883 | 1.867 |
| GN | 3.751 | 3.728 | 3.699 | 3.667 | 3.633 | 3.597 | 3.563 | 3.529 | 3.498 | 3.467 | 3.437 | 3.407 | 3.378 | 3.348 | 3.319 |
| Elec | 2.058 | 2.045 | 2.029 | 2.011 | 1.993 | 1.973 | 1.954 | 1.936 | 1.919 | 1.902 | 1.885 | 1.869 | 1.853 | 1.837 | 1.821 |
| Hidro | 2.058 | 2.045 | 2.029 | 2.011 | 1.993 | 1.973 | 1.954 | 1.936 | 1.919 | 1.902 | 1.885 | 1.869 | 1.853 | 1.837 | 1.821 |
| Solar | 2.058 | 2.045 | 2.029 | 2.011 | 1.993 | 1.973 | 1.954 | 1.936 | 1.919 | 1.902 | 1.885 | 1.869 | 1.853 | 1.837 | 1.821 |
| Biogás | 2.058 | 2.045 | 2.029 | 2.011 | 1.993 | 1.973 | 1.954 | 1.936 | 1.919 | 1.902 | 1.885 | 1.869 | 1.853 | 1.837 | 1.821 |
| Región III casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 2.110 | 2.097 | 2.081 | 2.062 | 2.043 | 2.023 | 2.004 | 1.985 | 1.967 | 1.950 | 1.933 | 1.916 | 1.900 | 1.883 | 1.867 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| GN | 3.751 | 3.728 | 3.699 | 3.667 | 3.633 | 3.597 | 3.563 | 3.529 | 3.498 | 3.467 | 3.437 | 3.407 | 3.378 | 3.348 | 3.319 |
| Elec | 2.058 | 2.045 | 2.029 | 2.011 | 1.993 | 1.973 | 1.954 | 1.936 | 1.919 | 1.902 | 1.885 | 1.869 | 1.853 | 1.837 | 1.821 |
| Hidro | 2.058 | 2.045 | 2.029 | 2.011 | 1.993 | 1.973 | 1.954 | 1.936 | 1.919 | 1.902 | 1.885 | 1.869 | 1.853 | 1.837 | 1.821 |
| Solar | 2.058 | 2.045 | 2.029 | 2.011 | 1.993 | 1.973 | 1.954 | 1.936 | 1.919 | 1.902 | 1.885 | 1.869 | 1.853 | 1.837 | 1.821 |
| Biogás | 2.058 | 2.045 | 2.029 | 2.011 | 1.993 | 1.973 | 1.954 | 1.936 | 1.919 | 1.902 | 1.885 | 1.869 | 1.853 | 1.837 | 1.821 |
| Región IV Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.779 | 1.768 | 1.754 | 1.739 | 1.723 | 1.706 | 1.689 | 1.674 | 1.659 | 1.644 | 1.630 | 1.616 | 1.602 | 1.588 | 1.574 |
| GN | 3.163 | 3.143 | 3.119 | 3.091 | 3.063 | 3.032 | 3.003 | 2.976 | 2.949 | 2.923 | 2.898 | 2.873 | 2.848 | 2.823 | 2.798 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.779 | 1.768 | 1.754 | 1.739 | 1.723 | 1.706 | 1.689 | 1.674 | 1.659 | 1.644 | 1.630 | 1.616 | 1.602 | 1.588 | 1.574 |
| Solar | 1.779 | 1.768 | 1.754 | 1.739 | 1.723 | 1.706 | 1.689 | 1.674 | 1.659 | 1.644 | 1.630 | 1.616 | 1.602 | 1.588 | 1.574 |
| Biogás | 1.779 | 1.768 | 1.754 | 1.739 | 1.723 | 1.706 | 1.689 | 1.674 | 1.659 | 1.644 | 1.630 | 1.616 | 1.602 | 1.588 | 1.574 |
| Región IV casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.779 | 1.768 | 1.754 | 1.739 | 1.723 | 1.706 | 1.689 | 1.674 | 1.659 | 1.644 | 1.630 | 1.616 | 1.602 | 1.588 | 1.574 |
| GN | 3.163 | 3.143 | 3.119 | 3.091 | 3.063 | 3.032 | 3.003 | 2.976 | 2.949 | 2.923 | 2.898 | 2.873 | 2.848 | 2.823 | 2.798 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.779 | 1.768 | 1.754 | 1.739 | 1.723 | 1.706 | 1.689 | 1.674 | 1.659 | 1.644 | 1.630 | 1.616 | 1.602 | 1.588 | 1.574 |
| Solar | 1.779 | 1.768 | 1.754 | 1.739 | 1.723 | 1.706 | 1.689 | 1.674 | 1.659 | 1.644 | 1.630 | 1.616 | 1.602 | 1.588 | 1.574 |
| Biogás | 1.779 | 1.768 | 1.754 | 1.739 | 1.723 | 1.706 | 1.689 | 1.674 | 1.659 | 1.644 | 1.630 | 1.616 | 1.602 | 1.588 | 1.574 |
| Región V Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.205 | 1.197 | 1.188 | 1.177 | 1.167 | 1.155 | 1.144 | 1.133 | 1.123 | 1.113 | 1.104 | 1.094 | 1.085 | 1.075 | 1.066 |
| GN | 2.276 | 2.263 | 2.245 | 2.225 | 2.204 | 2.183 | 2.162 | 2.142 | 2.123 | 2.104 | 2.086 | 2.068 | 2.050 | 2.032 | 2.014 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.205 | 1.197 | 1.188 | 1.177 | 1.167 | 1.155 | 1.144 | 1.133 | 1.123 | 1.113 | 1.104 | 1.094 | 1.085 | 1.075 | 1.066 |
| Solar | 1.205 | 1.197 | 1.188 | 1.177 | 1.167 | 1.155 | 1.144 | 1.133 | 1.123 | 1.113 | 1.104 | 1.094 | 1.085 | 1.075 | 1.066 |
| Biogás | 1.205 | 1.197 | 1.188 | 1.177 | 1.167 | 1.155 | 1.144 | 1.133 | 1.123 | 1.113 | 1.104 | 1.094 | 1.085 | 1.075 | 1.066 |
| Región V casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.205 | 1.197 | 1.188 | 1.177 | 1.167 | 1.155 | 1.144 | 1.133 | 1.123 | 1.113 | 1.104 | 1.094 | 1.085 | 1.075 | 1.066 |
| GN | 2.276 | 2.263 | 2.245 | 2.225 | 2.204 | 2.183 | 2.162 | 2.142 | 2.123 | 2.104 | 2.086 | 2.068 | 2.050 | 2.032 | 2.014 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.166 | 1.159 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.119 | 1.108 | 1.098 | 1.088 | 1.078 | 1.069 | 1.060 | 1.050 | 1.041 | 1.032 |
| Solar | 1.166 | 1.159 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.119 | 1.108 | 1.098 | 1.088 | 1.078 | 1.069 | 1.060 | 1.050 | 1.041 | 1.032 |
| Biogás | 1.166 | 1.159 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.119 | 1.108 | 1.098 | 1.088 | 1.078 | 1.069 | 1.060 | 1.050 | 1.041 | 1.032 |
| Región VI Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 2.371 | 2.356 | 2.338 | 2.317 | 2.296 | 2.273 | 2.251 | 2.230 | 2.210 | 2.191 | 2.172 | 2.153 | 2.134 | 2.116 | 2.097 |
| GN | 3.407 | 3.386 | 3.360 | 3.331 | 3.300 | 3.267 | 3.236 | 3.206 | 3.177 | 3.149 | 3.122 | 3.095 | 3.068 | 3.041 | 3.015 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Solar | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Biogás | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Región VI casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 2.371 | 2.356 | 2.338 | 2.317 | 2.296 | 2.273 | 2.251 | 2.230 | 2.210 | 2.191 | 2.172 | 2.153 | 2.134 | 2.116 | 2.097 |
| GN | 3.407 | 3.386 | 3.360 | 3.331 | 3.300 | 3.267 | 3.236 | 3.206 | 3.177 | 3.149 | 3.122 | 3.095 | 3.068 | 3.041 | 3.015 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Solar | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Biogás | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Región VII Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.255 | 1.248 | 1.238 | 1.227 | 1.216 | 1.204 | 1.192 | 1.181 | 1.170 | 1.160 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.120 | 1.111 |
| GN | 2.232 | 2.218 | 2.201 | 2.182 | 2.161 | 2.140 | 2.119 | 2.100 | 2.081 | 2.063 | 2.045 | 2.027 | 2.009 | 1.992 | 1.975 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.255 | 1.248 | 1.238 | 1.227 | 1.216 | 1.204 | 1.192 | 1.181 | 1.170 | 1.160 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.120 | 1.111 |
| Solar | 1.255 | 1.248 | 1.238 | 1.227 | 1.216 | 1.204 | 1.192 | 1.181 | 1.170 | 1.160 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.120 | 1.111 |
| Biogás | 1.255 | 1.248 | 1.238 | 1.227 | 1.216 | 1.204 | 1.192 | 1.181 | 1.170 | 1.160 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.120 | 1.111 |
| Región VII casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.255 | 1.248 | 1.238 | 1.227 | 1.216 | 1.204 | 1.192 | 1.181 | 1.170 | 1.160 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.120 | 1.111 |
| GN | 2.232 | 2.218 | 2.201 | 2.182 | 2.161 | 2.140 | 2.119 | 2.100 | 2.081 | 2.063 | 2.045 | 2.027 | 2.009 | 1.992 | 1.975 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.255 | 1.248 | 1.238 | 1.227 | 1.216 | 1.204 | 1.192 | 1.181 | 1.170 | 1.160 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.120 | 1.111 |
| Solar | 1.255 | 1.248 | 1.238 | 1.227 | 1.216 | 1.204 | 1.192 | 1.181 | 1.170 | 1.160 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.120 | 1.111 |
| Biogás | 1.255 | 1.248 | 1.238 | 1.227 | 1.216 | 1.204 | 1.192 | 1.181 | 1.170 | 1.160 | 1.150 | 1.140 | 1.130 | 1.120 | 1.111 |
| Región VIII Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.281 | 1.273 | 1.263 | 1.252 | 1.240 | 1.228 | 1.216 | 1.205 | 1.194 | 1.184 | 1.173 | 1.163 | 1.153 | 1.143 | 1.133 |
| GN | 1.488 | 1.479 | 1.468 | 1.455 | 1.441 | 1.427 | 1.413 | 1.400 | 1.388 | 1.376 | 1.364 | 1.352 | 1.340 | 1.328 | 1.317 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.281 | 1.273 | 1.263 | 1.252 | 1.240 | 1.228 | 1.216 | 1.205 | 1.194 | 1.184 | 1.173 | 1.163 | 1.153 | 1.143 | 1.133 |
| Solar | 1.281 | 1.273 | 1.263 | 1.252 | 1.240 | 1.228 | 1.216 | 1.205 | 1.194 | 1.184 | 1.173 | 1.163 | 1.153 | 1.143 | 1.133 |
| Biogás | 1.281 | 1.273 | 1.263 | 1.252 | 1.240 | 1.228 | 1.216 | 1.205 | 1.194 | 1.184 | 1.173 | 1.163 | 1.153 | 1.143 | 1.133 |
| Región VIII casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.281 | 1.273 | 1.263 | 1.252 | 1.240 | 1.228 | 1.216 | 1.205 | 1.194 | 1.184 | 1.173 | 1.163 | 1.153 | 1.143 | 1.133 |
| GN | 1.488 | 1.479 | 1.468 | 1.455 | 1.441 | 1.427 | 1.413 | 1.400 | 1.388 | 1.376 | 1.364 | 1.352 | 1.340 | 1.328 | 1.317 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.281 | 1.273 | 1.263 | 1.252 | 1.240 | 1.228 | 1.216 | 1.205 | 1.194 | 1.184 | 1.173 | 1.163 | 1.153 | 1.143 | 1.133 |
| Solar | 1.281 | 1.273 | 1.263 | 1.252 | 1.240 | 1.228 | 1.216 | 1.205 | 1.194 | 1.184 | 1.173 | 1.163 | 1.153 | 1.143 | 1.133 |
| Biogás | 1.281 | 1.273 | 1.263 | 1.252 | 1.240 | 1.228 | 1.216 | 1.205 | 1.194 | 1.184 | 1.173 | 1.163 | 1.153 | 1.143 | 1.133 |
| Región IX Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.360 | 1.352 | 1.341 | 1.329 | 1.317 | 1.304 | 1.292 | 1.280 | 1.268 | 1.257 | 1.246 | 1.235 | 1.225 | 1.214 | 1.203 |
| GN | 3.407 | 3.386 | 3.360 | 3.331 | 3.300 | 3.267 | 3.236 | 3.206 | 3.177 | 3.149 | 3.122 | 3.095 | 3.068 | 3.041 | 3.015 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.360 | 1.352 | 1.341 | 1.329 | 1.317 | 1.304 | 1.292 | 1.280 | 1.268 | 1.257 | 1.246 | 1.235 | 1.225 | 1.214 | 1.203 |
| Solar | 1.360 | 1.352 | 1.341 | 1.329 | 1.317 | 1.304 | 1.292 | 1.280 | 1.268 | 1.257 | 1.246 | 1.235 | 1.225 | 1.214 | 1.203 |
| Biogás | 1.360 | 1.352 | 1.341 | 1.329 | 1.317 | 1.304 | 1.292 | 1.280 | 1.268 | 1.257 | 1.246 | 1.235 | 1.225 | 1.214 | 1.203 |
| Región IX casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.360 | 1.352 | 1.341 | 1.329 | 1.317 | 1.304 | 1.292 | 1.280 | 1.268 | 1.257 | 1.246 | 1.235 | 1.225 | 1.214 | 1.203 |
| GN | 3.407 | 3.386 | 3.360 | 3.331 | 3.300 | 3.267 | 3.236 | 3.206 | 3.177 | 3.149 | 3.122 | 3.095 | 3.068 | 3.041 | 3.015 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hidro | 1.360 | 1.352 | 1.341 | 1.329 | 1.317 | 1.304 | 1.292 | 1.280 | 1.268 | 1.257 | 1.246 | 1.235 | 1.225 | 1.214 | 1.203 |
| Solar | 1.360 | 1.352 | 1.341 | 1.329 | 1.317 | 1.304 | 1.292 | 1.280 | 1.268 | 1.257 | 1.246 | 1.235 | 1.225 | 1.214 | 1.203 |
| Biogás | 1.360 | 1.352 | 1.341 | 1.329 | 1.317 | 1.304 | 1.292 | 1.280 | 1.268 | 1.257 | 1.246 | 1.235 | 1.225 | 1.214 | 1.203 |
| Región X Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.744 | 1.733 | 1.719 | 1.704 | 1.689 | 1.672 | 1.656 | 1.641 | 1.626 | 1.612 | 1.598 | 1.584 | 1.570 | 1.556 | 1.543 |
| GN | 3.100 | 3.081 | 3.057 | 3.030 | 3.002 | 2.973 | 2.944 | 2.917 | 2.891 | 2.865 | 2.841 | 2.816 | 2.791 | 2.767 | 2.743 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.744 | 1.733 | 1.719 | 1.704 | 1.689 | 1.672 | 1.656 | 1.641 | 1.626 | 1.612 | 1.598 | 1.584 | 1.570 | 1.556 | 1.543 |
| Solar | 1.744 | 1.733 | 1.719 | 1.704 | 1.689 | 1.672 | 1.656 | 1.641 | 1.626 | 1.612 | 1.598 | 1.584 | 1.570 | 1.556 | 1.543 |
| Biogás | 1.744 | 1.733 | 1.719 | 1.704 | 1.689 | 1.672 | 1.656 | 1.641 | 1.626 | 1.612 | 1.598 | 1.584 | 1.570 | 1.556 | 1.543 |
| Región X casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.744 | 1.733 | 1.719 | 1.704 | 1.689 | 1.672 | 1.656 | 1.641 | 1.626 | 1.612 | 1.598 | 1.584 | 1.570 | 1.556 | 1.543 |
| GN | 3.100 | 3.081 | 3.057 | 3.030 | 3.002 | 2.973 | 2.944 | 2.917 | 2.891 | 2.865 | 2.841 | 2.816 | 2.791 | 2.767 | 2.743 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.744 | 1.733 | 1.719 | 1.704 | 1.689 | 1.672 | 1.656 | 1.641 | 1.626 | 1.612 | 1.598 | 1.584 | 1.570 | 1.556 | 1.543 |
| Solar | 1.744 | 1.733 | 1.719 | 1.704 | 1.689 | 1.672 | 1.656 | 1.641 | 1.626 | 1.612 | 1.598 | 1.584 | 1.570 | 1.556 | 1.543 |
| Biogás | 1.744 | 1.733 | 1.719 | 1.704 | 1.689 | 1.672 | 1.656 | 1.641 | 1.626 | 1.612 | 1.598 | 1.584 | 1.570 | 1.556 | 1.543 |
| Región XI Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.981 | 1.969 | 1.954 | 1.937 | 1.919 | 1.900 | 1.882 | 1.864 | 1.847 | 1.831 | 1.815 | 1.800 | 1.784 | 1.768 | 1.753 |
| GN | 3.523 | 3.501 | 3.474 | 3.443 | 3.411 | 3.378 | 3.345 | 3.314 | 3.285 | 3.256 | 3.228 | 3.200 | 3.172 | 3.144 | 3.117 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.981 | 1.969 | 1.954 | 1.937 | 1.919 | 1.900 | 1.882 | 1.864 | 1.847 | 1.831 | 1.815 | 1.800 | 1.784 | 1.768 | 1.753 |
| Solar | 1.981 | 1.969 | 1.954 | 1.937 | 1.919 | 1.900 | 1.882 | 1.864 | 1.847 | 1.831 | 1.815 | 1.800 | 1.784 | 1.768 | 1.753 |
| Biogás | 1.981 | 1.969 | 1.954 | 1.937 | 1.919 | 1.900 | 1.882 | 1.864 | 1.847 | 1.831 | 1.815 | 1.800 | 1.784 | 1.768 | 1.753 |
| Región XI casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.981 | 1.969 | 1.954 | 1.937 | 1.919 | 1.900 | 1.882 | 1.864 | 1.847 | 1.831 | 1.815 | 1.800 | 1.784 | 1.768 | 1.753 |
| GN | 3.523 | 3.501 | 3.474 | 3.443 | 3.411 | 3.378 | 3.345 | 3.314 | 3.285 | 3.256 | 3.228 | 3.200 | 3.172 | 3.144 | 3.117 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.981 | 1.969 | 1.954 | 1.937 | 1.919 | 1.900 | 1.882 | 1.864 | 1.847 | 1.831 | 1.815 | 1.800 | 1.784 | 1.768 | 1.753 |
| Solar | 1.981 | 1.969 | 1.954 | 1.937 | 1.919 | 1.900 | 1.882 | 1.864 | 1.847 | 1.831 | 1.815 | 1.800 | 1.784 | 1.768 | 1.753 |
| Biogás | 1.981 | 1.969 | 1.954 | 1.937 | 1.919 | 1.900 | 1.882 | 1.864 | 1.847 | 1.831 | 1.815 | 1.800 | 1.784 | 1.768 | 1.753 |
| Región XII Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 3.185 | 3.165 | 3.140 | 3.113 | 3.084 | 3.054 | 3.024 | 2.996 | 2.969 | 2.944 | 2.918 | 2.893 | 2.867 | 2.842 | 2.818 |
| GN | 8.590 | 8.538 | 8.471 | 8.397 | 8.319 | 8.237 | 8.158 | 8.082 | 8.010 | 7.940 | 7.871 | 7.803 | 7.735 | 7.667 | 7.601 |
| Elec | 3.524 | 3.502 | 3.475 | 3.445 | 3.413 | 3.379 | 3.347 | 3.316 | 3.286 | 3.257 | 3.229 | 3.201 | 3.173 | 3.145 | 3.118 |
| Hidro | 3.185 | 3.165 | 3.140 | 3.113 | 3.084 | 3.054 | 3.024 | 2.996 | 2.969 | 2.944 | 2.918 | 2.893 | 2.867 | 2.842 | 2.818 |
| Solar | 3.185 | 3.165 | 3.140 | 3.113 | 3.084 | 3.054 | 3.024 | 2.996 | 2.969 | 2.944 | 2.918 | 2.893 | 2.867 | 2.842 | 2.818 |
| Biogás | 3.185 | 3.165 | 3.140 | 3.113 | 3.084 | 3.054 | 3.024 | 2.996 | 2.969 | 2.944 | 2.918 | 2.893 | 2.867 | 2.842 | 2.818 |
| Región XII casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 3.185 | 3.165 | 3.140 | 3.113 | 3.084 | 3.054 | 3.024 | 2.996 | 2.969 | 2.944 | 2.918 | 2.893 | 2.867 | 2.842 | 2.818 |
| GN | 8.590 | 8.538 | 8.471 | 8.397 | 8.319 | 8.237 | 8.158 | 8.082 | 8.010 | 7.940 | 7.871 | 7.803 | 7.735 | 7.667 | 7.601 |
| Elec | 3.524 | 3.502 | 3.475 | 3.445 | 3.413 | 3.379 | 3.347 | 3.316 | 3.286 | 3.257 | 3.229 | 3.201 | 3.173 | 3.145 | 3.118 |
| Hidro | 3.185 | 3.165 | 3.140 | 3.113 | 3.084 | 3.054 | 3.024 | 2.996 | 2.969 | 2.944 | 2.918 | 2.893 | 2.867 | 2.842 | 2.818 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Solar | 3.185 | 3.165 | 3.140 | 3.113 | 3.084 | 3.054 | 3.024 | 2.996 | 2.969 | 2.944 | 2.918 | 2.893 | 2.867 | 2.842 | 2.818 |
| Biogás | 3.185 | 3.165 | 3.140 | 3.113 | 3.084 | 3.054 | 3.024 | 2.996 | 2.969 | 2.944 | 2.918 | 2.893 | 2.867 | 2.842 | 2.818 |
| Región XIII Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.527 | 1.518 | 1.506 | 1.492 | 1.479 | 1.464 | 1.450 | 1.437 | 1.424 | 1.411 | 1.399 | 1.387 | 1.375 | 1.363 | 1.351 |
| GN | 3.484 | 3.463 | 3.436 | 3.406 | 3.374 | 3.341 | 3.309 | 3.278 | 3.249 | 3.220 | 3.192 | 3.165 | 3.137 | 3.110 | 3.083 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.527 | 1.518 | 1.506 | 1.492 | 1.479 | 1.464 | 1.450 | 1.437 | 1.424 | 1.411 | 1.399 | 1.387 | 1.375 | 1.363 | 1.351 |
| Solar | 1.527 | 1.518 | 1.506 | 1.492 | 1.479 | 1.464 | 1.450 | 1.437 | 1.424 | 1.411 | 1.399 | 1.387 | 1.375 | 1.363 | 1.351 |
| Biogás | 1.527 | 1.518 | 1.506 | 1.492 | 1.479 | 1.464 | 1.450 | 1.437 | 1.424 | 1.411 | 1.399 | 1.387 | 1.375 | 1.363 | 1.351 |
| Región XIII casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 1.527 | 1.518 | 1.506 | 1.492 | 1.479 | 1.464 | 1.450 | 1.437 | 1.424 | 1.411 | 1.399 | 1.387 | 1.375 | 1.363 | 1.351 |
| GN | 3.484 | 3.463 | 3.436 | 3.406 | 3.374 | 3.341 | 3.309 | 3.278 | 3.249 | 3.220 | 3.192 | 3.165 | 3.137 | 3.110 | 3.083 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 1.527 | 1.518 | 1.506 | 1.492 | 1.479 | 1.464 | 1.450 | 1.437 | 1.424 | 1.411 | 1.399 | 1.387 | 1.375 | 1.363 | 1.351 |
| Solar | 1.527 | 1.518 | 1.506 | 1.492 | 1.479 | 1.464 | 1.450 | 1.437 | 1.424 | 1.411 | 1.399 | 1.387 | 1.375 | 1.363 | 1.351 |
| Biogás | 1.527 | 1.518 | 1.506 | 1.492 | 1.479 | 1.464 | 1.450 | 1.437 | 1.424 | 1.411 | 1.399 | 1.387 | 1.375 | 1.363 | 1.351 |
| Región XIV Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 738 | 733 | 728 | 721 | 715 | 708 | 701 | 694 | 688 | 682 | 676 | 670 | 664 | 659 | 653 |
| GN | 1.312 | 1.304 | 1.294 | 1.282 | 1.271 | 1.258 | 1.246 | 1.234 | 1.223 | 1.213 | 1.202 | 1.192 | 1.181 | 1.171 | 1.161 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 738 | 733 | 728 | 721 | 715 | 708 | 701 | 694 | 688 | 682 | 676 | 670 | 664 | 659 | 653 |
| Solar | 738 | 733 | 728 | 721 | 715 | 708 | 701 | 694 | 688 | 682 | 676 | 670 | 664 | 659 | 653 |
| Biogás | 738 | 733 | 728 | 721 | 715 | 708 | 701 | 694 | 688 | 682 | 676 | 670 | 664 | 659 | 653 |
| Región XIV casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 738 | 733 | 728 | 721 | 715 | 708 | 701 | 694 | 688 | 682 | 676 | 670 | 664 | 659 | 653 |
| GN | 1.312 | 1.304 | 1.294 | 1.282 | 1.271 | 1.258 | 1.246 | 1.234 | 1.223 | 1.213 | 1.202 | 1.192 | 1.181 | 1.171 | 1.161 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 738 | 733 | 728 | 721 | 715 | 708 | 701 | 694 | 688 | 682 | 676 | 670 | 664 | 659 | 653 |
| Solar | 738 | 733 | 728 | 721 | 715 | 708 | 701 | 694 | 688 | 682 | 676 | 670 | 664 | 659 | 653 |
| Biogás | 738 | 733 | 728 | 721 | 715 | 708 | 701 | 694 | 688 | 682 | 676 | 670 | 664 | 659 | 653 |
| Región XV Depto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 2.176 | 2.163 | 2.146 | 2.127 | 2.107 | 2.086 | 2.066 | 2.047 | 2.029 | 2.011 | 1.994 | 1.976 | 1.959 | 1.942 | 1.925 |
| GN | 3.868 | 3.845 | 3.815 | 3.781 | 3.746 | 3.709 | 3.674 | 3.640 | 3.607 | 3.576 | 3.545 | 3.514 | 3.483 | 3.453 | 3.423 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Solar | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Biogás | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Región XV casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| GLP | 2.176 | 2.163 | 2.146 | 2.127 | 2.107 | 2.086 | 2.066 | 2.047 | 2.029 | 2.011 | 1.994 | 1.976 | 1.959 | 1.942 | 1.925 |
| GN | 3.868 | 3.845 | 3.815 | 3.781 | 3.746 | 3.709 | 3.674 | 3.640 | 3.607 | 3.576 | 3.545 | 3.514 | 3.483 | 3.453 | 3.423 |
| Elec | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Hidro | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Solar | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |
| Biogás | 2.088 | 2.076 | 2.059 | 2.041 | 2.022 | 2.002 | 1.983 | 1.965 | 1.947 | 1.930 | 1.913 | 1.897 | 1.880 | 1.864 | 1.848 |

Penetración por tipología y región

| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Región I Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 89% | 89% | 89% | 89% | 89% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 91% | 91% | 91% |
| No | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 9% | 9% | 9% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región I Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 64% | 65% | 66% | 67% | 67% | 68% | 69% | 70% | 70% | 71% | 72% | 73% | 73% | 74% | 75% |
| No | 36% | 35% | 34% | 33% | 33% | 32% | 31% | 30% | 30% | 29% | 28% | 27% | 27% | 26% | 25% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Depto o Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 97% | 96% | 94% | 92% | 90% | 87% | 85% | 83% | 81% | 78% | 76% | 73% | 71% | 69% | 66% |
| GN | 0% | 0% | 1% | 2% | 3% | 4% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 4% | 5% | 6% | 6% | 7% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 2% | 3% | 4% | 5% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 9% | 10% | 11% | 12% | 12% | 13% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región II Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región II Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 88% | 89% | 89% | 90% | 90% | 91% | 92% | 92% | 93% | 93% | 94% | 95% | 95% | 96% | 96% |
| No | 12% | 11% | 11% | 10% | 10% | 9% | 8% | 8% | 7% | 7% | 6% | 5% | 5% | 4% | 4% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 98% | 97% | 94% | 92% | 90% | 88% | 86% | 84% | 82% | 80% | 78% | 76% | 74% | 71% | 69% |
| GN | 0% | 0% | 1% | 2% | 3% | 4% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% |
| Elec | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 3% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 10% | 11% | 12% | 13% | 13% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región III Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 95% | 96% | 96% | 97% | 98% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 5% | 4% | 4% | 3% | 2% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

| Región III Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Usa | 86% | 86% | 87% | 88% | 89% | 89% | 90% | 91% | 91% | 92% | 93% | 93% | 94% | 95% | 95% |
| No | 14% | 14% | 13% | 12% | 12% | 11% | 10% | 9% | 9% | 8% | 7% | 7% | 6% | 5% | 5% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 97% | 96% | 94% | 91% | 89% | 87% | 84% | 82% | 80% | 77% | 75% | 72% | 70% | 67% | 65% |
| GN | 0% | 0% | 1% | 2% | 3% | 4% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 4% | 5% | 5% | 6% | 7% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región IV Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región IV Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 90% | 91% | 92% | 93% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 10% | 9% | 8% | 7% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 99% | 98% | 96% | 95% | 93% | 91% | 89% | 88% | 86% | 84% | 82% | 80% | 77% | 75% | 73% |
| GN | 0% | 0% | 1% | 2% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 15% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 3% | 3% | 4% | 4% | 4% | 4% | 5% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región V Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región V Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 88% | 88% | 87% | 87% | 86% | 85% | 84% | 84% | 83% | 82% | 81% | 80% | 78% | 77% | 76% |
| GN | 11% | 11% | 11% | 11% | 12% | 12% | 12% | 13% | 13% | 13% | 14% | 14% | 14% | 14% | 15% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 5% | 5% | 6% | 7% | 8% |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 0% | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región VI Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región VI Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 98% | 97% | 96% | 95% | 94% | 93% | 92% | 91% | 90% | 89% | 87% | 86% | 84% | 83% | 81% |
| GN | 1% | 1% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 4% | 5% | 5% | 6% | 6% | 7% | 7% | 8% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 5% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 3% | 3% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región VII Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 89% | 90% | 91% | 92% | 93% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 11% | 10% | 9% | 8% | 7% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región VII Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 98% | 98% | 96% | 94% | 93% | 91% | 89% | 87% | 85% | 83% | 81% | 79% | 77% | 75% | 73% |
| GN | 0% | 0% | 1% | 2% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 15% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 5% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 3% | 3% | 4% | 4% | 4% | 5% | 5% | 5% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región VIII Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región VIII Casa | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Usa | 90% | 91% | 92% | 93% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 10% | 9% | 8% | 7% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 92% | 91% | 89% | 88% | 88% | 87% | 87% | 86% | 86% | 85% | 84% | 83% | 82% | 81% | 80% |
| GN | 7% | 8% | 9% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 5% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 2% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región IX Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 86% | 87% | 88% | 89% | 90% | 91% | 92% | 93% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% |
| No | 14% | 13% | 12% | 11% | 10% | 9% | 8% | 7% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región IX Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 84% | 85% | 86% | 87% | 88% | 89% | 90% | 91% | 92% | 93% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% |
| No | 16% | 15% | 14% | 13% | 12% | 11% | 10% | 9% | 8% | 7% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 92% | 91% | 89% | 88% | 87% | 85% | 84% | 82% | 80% | 80% | 79% | 78% | 77% | 76% | 75% |
| GN | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 5% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región X Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 90% | 91% | 92% | 93% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 10% | 9% | 8% | 7% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región X Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 84% | 85% | 86% | 87% | 88% | 89% | 90% | 91% | 92% | 93% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% |
| No | 16% | 15% | 14% | 13% | 12% | 11% | 10% | 9% | 8% | 7% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 99% | 99% | 98% | 96% | 95% | 93% | 92% | 90% | 88% | 86% | 85% | 83% | 81% | 79% | 77% |
| GN | 0% | 0% | 1% | 2% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 12% | 13% | 14% | 15% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 5% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Solar | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 1% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región XI Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 93% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 7% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región XI Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 93% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 7% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 99% | 99% | 99% | 98% | 98% | 98% | 97% | 97% | 96% | 95% | 95% | 94% | 93% | 92% | 91% |
| GN | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 5% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región XII Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región XII Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 3% | 3% | 3% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% | 5% | 4% | 4% | 4% |
| GN | 97% | 97% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 95% | 95% | 95% | 95% | 94% | 94% | 94% | 94% |
| Elec | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región XIII Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región XIII Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| No | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 77% | 76% | 75% | 74% | 73% | 71% | 70% | 69% | 68% | 66% | 65% | 64% | 63% | 61% | 60% |
| GN | 22% | 23% | 24% | 25% | 26% | 27% | 28% | 29% | 30% | 31% | 32% | 33% | 34% | 35% | 36% |
| Elec | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región XIV Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región XIV Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 83% | 84% | 85% | 86% | 87% | 88% | 89% | 90% | 91% | 92% | 93% | 94% | 95% | 96% | 97% |
| No | 17% | 16% | 15% | 14% | 13% | 12% | 11% | 10% | 9% | 8% | 7% | 6% | 5% | 4% | 3% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 99% | 99% | 97% | 96% | 94% | 93% | 91% | 90% | 88% | 86% | 84% | 82% | 80% | 78% | 76% |
| GN | 0% | 0% | 1% | 2% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 5% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región XV Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| No | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Región XV Casa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usa | 55% | 57% | 59% | 61% | 63% | 65% | 67% | 69% | 71% | 73% | 75% | 77% | 79% | 81% | 83% |
| No | 45% | 43% | 41% | 39% | 37% | 35% | 33% | 31% | 29% | 27% | 25% | 23% | 21% | 19% | 17% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Casa o Depto | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leña | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| GLP | 98% | 98% | 96% | 94% | 93% | 91% | 89% | 87% | 85% | 83% | 81% | 79% | 77% | 75% | 72% |
| GN | 0% | 0% | 1% | 2% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% |
| Elec | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 4% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% |
| Hidro | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Solar | 1% | 1% | 2% | 2% | 2% | 3% | 3% | 3% | 4% | 4% | 4% | 5% | 5% | 5% | 6% |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Biogás | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Total | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Anexo D: Consumo Unitario Real artefactos eléctricos y Saturación

Consumo Unitario Real de artefactos eléctricos (kWh/viv)

| Proyección | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Refrigeradores | 509 | 504 | 500 | 496 | 492 | 488 | 484 | 480 | 476 | 472 | 468 | 464 | 460 | 456 | 451 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Iluminación | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zona A | | | | | | | | | | | | | | | |
| Urbano Depto. | 269 | 243 | 237 | 231 | 223 | 224 | 222 | 218 | 212 | 206 | 200 | 194 | 187 | 181 | 175 |
| Urbano Casa | 224 | 206 | 203 | 195 | 188 | 190 | 188 | 182 | 177 | 172 | 167 | 161 | 156 | 151 | 146 |
| Zona B | | | | | | | | | | | | | | | |
| Urbano Depto. | 328 | 298 | 289 | 280 | 271 | 273 | 271 | 266 | 259 | 251 | 244 | 236 | 229 | 221 | 214 |
| Urbano Casa | 282 | 259 | 254 | 245 | 236 | 238 | 236 | 229 | 223 | 216 | 209 | 203 | 197 | 190 | 184 |
| Zona C | | | | | | | | | | | | | | | |
| Urbano Depto. | 222 | 202 | 196 | 190 | 184 | 185 | 184 | 180 | 175 | 170 | 165 | 160 | 155 | 150 | 145 |
| Urbano Casa | 281 | 258 | 253 | 244 | 235 | 237 | 235 | 228 | 221 | 215 | 208 | 202 | 196 | 189 | 183 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| AC zona A | 527 | 534 | 542 | 549 | 557 | 564 | 571 | 579 | 586 | 594 | 601 | 608 | 616 | 623 | 631 |
| AC zona B | 472 | 480 | 488 | 496 | 505 | 513 | 521 | 529 | 537 | 545 | 553 | 561 | 569 | 577 | 586 |
| AC zona C | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lavadoras | 69 | 69 | 68 | 68 | 67 | 66 | 66 | 65 | 65 | 64 | 64 | 63 | 63 | 62 | 61 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Condominios Iluminación | 218 | 200 | 196 | 189 | 182 | 184 | 182 | 177 | 172 | 167 | 162 | 157 | 152 | 147 | 142 |

Saturación artefactos

Refrigeradores

| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|-----------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Depto | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 101% | 101% | 101% |
| 1 | Casa | 94% | 94% | 94% | 94% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 98% | 98% | 99% | 99% |
| 2 | Depto | 96% | 97% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 101% | 101% |
| 2 | Casa | 94% | 94% | 94% | 94% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 98% | 98% | 99% | 99% |
| 3 | Depto | 85% | 85% | 86% | 86% | 87% | 87% | 88% | 89% | 89% | 90% | 91% | 91% | 92% | 93% | 93% |
| 3 | Casa | 93% | 93% | 94% | 94% | 94% | 95% | 95% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 99% |
| 4 | Depto | 95% | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% |
| 4 | Casa | 94% | 94% | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 99% | 99% | 100% |
| 5 | Depto | 98% | 99% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 100% | 101% | 101% | 101% | 102% | 102% | 102% |
| 5 | Casa | 93% | 94% | 94% | 94% | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 97% | 97% | 98% | 98% | 99% | 99% |
| 6 | Depto | 93% | 93% | 93% | 93% | 94% | 94% | 95% | 95% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 99% |
| 6 | Casa | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 101% |
| 7 | Depto | 98% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 101% | 101% | 101% | 102% | 102% |
| 7 | Casa | 95% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% |
| 8 | Depto | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 99% | 99% | 100% | 100% |
| 8 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 100% | 100% |
| 9 | Depto | 94% | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 100% |
| 9 | Casa | 92% | 92% | 92% | 93% | 93% | 94% | 94% | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 97% | 97% | 98% |
| 10 | Depto | 97% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 101% | 101% | 101% |
| 10 | Casa | 95% | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 100% |
| 11 | Depto | 97% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 101% | 101% |
| 11 | Casa | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% |
| 12 | Depto | 91% | 91% | 92% | 92% | 92% | 93% | 93% | 94% | 94% | 95% | 95% | 96% | 96% | 97% | 97% |
| 12 | Casa | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 101% | 101% |
| 13 | Depto | 98% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 101% | 101% | 101% | 102% | 102% |
| 13 | Casa | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 101% | 101% |
| 14 | Depto | 100% | 100% | 101% | 101% | 101% | 101% | 101% | 102% | 102% | 102% | 102% | 103% | 103% | 103% | 104% |
| 14 | Casa | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% | 98% | 98% | 98% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% |
| 15 | Depto | 99% | 99% | 99% | 99% | 99% | 100% | 100% | 100% | 101% | 101% | 101% | 101% | 102% | 102% | 102% |
| 15 | Casa | 90% | 91% | 91% | 91% | 92% | 92% | 93% | 93% | 94% | 94% | 95% | 95% | 96% | 97% | 97% |

Iluminación

Es 100% para todas las tipologías (Casa o Depto) y todas las regiones

Aire acondicionado

| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|-----------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 1 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 2 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 2 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 3 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 3 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 4 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 4 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 5 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 5 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 6 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 6 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 7 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 7 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 8 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 8 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 9 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 9 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 10 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 10 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 11 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 11 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 12 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 12 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 13 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 13 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 14 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 14 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 8% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 15 | Depto | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |
| 15 | Casa | 2% | 3% | 3% | 5% | 6% | 7% | 9% | 10% | 11% | 13% | 14% | 15% | 17% | 18% | 20% |

Lavadoras

| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|-----------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 1 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 2 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 2 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 3 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 3 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 4 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 4 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 5 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 5 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 6 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 6 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 7 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 7 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 8 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 8 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 9 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 9 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 10 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 10 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 11 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 11 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 12 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 12 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 13 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 13 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 14 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 14 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |
| 15 | Depto | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 15 | Casa | 95% | 95% | 95% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 96% | 97% | 97% | 97% |

Anexo E: Porcentaje de mejora de eficiencia por región para medida de Reglamentación Térmica

| Regiones | Mejora eficiencia |
|-----------------|--------------------------|
| 1 | 15,34% |
| 2 | 15,03% |
| 3 | 15,15% |
| 4 | 15,04% |
| 5 | 15,21% |
| 6 | 20,00% |
| 7 | 20,00% |
| 8 | 20,00% |
| 9 | 20,66% |
| 10 | 25,61% |
| 11 | 30,00% |
| 12 | 30,00% |
| RM | 20,00% |
| 14 | 26% |
| 15 | 15% |

Anexo F: Ahorro gracias a la implementación de la medida

1. Etiquetado de equipos eléctricos de uso doméstico: secadoras de ropa, lava vajilla, lavadoras, calefactores eléctricos de agua, etc.
2. Regulación - MEPS en principales equipos eléctricos de uso doméstico: aire acondicionado, refrigeradores, ampollitas, tubos fluorescentes, secadoras de ropa, lava vajilla, lavadoras, calefactores eléctricos de agua, etc.

Ambas medidas tienen el mismo ahorro, solamente varía la velocidad en que se recambia el parque.

| Artefacto | Consumo base [kWh/unidad] | Consumo Etiquetado/MEPS [kWh/unidad] |
|--------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Refrigerador | 467 | 375 |
| AC Zona A | 576 | 465 |
| AC Zona B | 526 | 425 |
| AC Zona C | 0 | 0 |
| Iluminación Zona A | 238 | 124 |
| Iluminación Zona B | 297 | 153 |
| Iluminación Zona C | 280 | 144 |
| Lavadora | 66 | 54 |

3. Continuación de subsidios para reacondicionamiento térmico residencial para familias vulnerables (PPPF)
4. Búsqueda de apoyo financiero para reacondicionamiento térmico residencial (ampliar segmento de la población a la clase media)

Como se plantea en los supuestos, la mejora en la eficiencia es igual en ambos casos, por lo que se ahorra la misma proporción de combustible. Este supuesto es un tanto fuerte, pero al no poseerse la experiencia en el tema y, además, como ya se mencionó varias veces, esta memoria no busca cuestionar los supuestos que realizó el grupo de expertos.

| Combustible | Ahorro [kWh/viv] |
|--------------|------------------|
| Leña | 168 |
| GLP | 132 |
| GN | 326 |
| Kerosene | 207 |
| Electricidad | 93 |
| Pellet | 109 |

5. Calificación energética obligatoria de viviendas nuevas y existentes

En el caso de la calificación de viviendas y la actualización de la normativa térmica si hay diferencias en el ahorro percibido, ya que se asume que, aunque sea obligatoria la calificación no será obligatorio mejorar las condiciones de la vivienda. Es por esto que la mejora promedio en este caso es solo del 10%.

| Combustible | Ahorro promedio [kWh/viv] |
|---------------------|--------------------------------------|
| Leña | 103 |
| GLP | 76 |
| GN | 207 |
| Kerosene | 131 |
| Electricidad | 55 |
| Pellet | 63 |

6. Actualización de la normativa térmica de viviendas (OGUC)

| Combustible | Ahorro promedio [kWh/viv] |
|---------------------|--------------------------------------|
| Leña | 200 |
| GLP | 148 |
| GN | 402 |
| Kerosene | 254 |
| Electricidad | 107 |
| Pellet | 122 |

7. Continuación de la franquicia tributaria para la instalación de sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria (periodo acotado)

8. Implementación de subsidios a vivienda social nueva (ACS)

| Combustible | Ahorro promedio [kWh/viv] |
|---------------------|--------------------------------------|
| GLP | 64 |
| GN | 101 |
| Electricidad | 15 |

Anexo G: Precio de los combustibles

| Región | GLP | | Kerosene | |
|-----------------|---------|---------|----------|---------|
| | \$/15kg | USD/MWh | \$/lt | USD/MWh |
| I | 16.488 | 133 | 539 | 77 |
| II | 17.086 | 138 | 545 | 78 |
| III | 16.766 | 135 | 590 | 84 |
| IV | 16.210 | 131 | 669 | 95 |
| V | 15.804 | 128 | 700 | 100 |
| VI | 16.218 | 131 | 678 | 97 |
| VII | 16.698 | 135 | 649 | 93 |
| VIII | 15.907 | 129 | 623 | 89 |
| IX | 16.843 | 136 | 677 | 97 |
| X | 18.533 | 150 | 685 | 98 |
| XI | 17.435 | 141 | 750 | 107 |
| XII | 12.295 | 99 | - | - |
| XIII | 16.113 | 130 | 699 | 100 |
| XIV | 17.524 | 142 | 630 | 90 |
| XV | 15.988 | 129 | 508 | 73 |
| Promedio | | 132 | | 91 |

| Región | Electricidad | | |
|-----------------|--------------|--------|---------|
| | 180kWh | \$/kWh | USD/MWh |
| I | 23.021 | 127,89 | 190,89 |
| II | 21.072 | 117,07 | 174,73 |
| III | 20.306 | 112,81 | 168,37 |
| IV | 25.570 | 142,06 | 212,02 |
| V | 26.729 | 148,49 | 221,63 |
| VI | 24.177 | 134,32 | 200,47 |
| VII | 25.682 | 142,68 | 212,95 |
| VIII | 23.805 | 132,25 | 197,39 |
| IX | 31.765 | 176,47 | 263,39 |
| X | 30.090 | 167,17 | 249,50 |
| XI | 31.019 | 172,33 | 257,21 |
| XII | 23.818 | 132,32 | 197,50 |
| XIII | 20.692 | 114,96 | 171,58 |
| XIV | 26.862 | 149,23 | 222,74 |
| XV | 23.105 | 128,36 | 191,58 |
| Promedio | | | 208,8 |

| Leña Seca (100 kWh de leña (23,8 kg)) | |
|--|----------------|
| <i>\$/25kg</i> | <i>USD/MWh</i> |
| 2508 | 238,8 |

| Región | Gas Natural | |
|---------------|--------------------|----------------|
| | <i>\$/m3</i> | <i>USD/MWh</i> |
| II | 609 | 94 |
| XII | 299 | 46 |
| XIII | 515 | 80 |
| Promedio | | 73 |

Anexo H: Detalle de cálculo costo de abatimiento artefactos eléctricos Refrigeradores

| Refrigeradores | | |
|--------------------------------|-------------|--------|
| Costo inversión | | |
| Básico | USD/unidad | \$672 |
| A | USD/unidad | \$746 |
| A+ | USD/unidad | \$881 |
| Costo diferencial | USD/unidad | \$75 |
| | | |
| Costos operacionales | | |
| kWh Ahorrados ⁸ | kWh/unidad | \$-92 |
| \$ ahorrados | USD/unidad | \$-19 |
| | | |
| Costo inversión VP | USD | \$75 |
| Costo operacional VP (10 años) | USD | \$-142 |
| Costo total VP | USD | \$-67 |
| | | |
| CO2 abatido SING | tCO2/equipo | 0,708 |
| CO2 abatido SIC | tCO2/equipo | 0,366 |
| Costo abatimiento SING | USD/tCO2 | \$-13 |
| Costo abatimiento SIC | USD/tCO2 | \$-25 |

Aire Acondicionado

| | | |
|--|-------------|--------|
| Costo de inversión | | |
| Costo diferencial AC eficiente residencial | USD/unidad | \$134 |
| | | |
| Costos operacionales | | |
| kWh Ahorrados | kWh/viv | \$-106 |
| \$ ahorrados | USD/viv | \$-22 |
| | | |
| Costo inversión VP | USD | \$134 |
| Costo operacional VP (10 años) | USD | \$-163 |
| Costo total valor presente | USD | \$-28 |
| | | |
| CO2 abatido SING | tCO2/equipo | 0,812 |
| CO2 abatido SIC | tCO2/equipo | 0,420 |
| Costo abatimiento SING | USD/tCO2 | \$-5 |
| Costo abatimiento SIC | USD/tCO2 | \$-9 |

⁸ Costo constante por 10 años (vida útil).

Iluminación

| | | |
|---|-------------|-------|
| Costo de inversión | | |
| Costo Ampolletas Ahorro de energía ⁴ | USD | \$3 |
| Costo Ampolleta Fluorescente | USD | \$4 |
| Costo Ampolleta Led | USD | \$7 |
| Costo diferencial ampolleta eficiente (LED vs FC) | USD | \$4 |
| | | |
| Costos Operacionales | | |
| kWh Ahorrados | USD | \$-16 |
| \$ ahorrados | USD | \$-3 |
| | | |
| Costo inversión VP | USD | \$4 |
| Costo operacional VP | USD | \$-17 |
| Costo total valor presente | USD | \$-12 |
| | | |
| CO2 abatido SING | tCO2/equipo | 0,076 |
| CO2 abatido SIC | tCO2/equipo | 0,039 |
| Costo abatimiento SING | USD/tCO2 | \$-39 |
| Costo abatimiento SIC | USD/tCO2 | \$-75 |

Lavadora

| | | |
|--|-------------|-------|
| Costo inversión | | |
| Costo diferencial lavadora residencial | USD/unidad | \$100 |
| | | |
| Costos Operacionales | | |
| kWh Ahorrados | kWh/unidad | \$-12 |
| \$ ahorrados | USD/unidad | \$-3 |
| | | |
| Costo total valor presente | USD | \$76 |
| | | |
| CO2 abatido SING | tCO2/equipo | 0,095 |
| CO2 abatido SIC | tCO2/equipo | 0,049 |
| Costo abatimiento SING | USD/tCO2 | \$129 |
| Costo abatimiento SIC | USD/tCO2 | \$249 |

Anexo I: Detalle de cálculo de costo de abatimiento de calefacción

Actualización de la Normativa Térmica (OGUC)

| | | |
|--|----------------|----------------|
| Costo diferencial casa social nueva más eficiente centro-norte | USD | \$3.528 |
| Costo diferencial depto social nueva más eficiente centro-norte | USD | \$2.548 |
| Costo diferencial casa social nueva más eficiente sur | USD | \$3.920 |
| Costo diferencial depto social nueva más eficiente sur | USD | \$2.940 |
| Costo diferencial casa no social nueva más eficiente centro-norte | USD | \$9.015 |
| Costo diferencial depto no social nueva más eficiente centro-norte | USD | \$1.862 |
| Costo diferencial casa no social nueva más eficiente sur | USD | \$10.289 |
| Costo diferencial depto no social nueva más eficiente sur | USD | \$2.744 |
| | | |
| Viviendas nuevas casas sociales centro-norte | unidades | 12.182 |
| Viviendas nuevas deptos sociales centro-norte | unidades | 13.282 |
| Viviendas nuevas casas sociales sur | unidades | 1.671 |
| Viviendas nuevas deptos sociales sur | unidades | 178 |
| Viviendas nuevas casas no sociales centro-norte | unidades | 18.273 |
| Viviendas nuevas deptos no sociales centro-norte | unidades | 19.923 |
| Viviendas nuevas casas no sociales sur | unidades | 2.507 |
| Viviendas nuevas deptos no sociales sur | unidades | 267 |
| Costo inversión TOTAL (promedio ponderado) | USD/viv | \$4.573 |

Fuente: "Presentación: Actualización de la Reglamentación Térmica Artículo 4.1.10 OGUC División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional Ministerio de Vivienda y Urbanismo División de Eficiencia Energética Ministerio de Energía noviembre 2014"

| | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------|
| Costos Operacionales | | |
| \$ Leña | USD/viv | \$-48 |
| \$GLP | USD/viv | \$-20 |
| \$GN | USD/viv | \$-29 |
| \$Kerosene | USD/viv | \$-23 |
| \$Electricidad | USD/viv | \$-22 |
| \$Pellet | USD/viv | \$- |
| Costo operacional TOTAL | USD/viv | \$-142 |
| | | |
| Costo inversión VP | USD | \$4.573 |
| Costo operacional VP | USD | \$-1.960 |
| Costo total valor presente | USD | \$2.613 |
| CO2 abatido SING | tCO2/equipo | 0,250 |
| CO2 abatido SIC | tCO2/equipo | 0,210 |
| Costo abatimiento SING | USD/tCO2 | \$759 |
| Costo abatimiento SIC | USD/tCO2 | \$903 |

Calificación de viviendas

| | | |
|--|----------------|----------------|
| Costo diferencial casa social nueva más eficiente centro-norte | USD | \$1.643 |
| Costo diferencial depto social nueva más eficiente centro-norte | USD | \$1.187 |
| Costo diferencial casa social nueva más eficiente sur | USD | \$1.826 |
| Costo diferencial depto social nueva más eficiente sur | USD | \$1.369 |
| Costo diferencial casa no social nueva más eficiente centro-norte | USD | \$4.199 |
| Costo diferencial depto no social nueva más eficiente centro-norte | USD | \$867 |
| Costo diferencial casa no social nueva más eficiente sur | USD | \$4.792 |
| Costo diferencial depto no social nueva más eficiente sur | USD | \$1.278 |
| | | |
| Viviendas nuevas casas sociales centro-norte | unidades | 12.182 |
| Viviendas nuevas deptos sociales centro-norte | unidades | 13.282 |
| Viviendas nuevas casas sociales sur | unidades | 1.671 |
| Viviendas nuevas deptos sociales sur | unidades | 178 |
| Viviendas nuevas casas no sociales centro-norte | unidades | 18.273 |
| Viviendas nuevas deptos no sociales centro-norte | unidades | 19.923 |
| Viviendas nuevas casas no sociales sur | unidades | 2.507 |
| Viviendas nuevas deptos no sociales sur | unidades | 267 |
| Costo inversión TOTAL (promedio ponderado) | USD/viv | \$2.130 |

Fuente: "Presentación: Actualización de la Reglamentación Térmica Artículo 4.1.10 OGUC División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional Ministerio de Vivienda y Urbanismo División de Eficiencia Energética Ministerio de Energía noviembre 2014"

| | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------|
| Costos Operacionales | | |
| \$ Leña | USD/viv | \$-25 |
| \$GLP | USD/viv | \$-10 |
| \$GN | USD/viv | \$-15 |
| \$Kerosene | USD/viv | \$-12 |
| \$Electricidad | USD/viv | \$-12 |
| \$Pellet | USD/viv | - |
| Costo operacional TOTAL | USD/viv | \$-73 |
| | | |
| Costo inversión VP | USD | \$2.130 |
| Costo operacional VP | USD | \$-997 |
| Costo total valor presente | USD | \$ |
| CO2 abatido SING | tCO2/equipo | 0,129 |
| CO2 abatido SIC | tCO2/equipo | 0,108 |
| Costo abatimiento SING | USD/tCO2 | \$527 |
| Costo abatimiento SIC | USD/tCO2 | \$627 |

Reacondicionamiento térmico mediante subsidio

| | | |
|--|------------|----------------|
| Costo reac. térmico casas subsidio centro-norte | USD/viv | \$1.700 |
| Costo reac. térmico casas subsidio sur | USD/viv | \$3.200 |
| Costo reac. térmico deptos subsidio centro-norte | USD/viv | \$1.190 |
| Costo reac. térmico deptos subsidio sur | USD/viv | \$2.240 |
| | | |
| Reacondicionamiento térmico casas subsidio centro-norte | unidades | 9.813 |
| Reacondicionamiento térmico casas subsidio sur | unidades | 2.215 |
| Reacondicionamiento térmico deptos subsidio centro-norte | unidades | 1.917 |
| Reacondicionamiento térmico deptos subsidio sur | unidades | 39 |
| | | |
| Costo inversión | USD | \$1.869 |

Fuente: "Alternativas tecnológicas para calefacción residencial con energías renovables no convencionales aplicables a la realidad chilena, UNTEC, 2014"

| | | |
|-------------------------------|-----------------|---------------|
| \$ Leña | USD/viv | \$-40 |
| \$GLP | USD/viv | \$-18 |
| \$GN | USD/viv | \$-24 |
| \$Kerosene | USD/viv | \$-19 |
| \$Electricidad | USD/viv | \$-19 |
| \$Pellet | USD/viv | |
| Costo operacional | USD/viv | \$-120 |
| | | |
| Costo inversión VP | USD | \$1.869 |
| Costo operacional VP | USD | \$-1.648 |
| Costo total valor presente | USD | \$221 |
| | | |
| CO2 abatido SING | tCO2/viv | 0,210 |
| CO2 abatido SIC | tCO2/viv | 0,176 |
| Costo abatimiento SING | USD/tCO2 | \$63 |
| Costo abatimiento SIC | USD/tCO2 | \$75 |

Reacondicionamiento térmico mediante crédito

| | | |
|--|------------|----------------|
| Costo reac. térmico casas subsidio centro-norte | USD/viv | \$2.500 |
| Costo reac. térmico casas subsidio sur | USD/viv | \$4.800 |
| Costo reac. térmico deptos subsidio centro-norte | USD/viv | \$1.785 |
| Costo reac. térmico deptos subsidio sur | USD/viv | \$3.360 |
| | | |
| Reacondicionamiento térmico casas subsidio centro-norte | unidades | 30.247 |
| Reacondicionamiento térmico casas subsidio sur | unidades | 5.816 |
| Reacondicionamiento térmico deptos subsidio centro-norte | unidades | 5.878 |
| Reacondicionamiento térmico deptos subsidio sur | unidades | 120 |
| | | |
| Costo inversión | USD | \$2.757 |

Fuente: "Alternativas tecnológicas para calefacción residencial con energías renovables no convencionales aplicables a la realidad chilena, UNTEC, 2014"

| | | |
|-------------------------------|-----------------|---------------|
| \$ Leña | USD/viv | \$-40 |
| \$GLP | USD/viv | \$-18 |
| \$GN | USD/viv | \$-24 |
| \$Kerosene | USD/viv | \$-19 |
| \$Electricidad | USD/viv | \$-19 |
| \$Pellet | USD/viv | |
| Costo operacional | USD/viv | \$-120 |
| | | |
| Costo inversión VP | USD | \$2.757 |
| Costo operacional VP | USD | \$-1.648 |
| Costo total valor presente | USD | \$1.109 |
| | | |
| CO2 abatido SING | tCO2/viv | 0,210 |
| CO2 abatido SIC | tCO2/viv | 0,176 |
| Costo abatimiento SING | USD/tCO2 | \$316 |
| Costo abatimiento SIC | USD/tCO2 | \$378 |

Anexo J: Detalle de cálculo de costo de abatimiento de ACS

| | | |
|-------------------------------|-------------------|----------------|
| Costo sistema solar ACS | CLP/unidad | \$1.940.819 |
| Costo sistema solar ACS | USD/unidad | \$2.897 |
| | | |
| Costo operacional | USD/unidad | \$-81 |
| | | |
| Costo inversión VP | USD | \$2.897 |
| Costo operacional VP | USD | \$-929 |
| Costo total valor presente | USD | \$1.968 |
| | | |
| CO2 abatido SING | tCO2/equipo | 0,054 |
| CO2 abatido SIC | tCO2/equipo | 0,194 |
| Costo abatimiento SING | USD/tCO2 | \$3.194 |
| Costo abatimiento SIC | USD/tCO2 | \$886 |

Fuente: <https://precio.habitissimo.es/instalar-energia-solar-termica-calefaccion-o-ac>.

Anexo K: Código del Modelo Implementado en GAMS

\$Title MACC Problem

Sets

i medidas de mitigacion / MEPSAM, MEPSREF, MEPSAC, MEPSLAV, RTS,
RTC, OGUC, ACS /

t periodo / 2017*2030 /;

Parameter

c(i) costo de mitigación politica i

| | |
|----------|--------|
| / MEPSAM | -73 |
| MEPSREF | -24 |
| MEPSAC | -9 |
| MEPSLAV | 242 |
| RTS | 75 |
| RTC | 375 |
| OGUC | 895 |
| ACS | 1016 / |

Amax(i) maximo potencial de mit politica i

| | |
|----------|----------|
| / MEPSAM | 312570 |
| MEPSREF | 261040 |
| MEPSAC | 59870 |
| MEPSLAV | 32832 |
| RTS | 235511 |
| RTC | 457398 |
| OGUC | 275925 |
| ACS | 229063 / |

| | | |
|------|--------------------------|----------|
| v(i) | velocidad de la medida i | |
| / | MEPSAM | 62514 |
| | MEPSREF | 26104 |
| | MEPSAC | 5987 |
| | MEPSLAV | 4104 |
| | RTS | 3554 |
| | RTC | 711 |
| | OGUC | 19709 |
| | ACS | 16362 /; |

Scalar Mobj Potencial abatimiento objetivo /950269/;

Variable

a(i,t) Potencial de mitigación medida i periodo t
FO Valor de la función objetivo;

Positive Variables a(i,t);

EQUATIONS

FObj Función objetivo
R1(i) Restricción no exceder potencial máx medida i
R2(i,t) Restricción de velocidad de implementación
R3 Restricción alcanzar meta;

FObj.. $FO = e = \sum((i,t), \exp(-0.06 * \text{ord}(t)) * (c(i) * a(i,t)))$;
R1(i).. $\sum(t, a(i,t)) = l = A_{\max}(i)$;
R2(i,t).. $a(i,t) = l = v(i)$;
R3.. $\sum((i,t), a(i,t)) = g = M_{\text{obj}}$;

Model MACC /all/;

Solve MACC using lp minimizing FO;

Anexo L: Esfuerzos de mitigación del 13%, 16% y 17%

Mitigación 13% - Costos: -21.320.000 USD

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO2e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3.079 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Mitigación 16% - Costos: 38.573.000 USD

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO2e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | - | - | - | 18.595 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 507 | 507 | 507 |

Mitigación 17% - Costos: 69.214.000 USD

| | Secuenciación óptima de medidas [tCO2e] | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| MEPS.AM | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | 62.514 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MEPS.REF | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | 26.104 | - | - | - | - |
| MEPS.AC | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | 5.987 | - | - | - | - |
| MEPS.LAV | - | - | - | - | - | - | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 | 4.104 |
| RTSub | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 | 3.554 |
| RTCredito | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 | 711 |
| OGUC | - | - | - | - | - | 10.740 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 | 19.709 |
| ACS | - | - | - | - | - | - | - | - | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 | 507 |