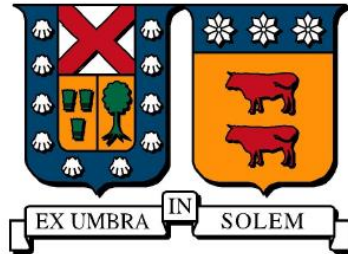


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTIAGO - CHILE



ESTUDIO NORMATIVO PARA EL DESARROLLO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

SEBASTIAN REYES VAN EL

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL
MECANICO, MENCIÓN ENERGÍA

PROFESOR GUÍA: MAURICIO OSSES
PROFESOR CORREFERENTE: LUIS GUZMÁN

DICIEMBRE – 2018

*“Dedicatoria a
nadie, ya que nada
de esto es real.”*

Agradecimientos

Podría agradecer a mis más cercanos amigos, a mis hermanos, parejas amorosas importantes, profesores de la Universidad, o todas las personas que me fui topando con el transcurso de esta investigación, y que me incentivaron, ayudaron, y de alguna forma me guiaron a terminar este trabajo. Sin embargo, hay dos personas que no salen de mi mente mientras escribo el último párrafo y se concluye una etapa mucho más que universitaria. Son mi madre y padre. El agradecimiento va simplemente, y hacia nadie más que ellos, sin desmerecer a lo que mencioné anteriormente, pero son a ellos dos que les debo la vida, gracias.

Resumen

El objetivo de los ensayos normalizados junto con la etiqueta de eficiencia energética es verificar y mostrar la eficiencia de los productos a los consumidores. Sin embargo, para los productos de aire acondicionado el protocolo de ensayo se basa en una norma internacional ISO del año 1994. Además la etiqueta de eficiencia energética se encuentra desactualizada en Chile. Estas dos problemáticas generan dificultades para los importadores y fabricantes, ya que no logran mostrar la real eficiencia de sus modelos, desincentivándolos a traer modelos con nuevas tecnologías eficientes al país. Por ello se ha realizado un estudio y propuesta de: nueva etiqueta de Eficiencia Energética (EE) y un ensayo de EE actualizado.

La información utilizada para actualizar el marco normativo proviene de la base de datos de etiquetado energético de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), un estudio de mercado de los equipos Split muro realizado por la empresa Eurofred, normas nacionales de EE vigentes, marco normativo de Europa (normas y protocolos de ensayo y etiqueta energética). Además, para calcular el potencial impacto ambiental, se utilizó una metodología del Global Environment Facility (GEF) que determina los ahorros energéticos y toneladas de CO₂ equivalente evitadas.

Al entrar en vigencia la propuesta de etiquetado energético, se estima que en el primer año de aplicación se pueden ahorrar hasta 70,8 GWh evitar la emisión de 30.000 toneladas de CO₂ equivalentes, producto de la venta de equipos eficientes. La propuesta de etiquetado contempla las clases “A”-“G”, con una distribución de clases de EE, donde en un comienzo pocos modelos sean clase “A” a fin de incentivar la incorporación de modelos más eficientes al mercado nacional. La propuesta de ensayo de EE se compone de 2 condiciones de temperatura exterior para los ensayos en modo frío y calor: 25; 35°C y 2; 12°C respectivamente.

Por lo tanto, es importante tener un marco regulatorio actualizado para los equipos de AC. Esto es, contar con un etiquetado energético claro que permita destacar de manera efectiva los modelos eficientes, y un ensayo de EE a carga parcial que logre mostrar la real eficiencia de las nuevas tecnologías eficientes, tal como Inverter. Es así, como los fabricantes e importadores se ven forzados a incorporar productos cada vez más eficientes al mercado nacional, para lograr la clasificación “A” en la etiqueta, transformando el mercado. Y Los consumidores se ven beneficiados al acceder a modelos más eficientes, reducir sus cuentas de electricidad y mejorar su confort de vida.

Abstract

The aim of Energy Efficiency (EE) standards and their tests protocols, together with the EE label is to verify and show the efficiency of products to consumers. However, for air conditioning products the test protocol is based on an international ISO standard from 1994. In addition, the energy efficiency label is outdated in Chile. These two problems generate difficulties for importers and manufacturers, since they are unable to show the real efficiency of their models, discouraging them from bringing models with new efficient technologies to the country. For this reason, a study and proposal has been made for a new Energy Efficiency (EE) label and an updated EE test.

The information used to update the regulatory framework comes from the energy labelling database of the Superintendence of Electricity and Fuels (SEC), a market study of Split wall equipment carried out by the company Eurofred (one of the mains companies in Chile), the current national EE standards, European standards, tests protocols and energy label. In addition, to calculate the potential environmental impact, a methodology of the Global Environment Facility was used to determine the energy savings and tons of CO₂ avoided.

When the energy labelling proposal comes into force, it is estimated that in the first year of application, savings of up to 70.8 GWh can be achieved by avoiding the emission of 30,000 tonnes of CO₂ equivalent, as a result of the sale of efficient equipment. The labelling proposal contemplates classes "A"- "G", with a distribution of EE classes, where initially few models are class "A" in order to encourage the incorporation of more efficient models to the national market. The EE test proposal consists of 2 external temperature conditions for cold and heat mode tests: 25; 35°C and 2; 12°C respectively.

Therefore, it is important to have an updated regulatory framework for AC equipment. Have a clear energy label that allows to highlight in an effective way the efficient models, and a partial load EE test method that shows the real efficiency of the new efficient technologies, such as Inverter. Thus, manufacturers and importers are forced to incorporate increasingly efficient products to the national market, to achieve the "A" rating on the label, transforming the market. And consumers benefit by accessing more efficient models, reducing their electricity bills and improving their living comfort.

Glosario

AC: Aire Acondicionado.

ASE: Agencia de Sostenibilidad Energética.

ASCC: Agencia de Sostenibilidad y Cambio Climático.

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigeration and Air conditioning Engineers.

BBDD: Base de Datos.

BAT: Best Available Technology, Mejor Tecnología Disponible en el Mercado.

BAU: Business As Usual, “Como de Costumbre”, haciendo referencia al escenario donde los cambios en el mercado de aires acondicionados (eficiencia, ventas) se mantienen sin la implementación de políticas públicas como el etiquetado energético o Estándares Mínimos de Eficiencia Energética, MEPS.

BTU: British Thermal Unit, Unidad Térmica en el sistema métrico inglés. Hace referencia a la capacidad térmica de los equipos de aire acondicionado.

CNE: Comisión Nacional de Energía.

COP: Coeficiente de Operación. Es la razón entre la energía térmica producida sobre el consumo de energía eléctrica del equipo de aire acondicionado, representa su eficiencia energética.

CO₂eq: Emisiones de Dióxido de Carbono equivalente.

EE: Eficiencia Energética.

EER: Energy Efficiency Ratio, Eficiencia Energética de los equipos de aire acondicionado para el modo refrigeración. Es la razón entre el frío térmico producido sobre la energía eléctrica consumida.

EN: Cooperación Europea para la Certificación. Sigla utilizada para referir a las normas de ensayo de aire acondicionado en Europa.

ER: Energía Renovable.

EUROVENT: Asociación Europea de la Industria de Climatización Interior. Poseen un sistema de certificación Europea para equipos y etiquetado energético de aire acondicionado.

FCh: Fundación Chile.

GEF: Global Environmental Facility, Fondo Mundial para el Medio Ambiente.

GEF EE Tool: Herramienta de cálculo desarrollada en Excel utilizada para determinar y calcular los consumos y ahorros energéticos y ambientales debido a implementación de etiquetado energético, MEPS y programas demostrativos.

HFC: Gas de tipo Hidroflurocarbono.

HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning, Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado.

IEA: International Energy Agency, Agencia Internacional de Energía.

IEE: Índice de Eficiencia Energética. Indicador utilizado para determinar la clase eficiencia energética

Inverter: Tecnología electrónica que, aplicada a productos de aire acondicionado le permite al compresor del equipo variar su frecuencia y como consecuencia mejorar su consumo y rendimiento energético.

INN: Instituto Nacional de Normalización. Organismo técnico en materias de la infraestructura de la calidad.

IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

ISO: International Organization for Standardization, Organización Internacional de Estandarización.

LBNL: Lawrence Berkley National Laboratory, Laboratorio Nacional de Berkley.

Market Share: Porcentaje de participación del Mercado.

MEPS: Minimum Energy Efficiency Performance Standard.

MinEn: Ministerio de Energía de Chile.

MMA: Ministerio de Medio Ambiente de Chile.

MVF: Monitoreo, Verificación y Fiscalización.

NCh: Abreviación para referir a las normas nacionales.

OC: Organismo de Certificación.

PAEE20: Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020.

PAMS: Policy Analysis Modeling System, Sistema de Modelación para Análisis de Políticas.

PIB: Producto Interno Bruto.

P_{elec}: Potencia Eléctrica, kW.

P_{térmico}: Potencia Térmica, kW.

R410A: Tipo de gas refrigerante que contiene dos gases HFC utilizado en equipos de aire acondicionado.

SEC: Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

SEER: Seasonal Energy Efficiency Ratio, Razón de Eficiencia Energética Estacional de equipos de aire acondicionado en modo frío.

SERNAC: Servicio Nacional del Consumidor.

SCOP: Seasonal Coefficient Of Operation, Coeficiente de Operación Estacional.

SIC: Sistema Interconectado Central.

SING: Sistema Interconectado del Norte Grande.

UE: Unión Europea.

U4E: United for Efficiency, Unidos por la Eficiencia, programa desarrollado por ONU Ambiente para apoyar a los países en desarrollo y economías emergentes para transformar los mercados de productos hacia mejores eficiencias energéticas.

Top-Ten: Sitio web www.top-ten.cl, que orienta al consumidor en su decisión de compra fomentando la eficiencia energética.

T1: Tipo de clase climática que define las condiciones de ensayo de los equipos de aire acondicionado según la normativa chilena.

Índice de Contenidos

Agradecimientos	III
Resumen.....	IV
Abstract	V
Glosario.....	VI
Índice de Contenidos.....	IX
Índice de Figuras.....	XI
Índice de Tablas	XV
1 Capítulo 1: Introducción.....	17
1.1 Antecedentes Generales	17
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Generales.....	18
1.2.2 Específicos	18
2 Capítulo 2: Antecedentes	19
2.1 Consumo y Eficiencia Energética en Chile.....	19
2.1.1 ¿Qué es la Eficiencia Energética?.....	28
2.1.2 Entidades relacionadas con la Eficiencia Energética.....	29
2.2 Antecedentes de Aire Acondicionado	32
2.2.1 Historia del Aire Acondicionado.....	33
2.2.2 Mercado Internacional de Aire Acondicionado	37
2.2.3 Mercado Chileno de Aire Acondicionado.....	40
2.3 Marco Regulatorio.....	43
2.3.1 Marco Regulatorio Internacional	43
2.3.2 Marco regulatorio Nacional	46
2.4 Etiquetado de Eficiencia Energética en artefactos y MEPS.....	58
3 Capítulo 3: Metodología.....	70
3.1 Marco de la Investigación	70
3.2 Instrumentos de Información (data a utilizar)	71
3.3 Procedimiento (pasos para recolección de datos).....	72
3.4 Análisis de la Información	74
3.5 Cálculo del impacto energético ambiental.....	76
4 Capítulo 4: Propuesta Etiqueta Energética.....	80
4.1 Análisis de la Etiqueta de Eficiencia Energética	80
4.1.1 Situación actual nacional.....	80

4.1.2	Proyección del mercado nacional	87
4.2	Necesidad de una nueva etiqueta de eficiencia energética	89
4.2.1	Experiencia de China e India	90
4.2.2	Experiencia de la Unión Europea	91
4.3	Propuesta de nueva etiqueta de EE	93
5	Capítulo 5: Análisis Ensayo de Eficiencia Energética	97
5.1	Comparación Ensayo de Eficiencia en Chile y Europa.....	97
5.2	Propuesta Ensayo de Calefacción.....	102
5.3	Propuesta Ensayo de Enfriamiento	110
6	Capítulo: Análisis Impacto.....	113
7	Conclusiones	120
7.1	Conclusiones Generales	120
7.2	Conclusiones Específicas	121
7.3	Recomendaciones	123
8	Bibliografía	126

Índice de Figuras

Figura 2.1 Matriz Energética de Chile 2012 (Fuente: https://www.aprendeconenergia.cl/matriz-energetica-primaria-y-secundaria/).....	19
Figura 2.2 Distribución según tipo de energía para la generación de energía eléctrica en todo el país (Fuente: Energía Abierta, elaborado por la CNE, 26 de enero 2016).	20
Figura 2.3 Proyección de la demanda de energía eléctrica al año 2030 (Fuente: Estrategia nacional de energía 2012-2030, Ministerio de Energía).....	22
Figura 2.4 Relación índice PIB con Energía, de Chile y países de la OCDE (Fuente: Desafíos de Eficiencia Energética, Ministerio de Energía, marzo 2016).....	22
Figura 2.5 Consumo de energía eléctrica kWh por habitante. (Fuente: página web del banco mundial, 2016).	23
Figura 2.6 Distribución del consumo de electricidad al año 2013 (Fuente: Balance Nacional de Energía 2013).	23
Figura 2.7 Evolución del consumo de energía eléctrica por sector (2000-2013) (Fuente: Balance Nacional de Energía 2013).	24
Figura 2.8 Distribución del consumo de energía eléctrica por tipo de producto al 2010 (Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial. Estudio encargado por el Ministerio de Energía, 2010).....	24
Figura 2.9 Potencial ahorro acumulado al año 2030 por tipo de producto. (Fuente: Informe Energy Efficiency Policy Assesment for Chile, U4E).	25
Figura 2.10 Consumo energético y ahorros por MEPS y BAT. (Fuente: Informe Energy Efficiency Policy Assesment for Chile, U4E).....	26
Figura 2.11 Ahorros energético, económico y ambiental en los años 2025 y 2030 y acumulados hasta el 2030, al implementar políticas públicas de EE a diferentes productos (Fuente: Informe Energy Efficiency Policy Assesment for Chile, U4E).	27
Figura 2.12 Comparación temperatura de confort entre modelos tradicionales On/Off e Inverter.35	
Figura 2.13 Comparación entre las revoluciones del compresor de un modelo Inverter y tradicional On/Off.	35
Figura 2.14 Explicación sobre cómo funciona la tecnología Inverter y sus beneficios.	36
Figura 2.15 Proyección del parque instalado de aires acondicionado para 150 países y economías emergentes (Fuente: Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E Policy Guide Series2017).....	37
Figura 2.16 Unidades de aire acondicionado vendidas en todo el mundo en el año 2014 (Fuente: Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E Policy Guide Series2017).....	38
Figura 2.17 Crecimiento del retail para equipos de aire acondicionado en el mundo (Fuente: Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E Policy Guide Series2017).....	39
Figura 2.18 Gráfico de barras que muestra ventas por año de equipos de aire acondicionado por tecnología (Fuente: estudio de mercado de acondicionadores de aire Split muro, Eurofred, 2017).	41
Figura 2.19 Gráfico de barra apilado que muestra las ventas anuales de equipos de aire acondicionado por año y según tecnología (Fuente: estudio de mercado de acondicionadores de aire Split muro, Eurofred, 2017).....	41

Figura 2.20 Comparación del costo total (costo de compra + costo de operación) entre dos equipos de aire acondicionado y diferente eficiencia energética (Fuente: Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E Policy Guide Series2017).	42
Figura 2.21 Esquema que muestra el procedimiento general de certificación y etiquetado energético de productos en Chile según la SEC.	47
Figura 2.22 Condiciones y parámetros para ensayo de enfriamiento según NCh2685.Of2002.	48
Figura 2.23 Condiciones y parámetros para ensayo de enfriamiento mínimo según NCh2685.Of2002.	49
Figura 2.24 Condiciones y parámetros para ensayo de almacenamiento y evacuación del condensado según la NCh2685.	50
Figura 2.25 Condiciones y parámetros para ensayo de congelamiento según NCh2685.	51
Figura 2.26 Condiciones y parámetros para ensayo “capacidad de enfriamiento” según NCh2685.	53
Figura 2.27 Condiciones y parámetros para ensayo de calefacción máxima según NCh2685.Of2002.	55
Figura 2.28 Condiciones y parámetros para ensayo de calefacción mínima según NCh2685.Of2002.	56
Figura 2.29 Condiciones y parámetros para ensayo de congelamiento automático según NCh2685.Of2002.	57
Figura 2.30 Ejemplos de diferentes etiquetas internacionales de aprobación por eficiencia energética.	59
Figura 2.31 Ejemplos de etiquetas de comparación de eficiencia energética.	59
Figura 2.32 Evolución de la distribución de clases de eficiencia energética para iluminación en Europa (Fuente: Enlighten).	60
Figura 2.33 Distribución de clases de eficiencia energética en el mercado de Europa en diferentes años (Fuente: Top-ten Eu).	61
Figura 2.34 representación gráfica del efecto de los MEPS y etiquetas energéticas en los niveles de eficiencia energética de los productos.	62
Figura 2.35 Mapa que muestra implementaciones de MEPS y etiquetado energético por país en el mundo (Fuente: : Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E Policy Guide Series2017).	63
Figura 2.36 Ejemplos de etiquetados energéticos de aire acondicionado para Chile y Europa.	64
Figura 2.37 Ejemplo detallado de etiqueta energética de aire acondicionado para Europa (Fuente: WD Labelling Airco EN 2010 ISC).	65
Figura 2.38 Diagrama de flujo que muestra el proceso para la elaboración del etiquetado energético de algún producto en Chile.	66
Figura 2.39 Etiqueta energética detallada y con medidas para los equipos de aire acondicionado según la norma NCh3081.Of2007.	67
Figura 2.40 Ejemplo de una etiqueta energética de un equipo marca MIDEA.	68
Figura 3.1 Diagrama de flujo del procedimiento utilizado para la recolección de información y datos de ensayos de eficiencia energética.	74
Figura 3.2 Esquema que presenta los pasos lógicos para realzar la elaboración de la propuesta de etiquetado.	75
Figura 3.3 Esquema que muestra el procedimiento utilizado para determinar las condiciones de ensayo y factores de ponderación para calefacción.	75
Figura 3.4 Muestra de la hoja “Guide” del GEF Tool que explica los tipos de casillas e inputs.	77

Figura 3.5 Muestra de hoja de Excel del GEF Tool que muestra información inicial para el cálculo.	77
Figura 3.6 Hoja de Excel del GEF Tool con información sobre estándares, etiqueta, eficiencia energética, información de mercado.....	78
Figura 3.7 Cálculos realizados en el GEF Tool para determinar los ahorros energéticos y ambientales.....	79
Figura 4.1 Distribución de las clases de eficiencia energética para modelos certificados entre 2011-2017 (Fuente: BBDD de etiquetado energético de SEC).	81
Figura 4.2 Distribución de las clases de eficiencia energética de los modelos actuales, entre 2014-2017 (Fuente: BBDD de etiquetado energético de la SEC).	82
Figura 4.3 Evolución, a partir del año 2012, de las clases de eficiencia energética para el modo de refrigeración (Fuente: elaboración propia a partir de la BBDD de la SEC).....	83
Figura 4.4 Evolución, a partir del año 2012, de las clases de eficiencia energética para el modo de calefacción (Fuente: elaboración propia a partir de la BBDD de la SEC).	83
Figura 4.5 Comparación de las clases de eficiencia para los años 2012 y 2016 según el modo de refrigeración (Fuente: BBDD etiquetado energético de SEC).	85
Figura 4.6 Comparación de las clases de eficiencia para los años 2012 y 2016 según el modo de calefacción, (Fuente: BBDD de etiquetado energético SEC).	85
Figura 4.7 Evolución del mínimo, máximo y promedio del IEE para el modo refrigeración (Fuente: BBDD etiquetado energético SEC).	86
Figura 4.8 Evolución del mínimo, máximo y promedio del IEE para el modo calefacción (Fuente: BBDD etiquetado energético SEC).	86
Figura 4.9 Proyección de la etiqueta actual para el modo de refrigeración (Fuente: elaboración propia a partir de BBDD SEC).	88
Figura 4.10 Proyección de la etiqueta actual para el modo de calefacción.....	88
Figura 4.11 Proyección del incremento en el promedio del IEE para los modos de refrigeración y calefacción según la metodología aplicada (Fuente: elaboración propia).....	89
Figura 4.12 Distribución de mercado de aire acondicionado en China en función de la etiqueta implementada. Fuente IDEA (International Database of Efficient Appliances) del Laboratorio de Berkeley.....	90
Figura 4.13 Grafico Distribución del mercado de aire acondicionado en India en función de la etiqueta implementada. Fuente: IDEA (International Database of Efficient Appliances) del Laboratorio Berkeley.....	90
Figura 4.14 Evolución de las clases de eficiencia energética para el modo de refrigeración según la etiqueta de Europa (Fuente: elaboración propia).....	92
Figura 4.15 Evolución de las clases de eficiencia energética para el modo de calefacción según la etiqueta de Europa (Fuente: elaboración propia).....	92
Figura 4.16 Distribución de las clases de eficiencia energética según el etiquetado nacional (Fuente: BBDD etiquetado energético SEC.).....	93
Figura 4.17 Proyección de la propuesta de etiqueta energética para el modo de refrigeración (Fuente: elaboración propia).	94
Figura 4.18 Proyección de la propuesta de etiqueta energética para el modo de calefacción (Fuente: elaboración propia).	95
Figura 4.19 Proyección de la segunda parte de la etiqueta energética para el modo de refrigeración (Fuente: elaboración propia).	95
Figura 5.11 Condiciones del ensayo de capacidad de enfriamiento de acuerdo al punto 4,4 de la norma NCh2685.OF2002.....	97

Figura 5.2 Condiciones del ensayo de capacidad de calefacción según punto 5.1 de la norma NCh2685.OF2002.	98
Figura 5.3 Ejemplo de los datos de eficiencia energética de un modelo en el sitio web de Eurovent.	104
Figura 5.4 COP en función de la temperatura del aire exterior para modelo 1 (Fuente: elaboración propia).	105
Figura 5.5 COP en función de la temperatura del aire exterior para modelo 2 (Fuente: elaboración propia).	106
Figura 5.6 COP en función de la temperatura del aire exterior para modelo 3 (Fuente: elaboración propia).	106
Figura 5.7 COP en función de la temperatura del aire exterior para modelo 4 (Fuente: elaboración propia).	107
Figura 5.8 Gráfico 4.1.- COP en función de la temperatura del aire exterior para modelo 5 (Fuente: elaboración propia).	107
Figura 6.1 Ventas anuales de equipos Split muro por tecnología (Fuente: Estudio de mercado de equipos Split muro Eurofred).	116
Figura 6.2 Gráfico apilado por tecnología de ventas anuales de equipos Split muro (Fuente: Estudio de mercado de equipos Split muro Eurofred).	116

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Características Mercado Eléctrico de Chile al año 2015 (Fuente: Energía Abierta, CNE, http://energiaabierta.cl/).....	20
Tabla 2.2 Venta anual de equipos de aire acondicionado Split muro por capacidad y tecnología (Fuente: estudio de mercado de acondicionadores de aire Split muro, Eurofred, 2017).	42
Tabla 2.3 Normas nacionales y normas de referencia, métricas usadas, para diferentes países para los ensayos de EE para aires acondicionados (Fuente: CLASP, Improving Global Comparability). ..	44
Tabla 2.4 Condiciones ambientales para el ensayo a carga parcial para el modo refrigeración según EN14825:2016.	45
Tabla 2.5 Condiciones ambientales para el ensayo a carga parcial modo calefacción según la norma EN14825:2016.	46
Tabla 2.6 Escala de clases de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado según la norma europea (Fuente: Eurovent OM-1-2017).	65
Tabla 2.7 Escala de clase de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado modo frío según la norma Nch3081.Of2007.	68
Tabla 2.8 Escala de clase de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado modo calor según la norma Nch3081.Of2007.	69
Tabla 4.1 Escala de clase de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado modo frío según la norma Nch3081.Of2007.	80
Tabla 4.2 Escala de clase de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado modo calor según la norma Nch3081.Of2007.	81
Tabla 4.3 Diferencia en el IEE y consumo entre dos modelos de clase “A”. Se consideran 3 horas de uso al día, 6 meses para cada modo (Fuente: BBDD de etiquetado energético de SEC).	84
Tabla 4.4 Ejemplo del crecimiento de los IEE para un modelo específico del año 2016-2018. (Fuente: BBDD etiquetado energético SEC).	87
Tabla 4.5 Clases de eficiencia energética para modos frío y calor según manual Eurovent OM-1-2017.	91
Tabla 4.6 Propuesta de escalas de eficiencia energética para modos frío y calor (Fuente: elaboración propia).	94
Tabla 5.1 Ensayo a carga parcial para el modo frío según la norma EN14825.	99
Tabla 5.2 Ensayo a carga parcial para el modo calefacción según la norma EN14825.	100
Tabla 5.3 Comparación de las eficiencias en modo frío y calor según la norma Chilena y la norma de Europa.	101
Tabla 5.4 Comparación de clases de eficiencia energética para 4 modelos Fujitsu (Fuente: BBDD etiquetado energético SEC y fichas de certificación Eurovent).	101
Tabla 5.5 Condiciones propuestas para el ensayo a carga parcial modo calefacción.	103
Tabla 5.6 Modelos de aire acondicionado Split-muro utilizados para el análisis del ensayo.	104
Tabla 5.7 COP a 2 y 12°C de los modelos analizados obtenidos por medio de interpolaciones. ...	108
Tabla 5.8 Errores porcentuales del SCOP calculado con respecto al SCOP de certificados de Europa.	109
Tabla 5.9 Condiciones para la propuesta de ensayo a carga parcial de refrigeración.	110
Tabla 6.1 Parámetros red eléctrica y factor de emisiones utilizado para cálculo de ahorro de energía y emisiones de CO ₂ (Fuente: GEF Tool).	114
Tabla 6.2 Especificaciones técnicas sobre consumo de energía de los equipos de aire acondicionado eficientes e ineficientes (Fuente: GEF Tool).	115

Tabla 6.3 Consumo anual de energía de los equipos de aire acondicionado eficiente e ineficiente (Fuente: GEF Tool).....	115
Tabla 6.4 Ventas anuales de equipos de aire acondicionado Split-muro y tasa de crecimiento del volumen de ventas (Fuente: GEF Tool).	117
Tabla 6.5 Especificaciones técnicas de la línea base, market share de modelos eicientes y mejoras en la EE (Fuente: GEF Tool).	117
Tabla 6.6 Porcentaje del mercado que cumple con los estándares y normas de certificación (Fuente: GEF Tool).....	118
Tabla 6.7 Ahorro de energía por año y emisiones de CO ₂ evitadas (Fuente: elaboración propia a partir del GEF Tool).	118
Tabla 7.1 Condiciones propuestas para os ensayos a carga parcial modo frío y calor.	121

1 Capítulo 1: Introducción

1.1 Antecedentes Generales

El objetivo de los ensayos normalizados junto con la etiqueta de eficiencia energética es verificar y mostrar la eficiencia de los productos a los consumidores. Sin embargo, para los productos de aire acondicionado el protocolo de ensayo se basa en una norma internacional ISO del año 1994. Además la etiqueta de eficiencia energética se encuentra desactualizada en Chile. Estas dos problemáticas generan dificultades para los fabricantes y distribuidores, ya que no logran mostrar la real eficiencia de sus modelos eficientes, desincentivándolos a traer modelos con nuevas tecnologías eficientes al país. Por ello se ha realizado un estudio normativo para el desarrollo de la Eficiencia Energética (EE) para equipos de aire acondicionado, que actualice el marco regulatorio y ofrezca una propuesta de etiquetado energético y ensayo de EE para estos equipos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Generales

Proponer una actualización al marco regulatorio vigente de los equipos de aire acondicionado. Esto es una propuesta de etiquetado energético y una propuesta para el ensayo de eficiencia energética de estos equipos.

1.2.2 Específicos

- Realizar un estudio de mercado con las marcas de aire acondicionado presentes en Chile e identificación de los desafíos para mejorar la eficiencia energética de los equipos.
- Desarrollar un análisis técnico de la norma chilena vigente y contrastarla con normas de referencia tal como la norma internacional, la europea y de otros países de la región.
- Generar una propuesta para los ensayos en base a los análisis realizados, para los modos en frío y calor, que sea capaz de integrar las nuevas tecnologías y reflejar sus reales eficiencias.
- Proponer una nueva etiqueta de eficiencia energética a las autoridades que permita al consumidor diferenciar los distintos niveles de eficiencia y así potenciar los productos más eficientes.
- Cuantificar el impacto energético y ambiental de ambas medidas propuestas.

2 Capítulo 2: Antecedentes

En el presente capítulo se introduce al marco teórico de la investigación. Este va desde consumo de energía eléctrica y eficiencia energética a nivel país, y las entidades relacionadas a estas materias. El mercado internacional y nacional de aire acondicionado, la historia y avances en la tecnología de estos equipos. El marco regulatorio para estos productos, es decir los estándares normas y protocolos de ensayo. Y el etiquetado de eficiencia energética para productos.

2.1 Consumo y Eficiencia Energética en Chile

El país importa gran parte de sus fuentes de energía y, en los últimos años, ha dependido especialmente de combustibles fósiles con una alta variabilidad de precios, lo que repercute en un incremento del costo marginal de la generación de energía, y como consecuencia en un aumento en los precios de las tarifas para el consumidor final. Las diferentes fuentes de energía primaria en Chile al año 2012 se muestran en la figura 1.1.

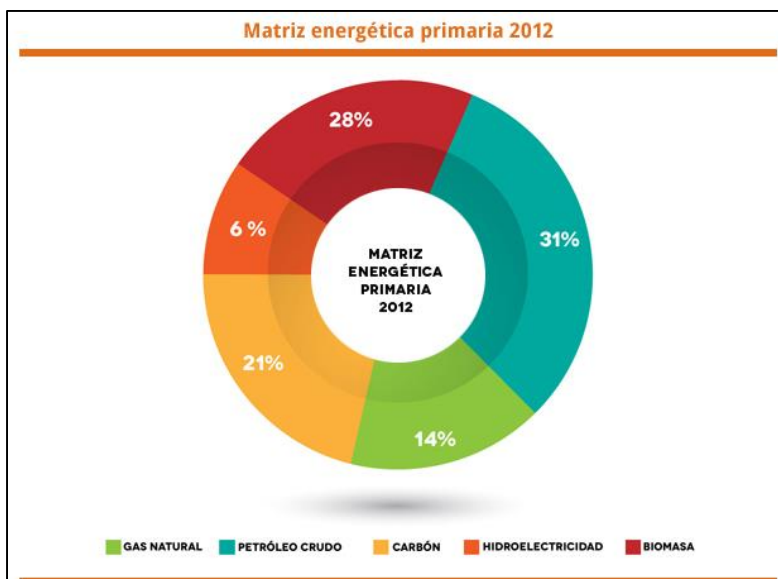


Figura 2.1 Matriz Energética de Chile 2012 (Fuente: <https://www.aprendeconenergia.cl/matriz-energetica-primaria-y-secundaria/>).

El país cuenta hoy con una capacidad instalada total de 19.920 MW, del cual un 77% corresponde al Sistema Interconectado Central (SIC), un 22% al Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) y un 1% a los sistemas medianos de Aysén y Magallanes. La demanda máxima durante el año 2015 alcanzó 7.577 MW en el SIC, y 2.463 MW para el SING (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Características Mercado Eléctrico de Chile al año 2015 (Fuente: Energía Abierta, CNE, <http://energiaabierta.cl/>).

Mercado de Electricidad en Chile, generación bruta				
	SING	SIC	Sistema Región de Aysén	Sistema Región de Magallanes
Capacidad instalada MW	4.404	16.011	52	101
Demanda máxima MW	2.463	7.577	N.D.	N.D.
Generación GWh	17.174	52.899	N.D.	N.D.
Población	1.219.784	16.697.236	109.317	165.547
Factor de emisión 2015 (tCO ₂ eq/MWh)	0,764	0,346	N.D.	N.D.
Tipos de generación	Carbón, Gas natural, Solar PV, Eólica y Petróleo	Hidráulica, Petróleo, Carbón, Gas natural, Eólica, Solar PV y Biomasa	Hidráulica, Petróleo y Eólica	Gas natural y Petróleo

Como se puede apreciar en la Figura 2.2, casi el 60% de la energía eléctrica aún proviene de combustibles fósiles.

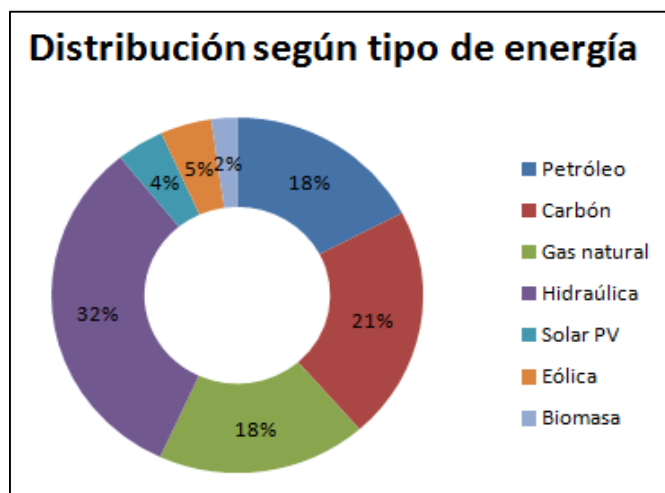


Figura 2.2 Distribución según tipo de energía para la generación de energía eléctrica en todo el país (Fuente: Energía Abierta, elaborado por la CNE, 26 de enero 2016).

En 2015 se estimó la demanda combinada del SING y SIC a 23.650 MW. Esto significa que se le deben agregar cerca de 3.150 MW a la capacidad actual del sistema para suplir la demanda proyectada al 2020 (actualmente el sistema tiene una capacidad de 20.500 MW). Esto implica que las tasas de crecimiento estimadas originalmente se han reducido, lo que no

quita que el consumo total casi se duplicará en los próximos 15 años según la CNE (comparado al 2014): el consumo eléctrico del SIC pasará de 48,5 TWh a 90 TWh en el periodo 2014-2030 y el SING de 15,7 a 32,5 TWh. Fuente: www.revistaei.cl/2015/10/22/cne-corrige-proyeccion-de-demanda-electrica-ya-no-se-necesitara-instalar-el-equivalente-a-seis-ralco.

La información presentada en la figura 2.2 se obtiene a partir de diferentes factores, tales como la proyección de la demanda de las distribuidoras eléctricas, las estimaciones por las generadoras, la perspectiva del CDEC (Centro de Despacho Económico de Carga) y los estudios de la Comisión Chilena del Cobre (“Inversión en la minería Chilena Cartera de proyectos 2015-2025” y “Proyección del consumo de electricidad en la minería del cobre 2014-2023”). Adicionalmente, los ciclos de expansión-contracción de la economía también influyen en la proyección de la demanda energética.

Un indicador que refleja el desarrollo de un país es la relación entre el producto interno bruto y el consumo de energía. En los países de mayor desarrollo existe un desacople de estas dos variables, lo que no significa que dejen de consumir energía, sino, por el contrario, implica un consumo de energía de forma más eficiente. Como se puede apreciar en los siguientes gráficos, Chile aún está lejos de llegar a los niveles de los países de la OCDE, sin embargo, la CNE aclara que el cociente entre la tasa de crecimiento anual de demanda eléctrica proyectada y la tasa de crecimiento del PIB al horizonte del estudio de demanda va decayendo anualmente (Figura 2.4).

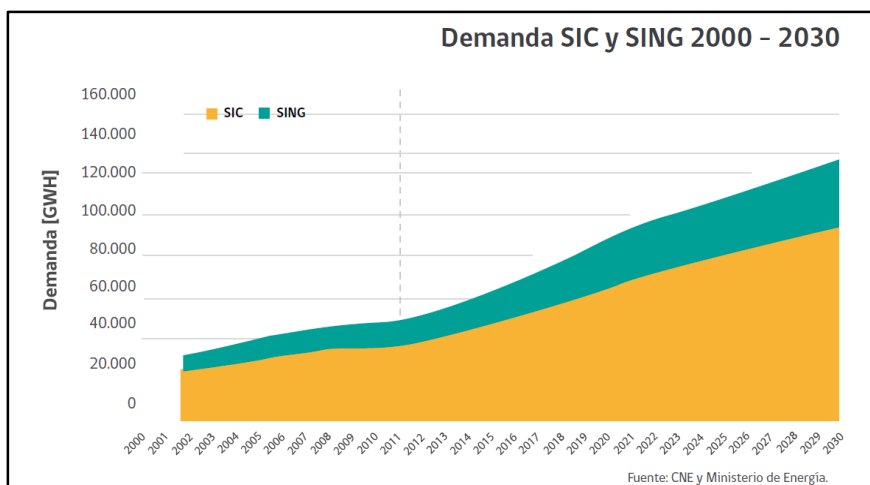


Figura 2.3 Proyección de la demanda de energía eléctrica al año 2030 (Fuente: Estrategia nacional de energía 2012-2030, Ministerio de Energía).

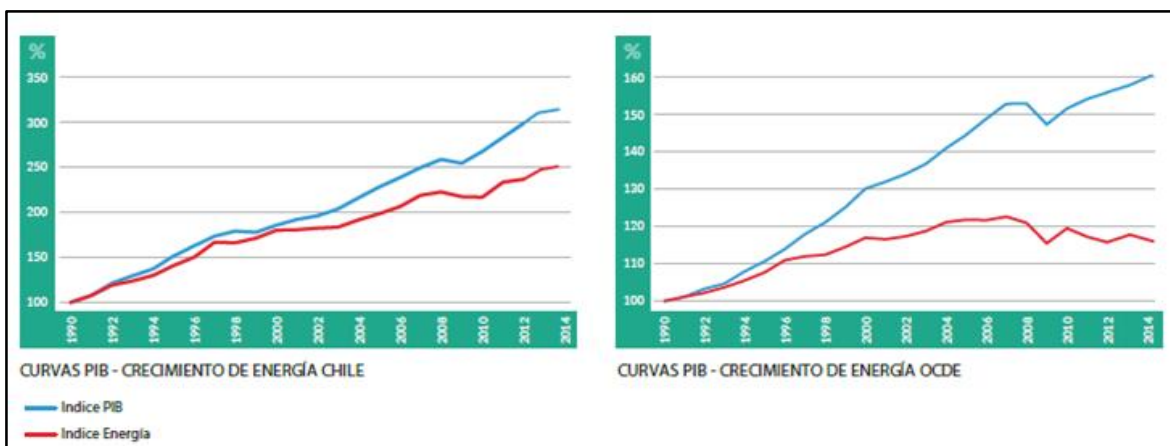


Figura 2.4 Relación índice PIB con Energía, de Chile y países de la OCDE (Fuente: Desafíos de Eficiencia Energética, Ministerio de Energía, marzo 2016).

Otra forma de comparar el consumo de energía eléctrica en Chile es analizar cuánto consume el país por habitante y compararlo con otros países de desarrollo similar en la región, para entender qué tan eficiente es un país en su consumo de energía. Como se aprecia en la figura 2.5, en 2012 Chile se situaba cerca de los 4.000 kWh por habitante, mientras que Argentina estaba en 3.000, y Brasil en 2.500 kWh. A diferencia de Argentina y Brasil, cuyo consumo parece estabilizarse, en Chile el consumo energético crece con una fuerte pendiente. De esta tendencia se puede inferir que existe un uso ineficiente y poco consciente de la energía, a pesar de que Chile es el país de Latinoamérica que tiene mayores precios de electricidad para los hogares, y está también muy por sobre los precios de la OCDE, llegando a costar hasta un 60% más (Fuente: International Energy Agency, IEA).

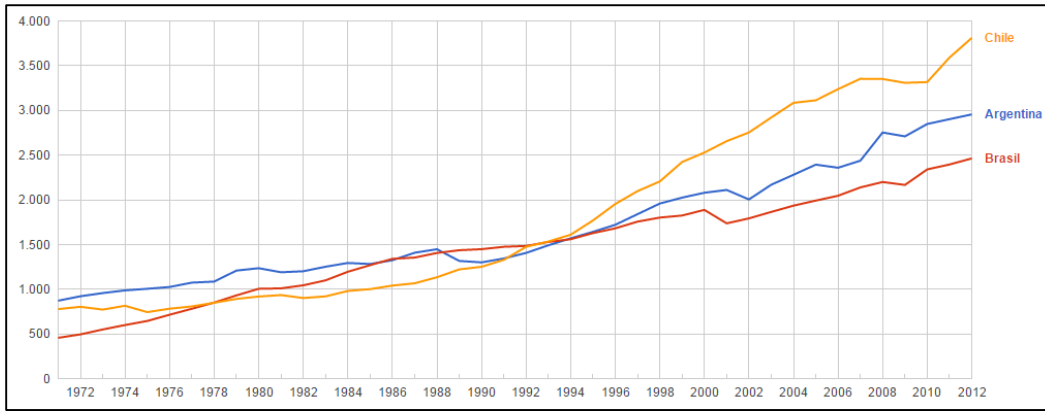


Figura 2.5 Consumo de energía eléctrica kWh por habitante. (Fuente: página web del banco mundial, 2016).

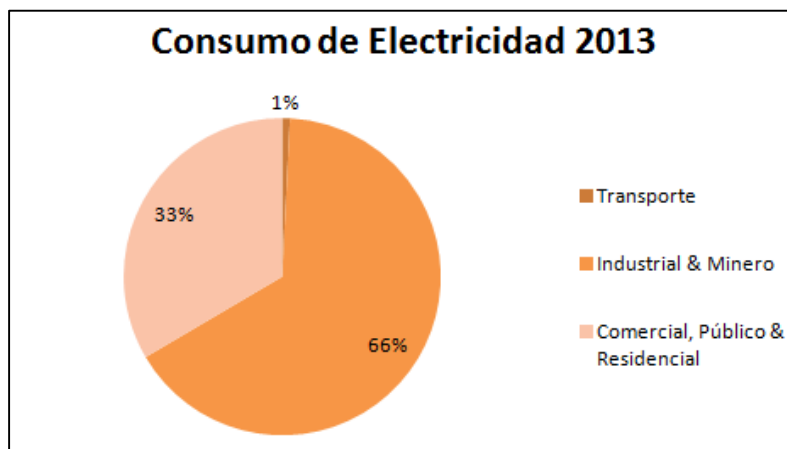


Figura 2.6 Distribución del consumo de electricidad al año 2013 (Fuente: Balance Nacional de Energía 2013).

Desde el año 2000 al año 2013 se duplicó el consumo de electricidad en el sector residencial/comercial abarcando un tercio del consumo total (figura 2.6). Este aumento sostenido puede tener su causa en el cada vez más masivo uso de productos eléctricos y electrónicos, tanto para la industria como para los sectores residencial y comercial.

Una consecuencia directa del aumento del consumo de energía eléctrica son las emisiones de dióxido de carbono, material particulado, entre otros, asociadas a la generación, contribuyendo fuertemente a la contaminación atmosférica en el país. En Chile se produce, en promedio, alrededor de 0,6 toneladas equivalentes de CO₂ por MWh de energía eléctrica generada, mientras que en países desarrollados se produce la mitad.

La figura 2.7 muestra cómo se distribuye el consumo de energía eléctrica en el sector residencial, lo que facilita conocer de qué manera o que artefactos son los que consumen más, revelando oportunidades para reducir el consumo. La segunda categoría de consumo de

electricidad es la iluminación y es la componente que es abordada en iniciativas a corto y largo plazo del gobierno, como el Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020 (PAEE20), la Ley de EE y la Estrategia Nacional de Iluminación eficiente.

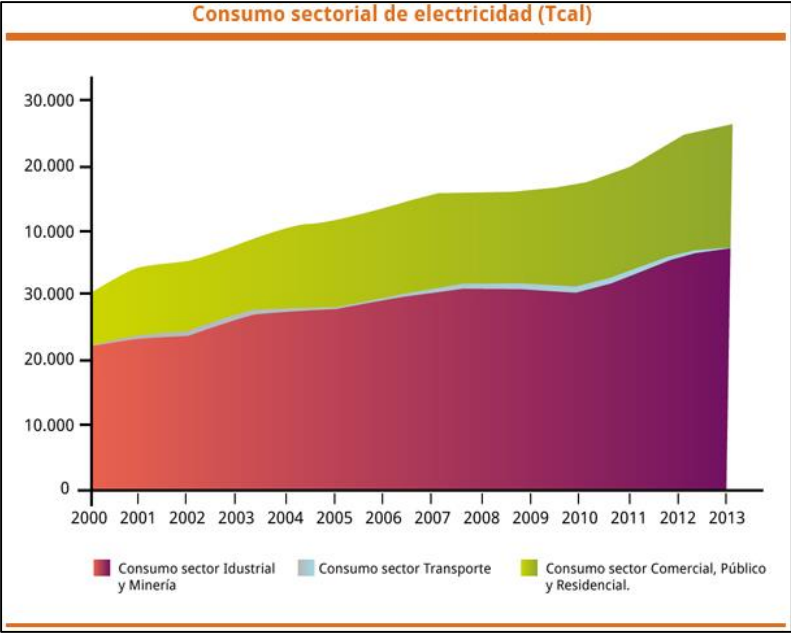


Figura 2.7 Evolución del consumo de energía eléctrica por sector (2000-2013) (Fuente: Balance Nacional de Energía 2013).

Como se puede apreciar en el siguiente gráfico de torta, al año 2010 el refrigerador es el que se lleva casi un tercio del consumo eléctrico en un hogar. Como se explica más adelante, el mercado de aire acondicionado se ha expandido en los últimos años, lo que implica que van a tomar parte del 20% (“otros”) del consumo energético residencial.

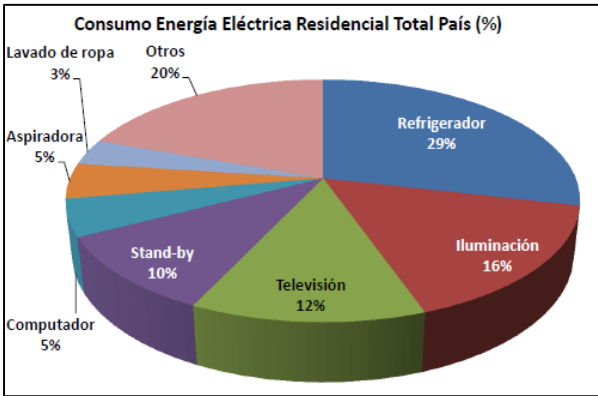


Figura 2.8 Distribución del consumo de energía eléctrica por tipo de producto al 2010 (Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial. Estudio encargado por el Ministerio de Energía, 2010).

Esto se condice con que Chile es un país desarrollado, mejorando la calidad de vida y confort de la población. Sin embargo este desarrollo debe ser hecho de forma eficiente y que no implique de forma proporcional un aumento desmesurado del consumo energético.

Una estimación realizada por ONU Medio Ambiente (United Nations Environment Programme, UNEP) por medio de la iniciativa *United for Efficiency, U4E*, muestra que al implementar un estándar mínimo de eficiencia energética, MEPS (una política pública que restringe la comercialización de productos que no cumplan con cierta eficiencia, se explica en más detalle al final de este capítulo), a ciertos equipos se pueden ahorrar hasta 5 TWh en el consumo proyectado del año 2030. Como se puede ver en la figura 2.9 el aire acondicionado representa un 9% (450 GWh) de este potencial ahorro.

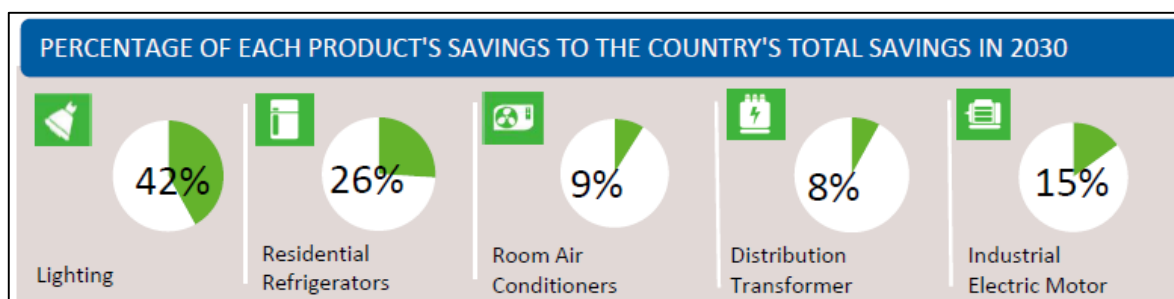


Figura 2.9 Potencial ahorro acumulado al año 2030 por tipo de producto. (Fuente: Informe Energy Efficiency Policy Assesment for Chile, U4E).

Además, sí el MEPS se complementa con otras medidas y/o regulaciones de eficiencia energética (políticas públicas aplicada a la EE) que incentiven a que los productos a la venta en el mercado posean la mejor tecnología y sean modelos altamente eficientes, se podrían obtener ahorros de hasta 8,1 TWh contra el consumo proyectado al año 2030, como se muestra en la figura 2,10.

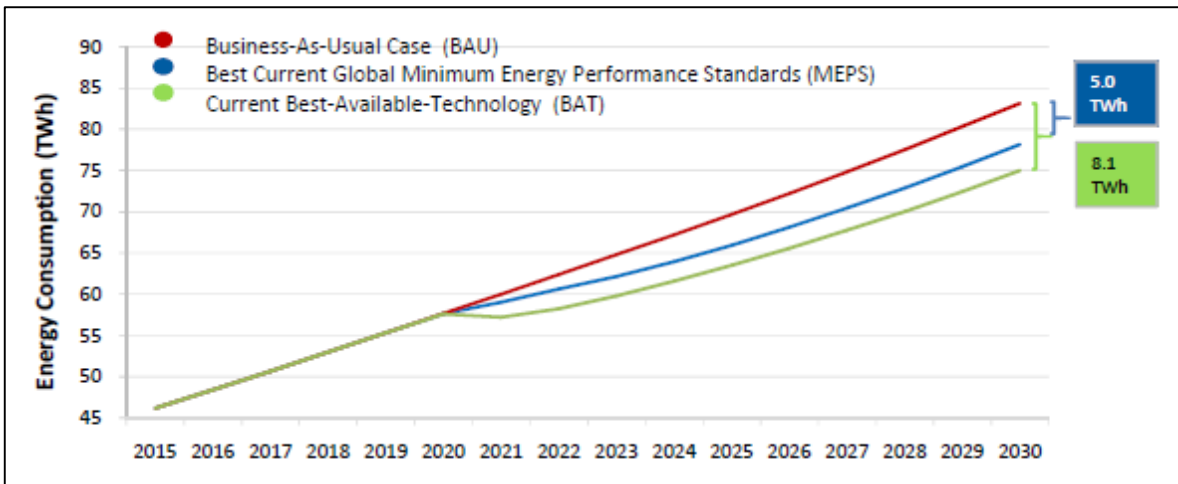


Figura 2.10 Consumo energético y ahorros por MEPS y BAT. (Fuente: Informe Energy Efficiency Policy Assesment for Chile, U4E).

A continuación se presentan los ahorros estimados por ONU Medio Ambiente acumulados entre el 2020 y 2030 y los puntuales para los años 2025 y 2030. Es para los equipos de residenciales de iluminación, refrigeradores/congeladores, aires acondicionados y transformadores para la distribución de la energía eléctrica y motores industriales. Como se puede ver si se comienzan a a implementar política públicas de eficiencia energética para los equipos de aire acondicionado orientados al sector residencial, se pueden obtener ahorros de hasta 2,78 TWh lo que implica evitar la emisión de 1,34 millones de toneladas de CO₂.

THE PATHWAY TO ENERGY EFFICIENCY



ANNUAL SAVINGS IN 2025 and 2030

	Lighting		Residential Refrigerators		Room Air Conditioners		Distribution Transformers		Industrial Electric Motors	
	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030	2025	2030
Electricity (TWh)	2.3	2.1	0.6	1.3	0.3	0.5	0.2	0.4	0.3	0.7
Electricity Bills (million US\$)	522.9	476.2	147.3	294.3	60.7	107.2	50.0	94.0	43.1	94.3
CO2 Emissions (million tonnes)	1.1	1.0	0.3	0.6	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4

CUMULATIVE SAVINGS (2020 - 2030)

	Lighting	Residential Refrigerators	Room Air Conditioners	Distribution Transformers	Industrial Electric Motors
Electricity (TWh)	19.31	7.07	2.78	2.42	3.78
Electricity Bills (billion US\$)	4.43	1.62	0.64	0.55	0.49
CO2 Emissions (million tonnes)	9.33	3.41	1.34	0.99	1.83

OTHER BENEFITS IN 2030

	Direct GHG emissions reduced by → 1.6 million tonnes
	Reduced emissions by → SO₂ 9.8 thousand tonnes NO_x 5.3 thousand tonnes

Figura 2.11 Ahorros energético, económico y ambiental en los años 2025 y 2030 y acumulados hasta el 2030, al implementar políticas públicas de EE a diferentes productos (Fuente: Informe Energy Efficiency Policy Assesment for Chile, U4E).

Entonces, se puede ahorrar grandes cantidades de energía eléctrica si se aplican mecanismos que logren incentivar la entrada de productos energéticamente eficientes al mercado nacional. Esa es la importancia de la eficiencia energética, ya que permite desacoplar el crecimiento

del consumo energético con el del crecimiento económico. Es decir, sin afectar la calidad de vida de las personas. A continuación se presenta con mayor detalle la eficiencia energética.

2.1.1 ¿Qué es la Eficiencia Energética?

El uso eficiente de la energía es reducir la cantidad de energía eléctrica y/o de combustibles que utilizamos, pero conservando la calidad y el acceso a bienes y servicios. Usualmente dicha reducción en el consumo de energía se asocia a un cambio tecnológico, ya sea por la creación de nuevas tecnologías que incrementen el rendimiento de los artefactos o por nuevos diseños de máquinas y espacios habitables, los que pueden disminuir la pérdida de energía por calor. No obstante, no siempre es así, ya que la reducción en el consumo de energía puede estar vinculada a una mejor gestión o cambios en los hábitos y actitudes.

Ahorrar energía, en cambio, puede significar reducir o dejar de realizar determinadas actividades, para evitar el consumo de energía. Por ejemplo, el ahorro energético se genera cuando apagamos la luz para reducir el consumo de energía. Si, en cambio, reemplazamos la ampolleta incandescente por una eficiente, estamos tomando una medida de Eficiencia Energética, que nos proporcionará una disminución en el consumo de energía, sin perjuicio del desarrollo de nuestras actividades.

Tampoco se debe confundir la EE con la Energía Renovable (ER), esta última corresponde a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, tales como el sol o el viento. En resumen, la ER es un tipo de fuente de energía, mientras que la EE es un análisis de todo el sistema, que podrá presentar como medidas de reducción de consumo de energía, el uso de ER.

Es fundamental fomentar la Eficiencia Energética debido a que es la forma más económica, segura y limpia de utilizar la energía. (Fuente: <http://www.acee.cl/eficiencia-energetica/que-es-ee/>)

Entonces, la eficiencia energética se puede entender de diversas formas: es usar bien la energía, es ahorrar energía sin perder en calidad de vida o en calidad de producción y también es la optimización de la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. La eficiencia energética debido a su impacto y bajos costos asociados de implementación en comparación con las energías renovables no convencionales es la medida que tiene un mayor costo efectivo.

2.1.2 Entidades relacionadas con la Eficiencia Energética

Existen diversas entidades en Chile que están relacionadas con la eficiencia energética de alguna manera, como las políticas, normas y estándares, entre otros. Se listan en a continuación.

- El Ministerio de Energía es la institución del Gobierno de Chile responsable de elaborar y coordinar los distintos planes, políticas y normas para el desarrollo del sector energético del país. Dentro de sus políticas, se encuentra fomentar el uso eficiente de la energía, estableciendo entre sus metas una reducción del 20% del consumo energético al año 2025 respecto a la proyección base realizada en 2014. Para llevar a cabo esta meta, el Ministerio cuenta con diferentes líneas y proyectos a largo y corto plazo. Uno de ellos es promover y apoyar la gestión energética en la en el sector residencial y comercial impulsando tecnologías más eficientes con nuevas reglamentaciones, etiqueta y estándares mínimos de eficiencia energética.
- La Comisión Nacional de Energía (CNE) es un organismo público y descentralizado, con patrimonio propio y plena capacidad para adquirir y ejercer derechos y obligaciones, que se relaciona con el Presidente de la República por intermedio del Ministerio de Energía. La Comisión es un organismo técnico encargado de analizar precios, tarifas y normas técnicas a las que deben ceñirse las empresas de producción, generación, transporte y distribución de energía, con el objeto de disponer de un servicio suficiente, seguro y de calidad, compatible con la operación más económica. Cuentan con un sitio web, Energía Abierta, donde se puede acceder a datos estadísticos de consumo, generación, factores de emisión, y en general todo lo relacionado con la CNE.
- Agencia de Sostenibilidad Energética (ASE) es una fundación de derecho privado, sin fines de lucro, cuya misión es promover, fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía, implementando iniciativas público-privadas en los distintos sectores de consumo energético del país. La AChEE implementa programas y proyectos específicos que impulsen la disminución del consumo energético, como por ejemplo el cambio de alumbrado público por tecnología LED en algunas comunas (<http://www.acee.cl/slider/slider-01/>). Además, aporta en educación y difusión sobre la eficiencia energética, para lograr a una cultura a nivel nacional y generar cambios en el comportamiento hacia una mejor utilización de los recursos energéticos.

- La Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) se relaciona con el Gobierno por intermedio del Ministerio de Energía. Particularmente, en lo relacionado a los productos de aire acondicionado split-muro, está encargada de llevar a cabo los protocolos y certificación de seguridad y de eficiencia energética en estos productos (incluyendo el programa de etiquetado). Entre sus funciones, la SEC autoriza a los laboratorios de ensayo para realizar cada uno de los protocolos definidos. Además, gestiona y fiscaliza todos los productos de aire acondicionado split-muro importados, así como aquellos fabricados en Chile, para verificar que cumplan con los estándares de seguridad exigidos antes de autorizar su comercialización. La SEC aplica las directivas del Ministerio de Energía y asegura que se comercialicen equipos y combustibles seguros para los consumidores y, en el caso de algunos tipos de productos, facilita información al consumidor obtenido desde los laboratorios de ensayo y organismos de certificación, contribuyendo a impulsar el mercado de aire acondicionado eficiente.

- El Instituto Nacional de Normalización (INN), creado por CORFO, está constituido como una fundación de derecho privado sin fines de lucro, y es un organismo técnico que asegura la calidad de los estándares utilizados por los laboratorios de ensayo y por los organismos de certificación. Busca contribuir al fortalecimiento de los componentes de la calidad para mejorar la competitividad de los diversos sectores productivos. Es el encargado de la elaboración de normas técnicas nacionales (normalización), de la trazabilidad de las mediciones en el país (metrología), de la acreditación de varios organismos (laboratorios de ensayo, organismos de certificación y de inspección).

En materia de acreditación, el INN tiene gran importancia, pues permite demostrar la competencia de los organismos de certificación e inspección y de los laboratorios de ensayo, entregando confianza, credibilidad y aceptación de los resultados y de las certificaciones, facilitando el intercambio de productos y servicios a nivel nacional e internacional. Los organismos certificadores y laboratorios de ensayo son evaluados de acuerdo a criterios y requisitos internacionalmente definidos y aceptados (más información en: <http://www.inn.cl/Acreditacion>).

- Los Laboratorios de Ensayo realizan pruebas sobre los productos para verificar la calidad, seguridad y eficiencia de ellos. Son acreditados por el INN para cada tipo de producto y cada protocolo y además deben contar con una autorización por parte de la SEC.

Los laboratorios recopilan por cada modelo todos los datos técnicos que se ensayan, en el caso de equipos de aire acondicionado: potencia térmica, potencia de refrigeración, potencia eléctrica, COP, entre otros.

- Los Organismos de Certificación establecidos por la SEC, son los responsables de garantizar la seguridad y calidad de los productos que se comercializan en el país. Son entidades independientes de los laboratorios de ensayo, encargadas de verificar los estándares utilizados en dichos laboratorios. A partir de una solicitud por parte del fabricante, los organismos de certificación validan el informe de los ensayos realizados y entregan la certificación del producto al fabricante.

- Fundación Chile (FCh) es una corporación privada sin fines de lucro cuyos socios son el Gobierno de Chile y BHP-Billiton-Minera Escondida. FCh cuenta con un Espacio Temático de Acción (ETAC) el cual tiene como misión impulsar la sustentabilidad como un factor relevante de diferenciación y competitividad, apoyando la implementación de iniciativas públicas y privadas que promuevan la innovación, eficiencia energética y creación de valor, desarrollando nuevas oportunidades de negocios para empresas y emprendedores, y posicionando a Chile como un referente en la región.

Desde hace varios años, Fundación Chile ha participado en mejorar la eficiencia energética de Chile apoyando en numerosos programas tal como el etiquetado de eficiencia energética, el programa de eficiencia energética para edificios públicos y la aplicación en Chile de la iniciativa internacional Top-Ten, en.lighten, entre otros.

- El Ministerio de Medio Ambiente (MMA) colabora en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental para promover el desarrollo sustentable del país. A través de la generación de políticas públicas y regulaciones, promueve buenas prácticas y mejora la educación ambiental ciudadana. De esta manera, y con la reciente aprobación de la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP), se convierte en un actor relevante para iniciativas de eficiencia energética en cuanto a los procesos de recolección y reciclaje de los desechos provenientes de productos.

Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC): es un Comité de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y tiene como misión fomentar la inclusión de la dimensión del cambio climático y el desarrollo sostenible en el sector privado

y en los territorios. Esto, a través de acuerdos voluntarios, coordinación con otras instituciones públicas, iniciativas de fomento y la ejecución de programas y proyectos que aporten a la construcción de una economía sustentable, resiliente y baja en carbono. Al mismo tiempo apoyan el cumplimiento de los compromisos internacionales de Chile en estas materias. Sus ámbitos de acción específicos son la transferencia tecnológica, la formación de capacidades y la difusión del conocimiento. Junto a ello, impulsan el emprendimiento e innovación, el financiamiento, el establecimiento y certificación de estándares y la acreditación de auditores.

- El Servicio Nacional del Consumidor (SERNAC) es un servicio público dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, responsable de cautelar y promover los derechos del consumidor y de representarlos. Reciben toda la información proveniente de los consumidores respecto a sus requerimientos o de la calidad de los productos que utilizan. Adicionalmente, a partir de la perspectiva del consumidor, pueden contribuir a integrar los dentro del ecosistema de aire acondicionado eficiente en Chile.

Es importante integrar a todos estos stakeholders cuando se implementen políticas públicas en el ámbito de la eficiencia energética en productos. Como cada uno posee expertís y conocimientos en diferentes áreas, se puede asegurar una buena implementación y a largo plazo con el fin de obtener reducciones importantes en el consumo energético del país.

De la información presentada se puede concluir que el desarrollo sostenible de un país y a la vez mejorar la calidad de vida de su población requiere de un uso eficiente de la energía. El objetivo es que crezca la curva del PIB, indicando un buen desarrollo económico, y desacoplar este crecimiento del consumo energético. Esto quiere decir que el país crece sin que ello implique un mayor consumo de los recursos. Para esto existen políticas públicas de eficiencia energética como el etiquetado energético y los estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS), que promueven reducir el consumo energético de los hogares. En particular para el caso de los aire acondicionado residenciales existe un potencial ahorro del 9% del consumo residencial y un 4% aproximado del consumo energético nacional.

2.2 Antecedentes de Aire Acondicionado

A continuación se presentan los antecedentes relacionados a la tecnología de los equipos de aire acondicionado. Y en relación a los mercado internacional y nacional de estos equipos.

2.2.1 Historia del Aire Acondicionado

El aire acondicionado comenzó a aparecer en los hogares alrededor de 1914; El primero fue instalado en la mansión de Minneapolis nativo y pionero de la fabricación Charles Gilbert Gates. En 1931, H.H. Schultz y J.Q. Sherman inventó unidades que enfriaban específicamente las habitaciones individuales, que se sentaban en los bordes de las ventanas. En 1939, el primer coche con aire acondicionado fue inventado. La década de 1950 vio un aumento en el uso residencial. En los años 70, las unidades centrales de la CA entran en prominencia, substituyendo unidades de la ventana en renombre (Fuente: <https://www.certifiedclimate.com/blog/2015/05/the-history-and-importance-of-air-conditioning/>).

Cómo comenzaron los acondicionadores de aire modernos

El interés documentado en el aire acondicionado se puede encontrar ya en 1758. Sin embargo, no fue hasta principios de 1900 cuando lo que conocemos como aire acondicionado llegó a ser. Inventado por Willis Carrier en 1902, la primera unidad moderna fue encargada por Sackett-Wilhelms Lithographing and Publishing Company en Brooklyn, Nueva York. Carrier desarrolló un sistema que sopló el aire caliente del edificio sobre tubos fríos y helados. El sistema absorbió el calor en el aire y bajó la temperatura ambiente global. Con su éxito inicial, Carrier fundó el Carrier Air Conditioning Company of America (Fuente: <https://www.certifiedclimate.com/blog/2015/05/the-history-and-importance-of-air-conditioning/>).

La Importancia del Aire Acondicionado

Desde su creación, los acondicionadores de aire han proporcionado un gran servicio. No sólo refrescan el aire interior de su hogar y crean un ambiente cómodo, sino que también mejoran la calidad del aire dentro del hogar. Las unidades modernas están equipadas con medios filtrantes lavables o desechables que disuaden a los alérgenos y contaminantes de circular por sus espacios interiores. Para obtener más información sobre los acondicionadores de aire, el historial de aire acondicionado y el mantenimiento y el servicio del acondicionador de aire, comuníquese con su especialista en HVAC local (Fuente: <https://www.certifiedclimate.com/blog/2015/05/the-history-and-importance-of-air-conditioning/>).

Incorporación de Tecnología Inverter

A diferencia de los sistemas convencionales, la tecnología Inverter adapta la velocidad del compresor a las necesidades de cada momento, permitiendo consumir únicamente la energía necesaria. De esta manera se reducen las oscilaciones de temperatura, consiguiendo mantenerla en un margen comprendido entre +1°C y -1°C y gozar de mayor estabilidad ambiental y confort. (Fuente: <http://www.elaireacondicionado.com/articulos/inverter>).

Gracias a un dispositivo electrónico de alimentación sensible a los cambios de temperatura, los equipos Inverter varían las revoluciones del motor del compresor para proporcionar la potencia demandada. Y así, cuando están a punto de alcanzar la temperatura deseada, los equipos disminuyen la potencia para evitar los picos de arranque del compresor. De esta manera se reduce el ruido y el consumo es siempre proporcional.

El sistema Inverter posibilita que el compresor trabaje un 30% por encima de su potencia para conseguir más rápidamente la temperatura deseada y, por otro lado, también puede funcionar hasta un 15% por debajo de su potencia. De nuevo, esto se traduce en una significativa reducción tanto del ruido como del consumo. Sin Inverter: En los días de más frío un climatizador sin función inverter no calienta la habitación del todo bien. Tienen mayor rapidez de enfriamiento

Con Inverter: Al producir un 60% más de calor que los modelos de velocidad constante, los climatizadores inverter calientan una habitación rápidamente incluso en los días más fríos.

Sin Inverter: El compresor funciona a la misma velocidad todo el tiempo, por eso se tarda más en calentar o enfriar la habitación y lograr una temperatura agradable.

Con Inverter: El compresor funciona aproximadamente a una velocidad el doble de rápida hasta que se llega a la temperatura ideal, por eso el calentamiento y el enfriamiento son más rápidos.

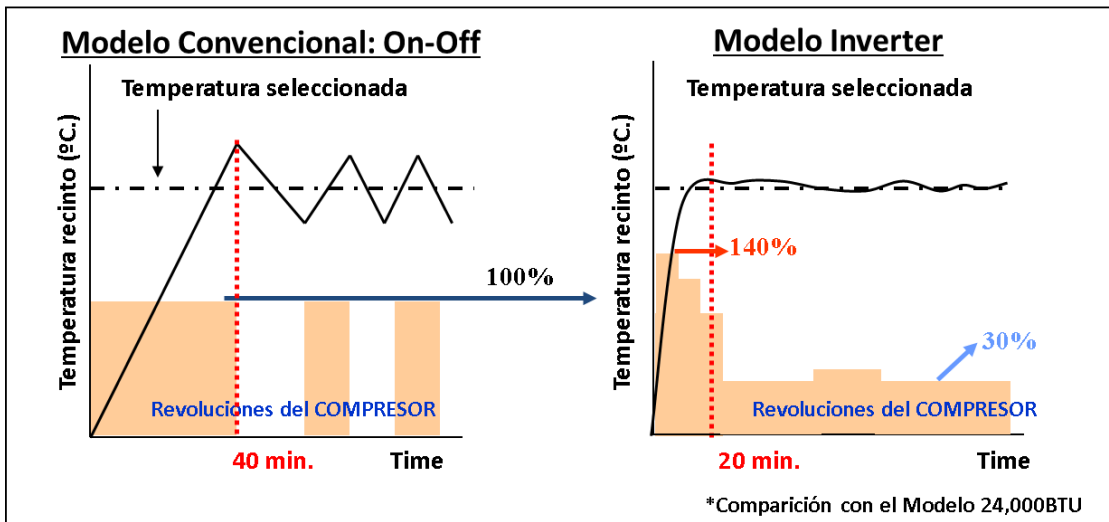


Figura 2.12 Comparación temperatura de confort entre modelos tradicionales On/Off e Inverter.

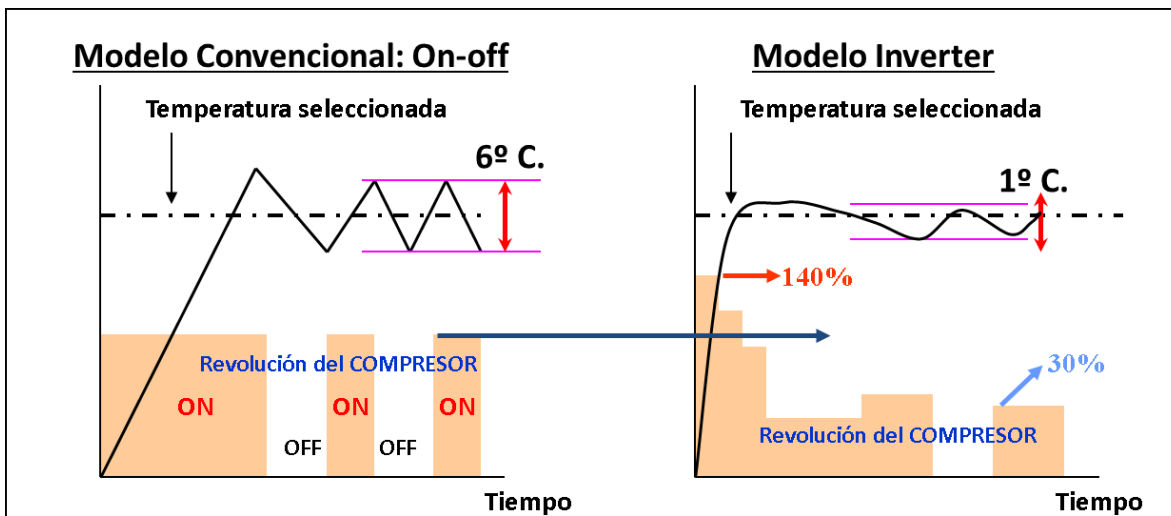


Figura 2.13 Comparación entre las revoluciones del compresor de un modelo Inverter y tradicional On/Off.

Ventajas

- Equipo con menor nivel de ruido del mercado y el más silencioso de Japón.
- Logra alcanzar la temperatura solicitada en la mitad del tiempo que un equipo estándar.
- Capacidad variable, ajusta la capacidad de acuerdo al requerimiento térmico de la habitación, aumentando o disminuyendo su capacidad según demanda.

- Control de temperatura más preciso, con una banda de funcionamiento es de 1°C ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) respecto a la temperatura solicitada, respecto de un equipo estándar con una banda de $\pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Tecnología Inverter no presenta PEAK de partida.
- Logran hasta un 50% de ahorro de energía respecto a un equipo estándar.
- Amplio rango de operación desde -15°C hasta $+46^{\circ}\text{C}$.
- Nuestros equipos no requieren trampas de aceite.
- Soportan mayores largos de tuberías alcanzando 75 m total máximo con 25 m en vertical.
- Requiere menor cantidad de conductores eléctricos de comunicación y tuberías de refrigeración de menor diámetro, es decir, la instalación es más económica.

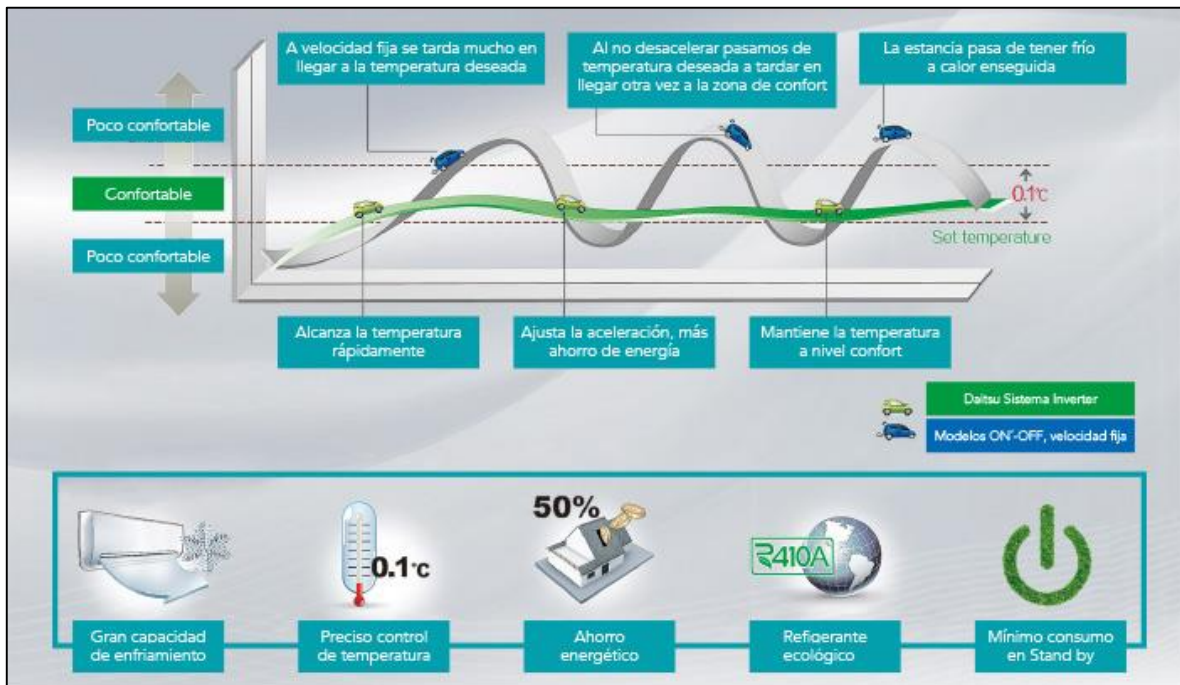


Figura 2.14 Explicación sobre cómo funciona la tecnología Inverter y sus beneficios.

La tecnología de los equipos de aire acondicionado ha cambiado, incorporando elementos que le permiten ser más eficientes y entregar un mejor confort al usuario, y seguirán cambiando con el tiempo. Es un hecho que son cada vez más utilizados en hogares, establecimientos públicos y privados y en el comercio. Y cada empresa busca posicionar y resaltar su modelo por sobre el de la competencia. Esto implica mejora en las componentes y entregar un mejor servicio y prestación del equipo, como lo es la tecnología Inverter.

2.2.2 Mercado Internacional de Aire Acondicionado

La demanda de acondicionadores de aire está en crecimiento y se espera que se acelere en el futuro décadas. El aumento de la población y de las propiedades con mejores condiciones de confort produce que se instalen aires acondicionados en cada uno de ellos y como consecuencia también crecen las redes de conexión eléctrica y su consumo energético. Las existencias totales previstas de aparatos de aire acondicionado en 150 países en vías de desarrollo y en las economías emergentes se muestran en la Figura 2.15. El stock de acondicionadores de aire en todo el mundo se espera que alcance los 1,5 mil millones de equipos al 2030. El modelo utilizado para la estimación se denomina Sistema de Modelización para el Análisis de Políticas (PAMS por sus siglas en inglés), desarrollado por el Lawrence Berkley National Laboratory (LBNL), y visado por los socios del programa de las naciones unidas United for Efficiency (U4E). (Fuente: Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E, UN Ambient)

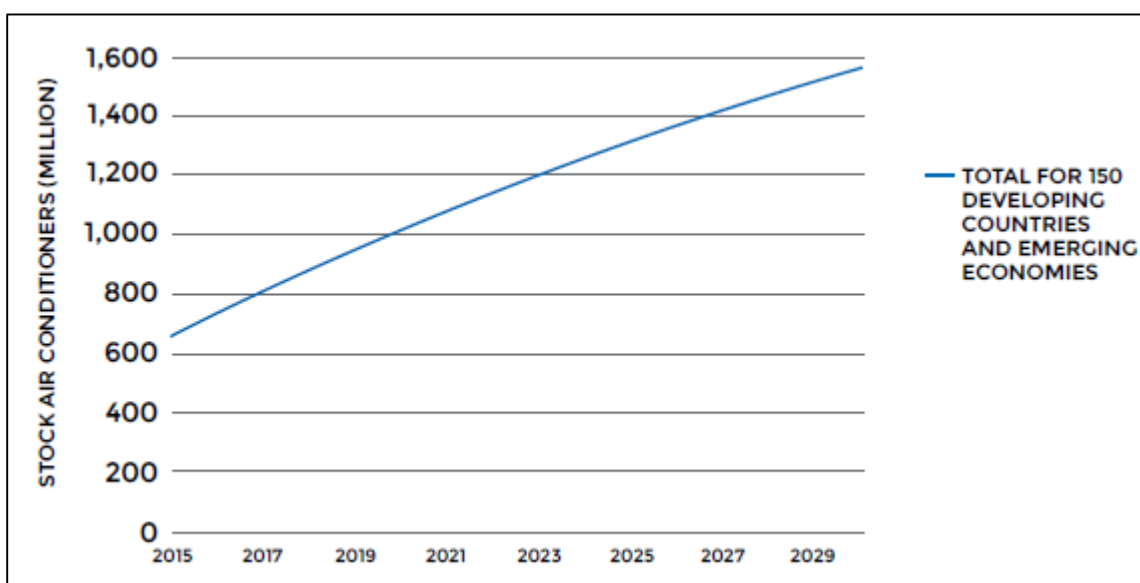


Figura 2.15 Proyección del parque instalado de aires acondicionados para 150 países y economías emergentes (Fuente: Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E Policy Guide Series2017).

Como se puede apreciar del gráfico presentado por U4E en 15 años se va a duplicar el parque instalado de equipos de aire acondicionado, donde Chile no está exento de esto, con lo que se vuelve sustancial tener una regulación vigente adecuada para este mercado y asegurar la llegada de productos seguros y de calidad al país.

De acuerdo con la Iniciativa de Enfriamiento Verde (Green Cooling Initiative), las ventas globales anuales de aire acondicionado fueron más de 60 millones de euros en 2014 y se

espera que lleguen a 300 millones en el año 2030. Este crecimiento está impulsado principalmente por países con crecimiento económico y por las grandes áreas metropolitanas de climas cálidos o calurosos, tales como Brasil, China, India, México, Sudáfrica, y en el Sudeste Asiático y el Medio Oriente. El precio de los equipos de aire acondicionado en todo el mundo ha bajado, haciéndolo más asequible y accesible incluso en lugares sin necesidad de refrigeración durante todo el año. El mercado de los acondicionadores de aire tipo Split-muro posee el crecimiento más rápido en ventas, representando el 88% a nivel mundial dentro de los equipos a nivel residencial. Los aires acondicionados Split-muro con tecnología Inverter son ampliamente utilizados en mercados como el de la Unión Europea (UE), Japón y los EE.UU., y están ganando popularidad en China, India, Brasil, Argentina y otras economías desarrolladas como Chile. Como se puede ver en la Figura 2.16, los mercados de estos equipos en todo el mundo están creciendo a una tasa anual promedio del 10%, con el crecimiento más rápido en Asia Pacífico de 12% y América Latina con un 8%.

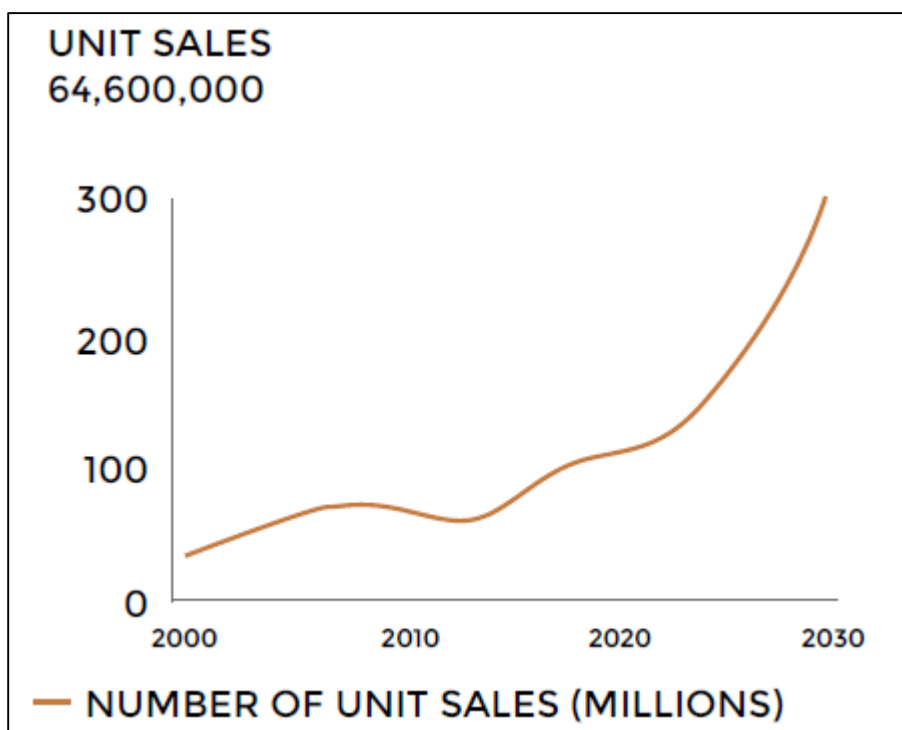


Figura 2.16 Unidades de aire acondicionado vendidas en todo el mundo en el año 2014
(Fuente: *Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners*, U4E Policy Guide Series2017).

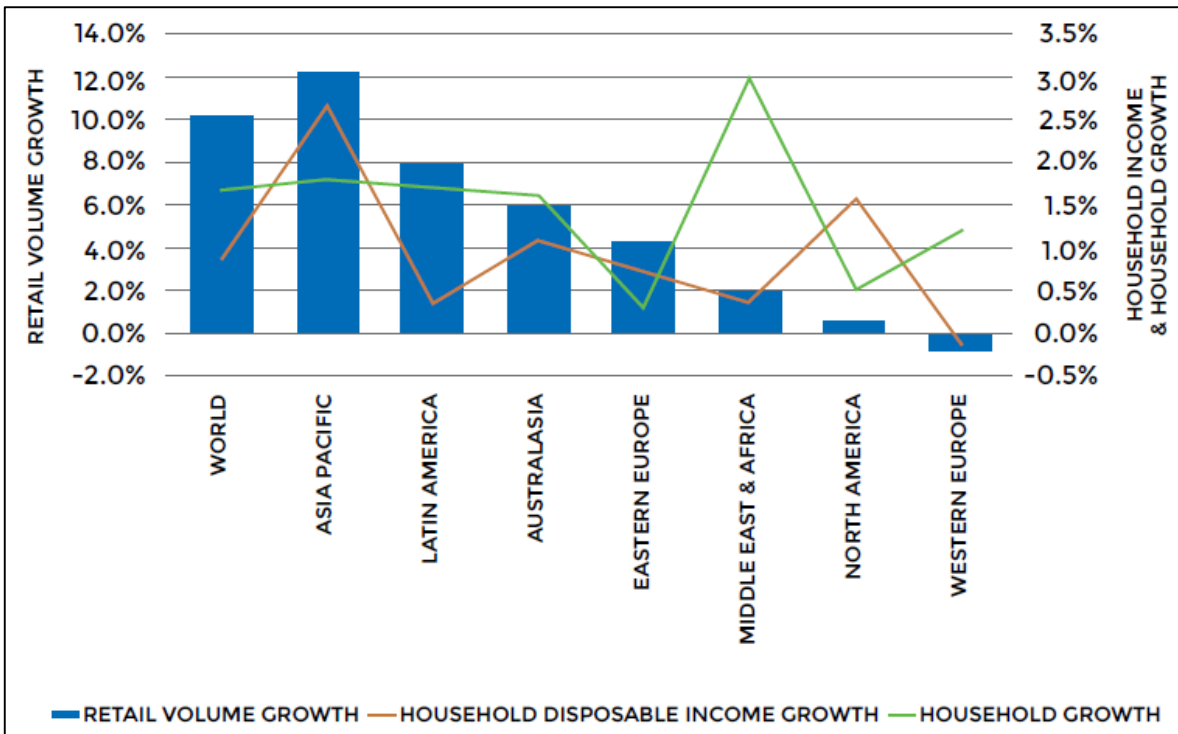


Figura 2.17 Crecimiento del retail para equipos de aire acondicionado en el mundo (Fuente: Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E Policy Guide Series2017).

China domina la producción de aires acondicionados, produce alrededor del 67% a nivel mundial, exportando la mitad de esta producción. Tailandia, el segundo mayor fabricante del mundo, exporta el 90% de su producción. Otros países con un gran sector manufacturero son Brasil, India, Japón, Malasia y la República de Corea. En términos de tamaño de los mercados, el mayor mercado es China, con el 38% de la demanda a nivel mundial de estos equipos. Le siguen los mercados de Asia (excluyendo Japón y China) y América del Norte, con un 17% y un 10% de la demanda, respectivamente. A nivel mundial, existen alrededor de 750 millones de unidades de aires acondicionados en uso. En 2014 esto produjo el consumo de 1.650 TWh de electricidad, el equivalente a 1.150 millones de toneladas de CO2 emitidos. Además si se consideran también el efecto de los gases refrigerantes que utilizan estos equipos, las emisiones totales ascienden a unas 1450 MM de toneladas de CO2. Esto representó un 4,5% de las emisiones de CO2 a nivel mundial relacionadas con el consumo de energía.

Dado el crecimiento previsto de la producción y de la demanda, las emisiones de los equipos de refrigeración y de aires acondicionados (incluidos las bombas de calor) se van a duplicar del 2020 al 2030, abarcando el 11% de las emisiones a nivel global. La mitad de estas

emisiones corresponderán a equipos de aire acondicionado (Fuente: Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E Policy Guide Series2017).

2.2.3 Mercado Chileno de Aire Acondicionado

En Chile cada vez se está haciendo mayor el uso de los equipos de aire acondicionado, dadas las altas temperaturas en verano y las bajas en épocas de invierno, son varios los tipos de equipos a los que se pueden acceder en el mercado y de diferentes capacidades para las distintas necesidades. Entre los beneficios de tener un equipo de aire acondicionado en el hogar u oficina, se encuentran tener mejores condiciones de confort térmico y en modos de calefacción no evitar la contaminación local a diferencia de las estufas.

Entre todos los equipos se destaca el tipo Split-muro, una de las mejores alternativas para climatizar el hogar, poseen un diseño armonioso, sin interferir en la decoración; técnicamente hace recircular el aire a través de un evaporador, el que lo refrigera o calefacciona según sea la época del año. Además, es de fácil instalación y manejo simple. El costo de estos equipos ha disminuido notablemente. Hace años atrás el aire acondicionado era considerado un objeto de lujo, sólo para el uso en oficinas; su valor significaba una inversión que promediaba \$700.000 pesos o más. Hoy, un equipo de buena calidad para climatizar, en frío o calor, 18 metros cuadrados puede no sobrepasar los \$400.000 pesos chilenos (Fuente: <https://www.top-ten.cl>).

Dentro del mercado Chileno se destacan cerca de 42 modelos tipo Split muro a la venta en el Retail, principalmente en Falabella, Ripley, París y Sodimac, con un precio promedio de \$430.000 pesos. Los más comunes son los de 9.000 y 12.000 BTU de capacidad, donde un tercio poseen tecnología Inverter. Cabe destacar que es en los últimos años donde se ha masificado la venta de estos aparatos en el Retail.

El mayor mercado es el especializado en refrigeración, donde se encuentran las empresas Eurofred (comercializando las marcas de Fujitsu y Daitsu), Midea & Carrier, LG, Anwo, Cosmoplas, NVL, Electrolux, Daikin, CMER Shoot y Tranee. Un estudio de mercado realizado por la empresa Eurofred (que abarca todas las marcas mencionadas) muestra que va en aumento la venta de los equipos tipo split-muro como se puede ver en el Grafico X.

Sin embargo, como se puede en la Figura 2.17, los equipos con tecnología Inverter no aumentan de la misma manera e incluso se mantienen. Siendo que estos son los más eficientes energéticamente del mercado.

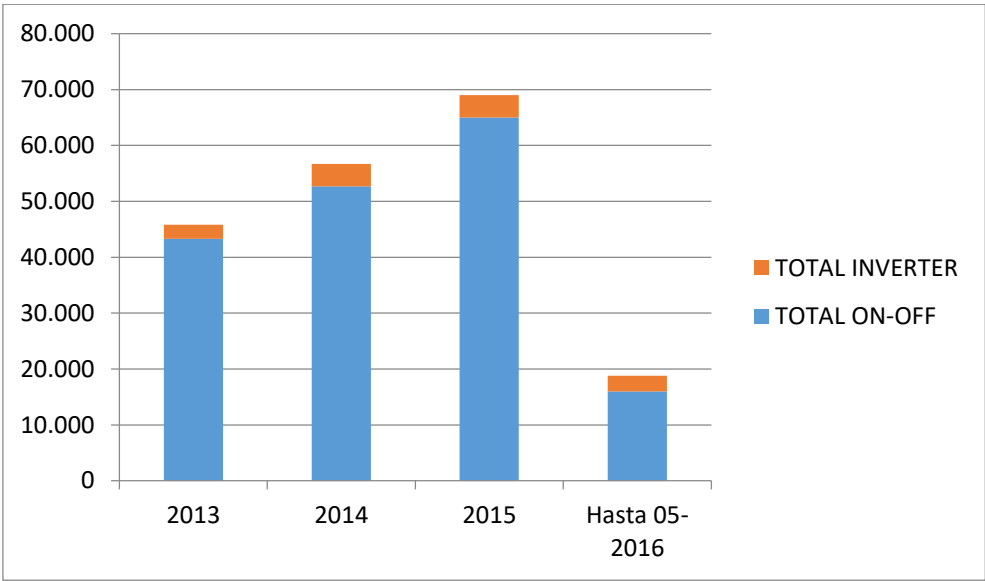


Figura 2.18 Gráfico de barras que muestra ventas por año de equipos de aire acondicionado por tecnología (Fuente: estudio de mercado de acondicionadores de aire Split muro, Eurofred, 2017).

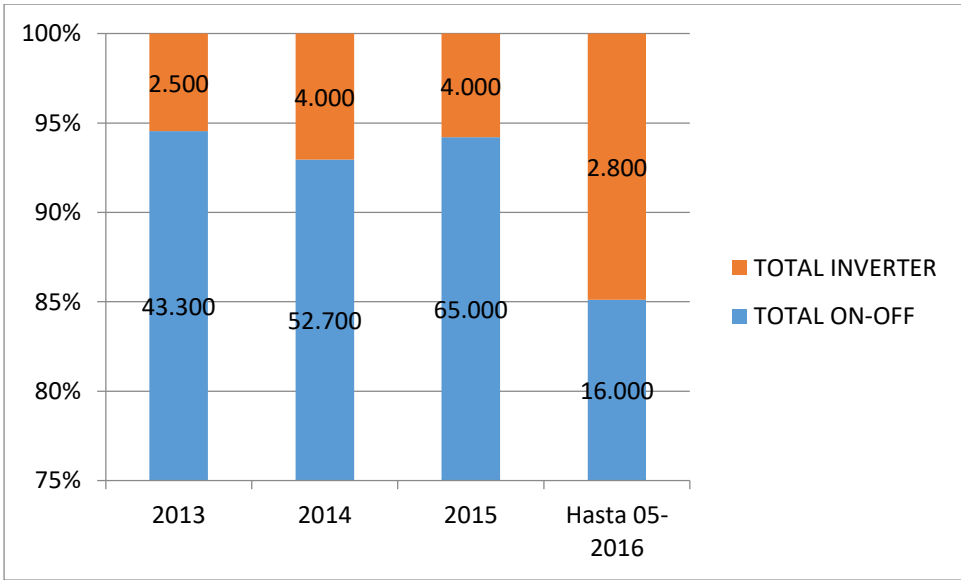


Figura 2.19 Gráfico de barra apilado que muestra las ventas anuales de equipos de aire acondicionado por año y según tecnología (Fuente: estudio de mercado de acondicionadores de aire Split muro, Eurofred, 2017).

Tabla 2.2 Venta anual de equipos de aire acondicionado Split muro por capacidad y tecnología
(Fuente: estudio de mercado de acondicionadores de aire Split muro, Eurofred, 2017).

Venta de equipos de aire acondicionado Split muro		Hasta 05-2016	2015	2014	2013
9.000 Btu/h	On-Off	5.925	26.185	21.339	13.600
12.000 Btu/h	On-Off	5.510	21.740	17.526	7.210
18.000 Btu/h	On-Off	2.555	9.665	7.405	3.690
24.000 Btu/h	On-Off	335	3.015	2.550	20.480
9.000 Btu/h	Inverter	825	1.090	1.070	725
12.000 Btu/h	Inverter	750	1.385	1.305	750
18.000 Btu/h	Inverter	450	720	805	380
24.000 Btu/h	Inverter	230	270	470	240

Uno podría suponer que se debe al mayor costo de inversión, un equipo Inverter cuesta en promedio un 50% más que un modelo Tradicional On/Off. A pesar de esto, como se puede observar en la Figura 2.20, un modelo con un Índice de Eficiencia Energética (EER por sus siglas en inglés) de 5,4, el cual correspondería a un modelo Inverter, tiene un costo de operación (consumo de electricidad) que representa un 40% de su costo total a lo largo de la vida útil. Siendo que en el caso de un modelo con un EER de 3,2, este costo representa un 75% del costo total. Por lo tanto, la eficiencia del modelo Inverter compensa su costo de inversión versus un modelo tradicional.

Cabe destacar que actualmente existen modelos Inverter que llegan a Un EER de entre 6-7, y que existen modelos tradicionales con un EER menor a 3, por lo que los ahorros podrían ser aún mayores.

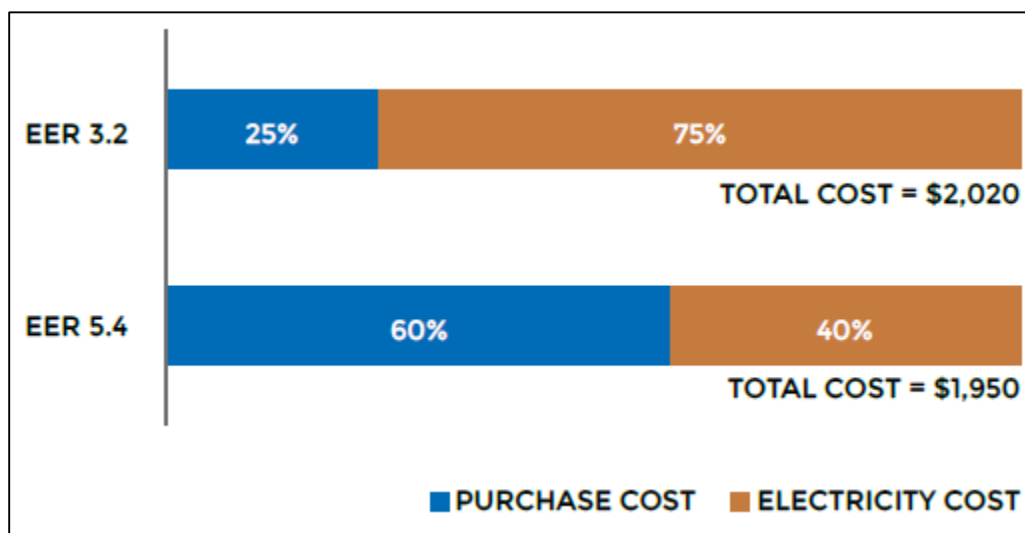


Figura 2.20 Comparación del costo total (costo de compra + costo de operación) entre dos equipos de aire acondicionado y diferente eficiencia energética (Fuente: Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E Policy Guide Series2017).

Entonces, el casi nulo aumento en las ventas de los modelos Inverter, se puede deber a un problema de educación y sensibilización de los consumidores, quienes no comprenden los beneficios de la eficiencia energética. No obstante, el problema tiene su causa en a las falencias del marco regulatorio para estos equipos, los cuales se van a presentar en la última etapa de este capítulo.

2.3 Marco Regulatorio

En seguida se señalan los marcos regulatorios internacionales y nacionales a los que están sujetos los equipos de aire acondicionado del tipo Split-muro de hasta 12 kW de potencia térmica. Se presentan los estándares utilizados para los ensayos de certificación por eficiencia energética, protocolos de ensayo en detalle y etiquetado energético para estos equipos.

2.3.1 Marco Regulatorio Internacional

La mayoría de los estándares para medir la capacidad y eficiencia de los equipos de aire acondicionado hacen referencia al estándar internacional ISO 5151. Sin embargo, no todas las economías están alineadas con la ISO 5151, y existen algunas diferencias entre los métodos de medición. Los países de América del Norte siguen los estándares establecidos por la Sociedad Americana de Ingenieros para Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE por sus siglas en Inglés), lo que significa que países como México, Costa Rica y algunos otros de América del Sur no adopten la ISO 5151.

El coeficiente de eficiencia energética (EER por sus siglas en Inglés) y el coeficiente de eficiencia energética estacional (SEER) son las dos principales métricas que se usan internacionalmente para evaluar la EE de los equipos de aire acondicionado. El EER mide la EE del equipo a carga completa, es decir, la mide en un punto específico a la máxima capacidad de enfriamiento. El SEER se obtiene según una ponderación de eficiencias a carga parcial, esto se realiza mediante la variación de la temperatura exterior en el ensayo y por ende la variación de la carga (capacidad) de enfriamiento.

El SEER fue propuesto como un índice de eficiencia representativo, ya que los equipos en la práctica se utilizan en diferentes condiciones ambientales y no en una fija. Además la tecnología Inverter, que permite variar las frecuencias del compresor, y como consecuencia la potencia del equipo, por lo tanto estos equipos operarán a carga parcial y completa.

Los métodos de ensayo se basan en dos formas de medir la EE: el método del calorímetro y el método de la entalpía del aire. La norma ISO 5151 detalla ambos métodos. La diferencia

entre ambos radica en la precisión de los resultados, la duración del ensayo y el costo de inversión que debe realizar el laboratorio.

Tabla 2.3 Normas nacionales y normas de referencia, métricas usadas, para diferentes países para los ensayos de EE para aires acondicionados (Fuente: CLASP, Improving Global Comparability).

ECONOMY	NATIONAL TESTING STANDARD	REFERENCE TEST STANDARD	METRIC USED
AUSTRALIA	AS/NZS: 3823-2013	ISO 5151	AEER*
CHINA	Fixed speed: GB/T 7725-2004 Variable speed: GB/T 7725-2004, GBT 17758-2010	ISO 5151	EER for fixed speed SEER** for variable speed
EU	EN 14825	ISO 5151	EU SEER
INDIA	Fixed speed: IS 1391-1992 with all amendments Variable speed: 16358-1:2013	ISO 5151	EER*** for fixed speed Indian SEER for variable speed
JAPAN	JIS B 8616:2015 for commercial ACs JIS C 9612: 2013 for Room ACs	ISO 5151, ISO 16358*****	APF****
REPUBLIC OF KOREA	KS C 9306:2011	ISO 5151, ISO 16358*****	CSPF
US	10 CFR 430, Subpart B, Appendix F	Consistent with ASHRAE Standard 16/69	US SEER
VIET NAM	TCVN 7830:2015	ISO 5151, ISO 16358*****	CSPF

Como se puede ver en la Tabla 2.3, Europa tiene su norma EN 14825 basada en la norma internacional ISO 5151. Esta norma es la que se analizará en la investigación presente, ya que el Ministerio de Energía de Chile se basa en estándares Europeos al momento de definir e implementar la normativa nacional sobre normas y protocolos de ensayo.

La norma Europea EN 14825:2016 establece las condiciones para los ensayos a carga parcial en el modo de refrigeración y calefacción, que se detallan a continuación.

Ensayo a carga parcial modo refrigeración

Para las unidades de aire acondicionado que funcionan con fluidos de aire-aire se establecen las siguientes condiciones de ensayo para determinar la capacidad declarada del equipo y su razón de eficiencia energética (EER).

Tabla 2.4 Condiciones ambientales para el ensayo a carga parcial para el modo refrigeración según EN14825:2016.

	Part load ratio	Part load ratio %	Outdoor air dry bulb temperature °C	Indoor air dry bulb (wet bulb) temperatures °C
A	$(35-16)/(T_{designc} - 16)$	100	35	27(19)
B	$(30-16)/(T_{designc} - 16)$	74	30	27(19)
C	$(25-16)/(T_{designc} - 16)$	47	25	27(19)
D	$(20-16)/(T_{designc} - 16)$	21	20	27(19)

Entonces, como se muestra en la Tabla 2.4, la unidad de A.C se ensaya bajo 4 condiciones diferentes de temperatura exterior, lo que causa que el equipo trabaje a diferentes capacidades. De esta manera se obtiene un EER para las condiciones A, B, C y D, y con ello se determina el SEER que viene a ser un EER pero a través de una curva de diferentes temperaturas exteriores. El detalle del cálculo no entra en el alcance de la investigación, solo interesan las diferentes condiciones de ensayo.

Ensayo a carga parcial modo calefacción

Para las unidades de aire acondicionado que funcionan con fluidos de aire-aire se establecen las siguientes condiciones de ensayo para determinar la capacidad declarada del equipo y coeficiente de operación (COP por sus siglas en inglés).

Tabla 2.5 Condiciones ambientales para el ensayo a carga parcial modo calefacción según la norma EN14825:2016.

Condition	Part Load Ratio in %				Outdoor heat exchanger	Indoor heat exchanger
	Formula	A	W	C	Inlet dry (wet) bulb temperature °C	Indoor air dry bulb temperature °C
A	$\frac{(-7 - 16)}{(T_{designh} - 16)}$	88	n/a	61	-7(-8)	20
B	$\frac{(+2 - 16)}{(T_{designh} - 16)}$	54	100	37	2(1)	20
C	$\frac{(+7 - 16)}{(T_{designh} - 16)}$	35	64	24	7(6)	20
D	$\frac{(+12 - 16)}{(T_{designh} - 16)}$	15	29	11	12(11)	20
E	$(TOL - 16) / (T_{designh} - 16)$				TOL	20
F	$(T_{bivalent} - 16) / (T_{designh} - 16)$				T _{bivalent}	20
G	$\frac{(-15 - 16)}{(T_{designh} - 16)}$	n/a	n/a	82	-15	20

En la Tabla 2.5 se puede ver en la columna de porcentaje de carga 3 tipos de condiciones A, W y C, a diferencia del ensayo para modo frío que solo existe una. Estas 3 condiciones representan climas promedio, cálido y frío respectivamente. Esto fue definido en base a los diferentes climas en épocas de invierno en Europa. El más común utilizado es la condición climática promedio A.

Luego, el coeficiente de operación estacional (SCOP) se calcula utilizando el consumo energético de estas condiciones y el calor generado. El detalle del cálculo del SCOP no interesa al marco de esta investigación, solo las diferentes condiciones de ensayo que se aplican.

2.3.2 Marco regulatorio Nacional

Este sub-capítulo presenta el marco regulatorio vigente en Chile para los equipos de aire acondicionado.

El Ministerio de Energía de Chile en conjunto con la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, SEC, establecieron la certificación de productos como obligación para que estos se puedan vender en el país. El principal objetivo de esta regulación es asegurar la entrada de productos seguros para los usuarios. Como segundo objetivo asegurar la eficiencia

de ellos, política energética para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, GEI por sus siglas en inglés.

Para obtener los certificados de seguridad y/o eficiencia energética, fabricantes y distribuidores solicitan la certificación a los Organismos de Certificación (OC), los cuales a su vez realizan los ensayos a través de laboratorios acreditados y autorizados por la SEC. Luego, el OC valida el informe de ensayo y emite el certificado y etiqueta energética para el importador o fabricante. Finalmente se puede comercializar el producto. A continuación se presenta un esquema que explica de forma más detallada el proceso de certificación.

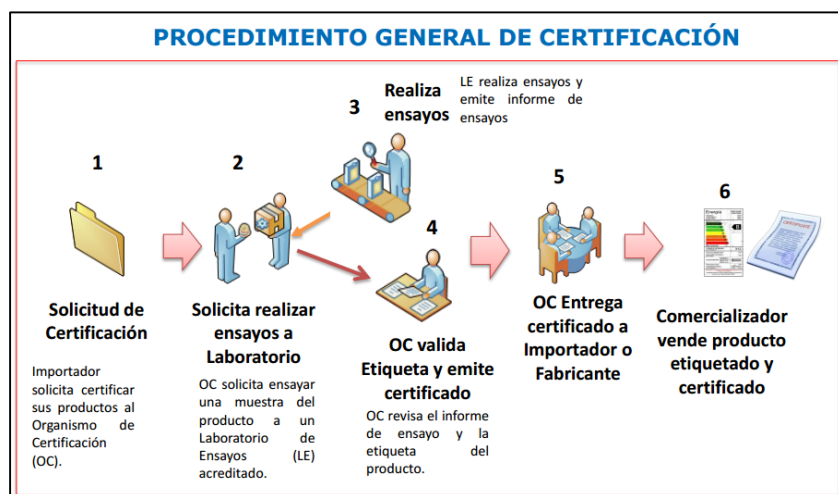


Figura 2.21 Esquema que muestra el procedimiento general de certificación y etiquetado energético de productos en Chile según la SEC.

Los Organismos de Certificación autorizados en Chile son 9 para el protocolo de certificación por seguridad, y 6 para el de eficiencia energética. Existen dos laboratorios acreditados para realizar los ensayos por seguridad. Actualmente, existe un solo laboratorio en Chile autorizado para realizar ensayos de eficiencia energética en equipos de aire acondicionado: **SILAB Ingenieros**. Todos ellos son acreditados por la SEC. Sin embargo, existen otros sistemas de certificación como el sistema 6 de la SEC que permite la homologación de certificados extranjeros.

El protocolo PE N°1/26/2 establece la certificación y etiquetado de Eficiencia Energética para los equipos de aire acondicionado. El alcance y campo de aplicación del protocolo es para los equipos monofásicos, de expansión directa de gas refrigerante, tipo dividido o tipo unidad, sin distribución de aire por ductos, hasta una potencia térmica de 12 kW (42.000 BTU/h) y que sean condensados por aire.

El ensayo en laboratorio por eficiencia energética se realiza según la norma chilena NCh2685.Of2002 basada en la norma internacional ISO5151:1994. En ella se especifica que los equipos se ensayan en modo refrigeración y calefacción según las cláusulas 4 y 5 respectivamente.

La cláusula 4 de esta norma comprende las condiciones de ensayo y clasificación para acondicionadores de aire sin ductos y bombas de calor cuando se utilizan para enfriamiento o refrigeración.

Dentro de ella se detallan 5 tipos de ensayo:

1. Ensayo de enfriamiento máximo:

El equipo de muestra se somete a condiciones de ensayo más exigentes, 43°C de temperatura del aire que entra por lado exterior.

Parametro	Condiciones de ensayo estándar		
	T1	T2	T3
Temperatura del aire que entra por el lado interior (°C)			
- bulbo seco	32	27	32
- bulbo humedo	23	19	23
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (°C)			
- bulbo seco	43	35	52
- bulbo humedo ¹⁾	26	24	31
Temperatura del agua del condensador (°C)			
- entrada ²⁾	34	27	34
Frecuencia de ensayo	Frecuencia de clasificación ³⁾		
Tensión de ensayo	a) 90% y 110% de la tensión de clasificación en una única etiqueta de clasificación. b) 90% de tensión mínima y 110% de tensión máxima para unidades con doble etiqueta de tensión de clasificación.		
1) La condición de temperatura de bulbo humedo no se requiere cuando los ensayos de condensadores enfriados por aire no evaporan el condensado. 2) Para equipos con condensadores enfriados por agua, el flujo de agua debe ser el mismo que el utilizado en el ensayo de enfriamiento (flujo mínimo para equipos con múltiple clasificación de capacidad de enfriamiento). Para equipos que incorporen una válvula de control para el agua del condensador, este se debe configurar para que opere normalmente. 3) Equipos con doble frecuencia de clasificación se deben ensayar para cada frecuencia.			

Figura 2.22 Condiciones y parámetros para ensayo de enfriamiento según NCh2685.Of2002.

Los controles del equipo se deben configurar para máximo enfriamiento y se deben cerrar todos los amortiguadores de ventilación y extracción de aire. El equipo bajo ensayo se debe operar continuamente durante 1 h después de que se han establecido las temperaturas del aire especificadas y el nivel de condensado de equilibrio. Luego, Toda la potencia del equipo se debe cortar por 3 min y posteriormente ser restaurada durante 1 h.

El objetivo es verificar el desempeño correcto del equipo en condiciones más desfavorables. Por lo tanto el quipo debe operar sin ninguna indicación de daño durante las 2 horas de duración del ensayo. Los motores del equipo deben operar continuamente durante la primera hora del ensayo sin activar los dispositivos protectores de sobrecarga del motor.

2. Ensayos de enfriamiento mínimo

Al igual que el ensayo anterior, el equipo se somete a condiciones más exigentes de ensayo.

Los controles, velocidades de ventiladores, amortiguadores y grillas del equipo deben estar configuradas para producir la máxima tendencia a escarchar o helar el evaporador, procurando que tales configuraciones no sean contrarias a las instrucciones de operación del fabricante.

Parámetro	Condiciones de ensayo estándar
Temperatura del aire que entra por el lado interior (°C)	
- bulbo seco	21 ¹⁾
- bulbo húmedo	15
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (°C)	Límite más bajo recomendado por el fabricante
Temperatura del agua de entrada (°C)	10
Flujo de agua	Especificada por el fabricante
Frecuencia de ensayo	Frecuencia de clasificación ²⁾
Tensión de ensayo	Tensión de clasificación ³⁾
<p>1) 21°C o la temperatura más baja sobre 21°C la cual permitirá que el dispositivo de regulación (control) opere el equipo.</p> <p>2) Equipos con doble frecuencia de clasificación se deben ensayar para cada frecuencia.</p> <p>3) Equipos con doble tensión de clasificación se deben ensayar para cada tensión.</p>	

Figura 2.23 Condiciones y parámetros para ensayo de enfriamiento mínimo según Nch2685.Of2002.

El equipo de muestra se debe encender y operar hasta que las condiciones se hayan estabilizado. Después de que se hayan estabilizado las condiciones de operación, el equipo se debe operar por un periodo de 4 horas.

Para pasar este ensayo ninguna acumulación de hielo o escarcha sobre el evaporador debe cubrir más del 50% del área de la cara del lado interior del serpentín evaporador transcurrida las 4 horas.

3. Ensayo de almacenamiento y evacuación del condensado

A continuación se indican las condiciones de este ensayo.

Parámetro	Condiciones de ensayo estándar
Temperatura del aire que entra por el lado interior (°C)	
- bulbo seco	27
- bulbo húmedo	24
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (°C)	
- bulbo seco	27
- bulbo húmedo ¹⁾	24
Temperatura del agua del condensador (°C)	
- salida	27
Frecuencia de ensayo	Frecuencia de clasificación ²⁾
Tensión de ensayo	Tensión de clasificación ³⁾
1) La condición de temperatura de bulbo húmedo no se requiere cuando los ensayos de condensadores enfriados por aire no evaporan el condensado. 2) Equipos con doble frecuencia de clasificación se deben ensayar para cada frecuencia. 3) Equipos con doble tensión de clasificación se deben ensayar para cada tensión.	

Figura 2.24 Condiciones y parámetros para ensayo de almacenamiento y evacuación del condensado según la NCh2685.

Los controles, velocidades de ventiladores, amortiguadores y grillas del equipo deben estar configurados para producir la máxima tendencia a escarchar o helar el evaporador, procurando que tales arreglos no sean contrarios a las instrucciones de operación del fabricante.

Después del establecimiento de las condiciones de temperatura especificadas, el equipo se debe encender con su recipiente de recolección de condensado lleno hasta el punto de rebalse.

El equipo debe estar funcionando hasta que el flujo de condensado haya llegado a ser uniforme.

El equipo se debe operar por un periodo de 4 horas.

Cuando se opere bajo las condiciones de ensayo especificadas, no debe gotear o escurrir agua condensada desde el equipo. Los equipos que evacúan el condensado al aire se deben deshacer de este condensado y no debe estar goteado o saliendo del equipo, tal que la construcción o el entorno esté mojado.

4. Ensayo de congelamiento

Este ensayo consiste de un ensayo de bloqueo de aire y ensayo de goteo, los cuales se pueden llevar a cabo simultáneamente con el ensayo de enfriamiento mínimo. Las condiciones se especifican a continuación

Parámetro	Condiciones de ensayo estandar	
	T1 y T3	T2
Temperatura del aire que entra por el lado interior (°C)		
- bulbo seco	21 ¹⁾	21 ¹⁾
- bulbo húmedo	15	15
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (°C)		
- bulbo seco	21	10
- bulbo húmedo	-	-
Temperatura del agua del condensador (°C)		
- salida ²⁾	21	10
Flujo de agua	Especificada por el fabricante	
Frecuencia de ensayo	Frecuencia de clasificación ²⁾	
Tensión de ensayo	Tensión de clasificación ³⁾	
<p>1) 21 °C o la temperatura más baja sobre 21 °C la cual debe permitir que el dispositivo de regulación opere el equipo.</p> <p>2) Para equipos con condensadores enfriados por agua, el flujo de agua del condensador se debe mantener según lo establecido en Tabla 1 excepto que, si se proporciona más de una clasificación, entonces se debe utilizar el flujo más alto.</p> <p>3) Equipos con doble frecuencia de clasificación se deben ensayar para cada frecuencia.</p> <p>4) Equipos con doble tensión de clasificación se deben ensayar para cada tensión.</p>		

Figura 2.25 Condiciones y parámetros para ensayo de congelamiento según NCh2685.

(*) Condiciones de flujo de aire para Ensayo de bloqueo de aire

Los controles del equipo se deben configurar para máximo enfriamiento y las velocidades del ventilador, amortiguadores y rejillas se deben configurar para producir la máxima tendencia a escarchar o helar el evaporador, siempre que tales condiciones no sean contrarias a las condiciones de operación del fabricante.

(**) Condiciones de flujo de aire Ensayo de goteo

La entrada de aire se debe cubrir para bloquear completamente el paso de aire, tanto como para intentar asegurar el completo bloqueo del serpentín evaporador por medio de escarcha.

(***) Condiciones del Ensayo de goteo

El equipo se debe operar por 6 h después de las cuales el equipo se debe detener y retirar la cubierta de la entrada de aire hasta que se derrita la acumulación de escarcha. El equipo entonces se debe encender nuevamente, con los ventiladores operando en la velocidad más alta, por 5 min.

Entonces, todo el ensayo de congelamiento dura 6 horas.

Requisitos de comportamiento

Para el ensayo de bloqueo de aire Al término de las 4 h de operación, ninguna acumulación de hielo o escarcha sobre el evaporador debe cubrir más del 50% del área de la cara del lado interior del serpentín evaporador.

Durante el ensayo de goteo no debe caer hielo desde el serpentín y no debe gotear o escurrir agua del equipo sobre el lado interior.

5. Ensayo de capacidad de enfriamiento

Este ensayo busca determinar la capacidad de enfriamiento del equipo y su razón de eficiencia energética (Energy Efficiency Ratio, EER por sus siglas en inglés). Se ensaya según las siguientes condiciones.

Parámetro	Condiciones de ensayo estándar		
	T1	T2	T3
Temperatura del aire que entra por el lado interior (°C)			
- bulbo seco	27	21	29
- bulbo húmedo	19	15	19
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (°C)			
- bulbo seco	35	27	46
- bulbo húmedo ¹⁾	24	19	24
Temperatura del agua del condensador ²⁾ (°C)			
- entrada	30	22	30
- salida	35	27	35
Frecuencia de ensayo	Frecuencia de clasificación ³⁾		
Tensión de ensayo	Tensión de clasificación ⁴⁾		
<p>T1 = Condiciones de clasificación de capacidad de enfriamiento estándar para climas moderados.</p> <p>T2 = Condiciones de clasificación de capacidad de enfriamiento estándar para climas fríos.</p> <p>T3 = Condiciones de clasificación de capacidad de enfriamiento estándar para climas cálidos.</p>			
<p>1) La condición de temperatura de bulbo húmedo no se requiere cuando los ensayos de condensadores enfriados por aire no evaporan el condensado.</p> <p>2) Representativo de equipos con torres de enfriamiento. Para equipos diseñados para otros usos, el fabricante debe proyectar las temperaturas del agua de entrada y salida del condensador o los flujos de agua y la temperatura del agua de entrada dentro de las clasificaciones.</p> <p>3) Equipos con doble frecuencia de clasificación se deben ensayar para cada frecuencia.</p> <p>4) El ensayo de tensión en equipos con doble tensión de clasificación se debe realizar para cada tensión o para la tensión más baja de las dos si sólo una clasificación es publicada.</p>			

Figura 2.26 Condiciones y parámetros para ensayo “capacidad de enfriamiento” según NCh2685.

La condición T1 para climas moderados es la que se aplica en Chile.

Las precondiciones de ensayo son:

1. Cuando se utiliza el método del calorímetro, se deben utilizar dos métodos simultáneos de determinación de capacidades. Un método determina la capacidad en el lado interior, el otro mide la capacidad del lado exterior. Para que el ensayo sea válido, estas dos determinaciones simultáneas deben concordar dentro del 4% del valor obtenido en el lado interior. En el caso de acondicionadores de aire sin ductos con condensadores de agua, se mide el flujo de calor evacuado a través del enfriamiento de agua en lugar de la medición en el compartimiento del lado interior.

2. El ensayo de capacidad debe incluir la determinación de la capacidad de enfriamiento total, latente y sensible determinada en el compartimiento del lado interior.
3. Los ensayos se deben llevar a cabo bajo las condiciones seleccionadas sin haber hecho cambios para corregir las variaciones de la presión barométrica estándar en la velocidad del ventilador o en la resistencia del sistema.
4. Las posiciones de las rejillas, posiciones de los amortiguadores, velocidades de los ventiladores, etc., se deben configurar de tal manera que se obtenga la capacidad de enfriamiento máxima, a menos que esto sea contrario a las instrucciones del fabricante. Cuando se realizan los ensayos con otras configuraciones, éstas se deben anotar junto con las clasificaciones de la capacidad de enfriamiento.
5. Para el ensayo de capacidad, las condiciones de ensayo se deben mantener como mínimo 1 h antes de registrar los datos.

Luego los datos se registran por 30 minutos con intervalos de 5 minutos. Por lo tanto el ensayo dura 1,5 horas.

El equipo de muestra se ensaya en laboratorio bajo una condición fija de temperatura exterior, de 35°C como se puede apreciar en la Figura 2.26. Esto supone que en la práctica un equipo de aire acondicionado va a funcionar siempre bajo las mismas condiciones, lo cual no es verdadero. Los consumidores utilizan estos equipos en las épocas de primavera y verano, donde la temperatura exterior puede oscilar de entre 28°C hasta 36°C.

Entonces, la Eficiencia Energética del equipo en prueba se va a ver determinada según su consumo de energía eléctrica y según su frío generado (potencia térmica lograda) a una condición exterior fija de 35°C, lo cual no es representativo a la práctica.

La cláusula 5 de esta norma comprende las condiciones de ensayo y clasificación para acondicionadores de aire sin ductos y bombas de calor cuando se utilizan para calefacción. Los medios para calefacción pueden ser el ciclo de refrigeración de la bomba de calor o una resistencia eléctrica.

Al igual que para el modo de refrigeración, se ensaya el equipo para corroborar su correcto funcionamiento bajo condiciones más exigentes.

1. Ensayo de calefacción máxima

A continuación se detallan las condiciones para este ensayo

Parámetro	Condiciones de ensayo estándar
Temperatura del aire que entra por el lado interior (°C) - bulbo seco	27
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (°C) - bulbo seco - bulbo húmedo	24 18
Frecuencia de ensayo	Frecuencia de clasificación ¹⁾
Tensión de ensayo	a) 90% y 110% de tensión de clasificación en una única etiqueta de clasificación. b) 90% de tensión mínima y 110% de la tensión máxima para unidades con doble etiqueta de tensión.
1) Equipos con doble frecuencia de clasificación se deben ensayar para cada frecuencia.	

Figura 2.27 Condiciones y parámetros para ensayo de calefacción máxima según NCh2685.Of2002.

Los controles del equipo se deben configurar para calefacción máxima y se deben cerrar todos los amortiguadores de aire de ventilación y amortiguadores de extracción de aire.

El equipo se debe operar continuamente durante 1 h después que las temperaturas del aire especificadas y el nivel de condensado de equilibrio se han establecido. Toda la potencia hacia el equipo se debe cortar por 3 min y posteriormente ser restaurada durante 1 h. Por lo tanto el ensayo dura 2 horas.

Cuando las bombas de calor del equipo de muestra deben satisfacer los requisitos siguientes: durante un ensayo completo, el equipo debe operar sin ninguna indicación de daño. Los motores de la bomba de calor deben operar continuamente durante la primera hora del ensayo sin activar los dispositivos protectores de sobrecarga del motor.

2. Ensayo de calefacción mínima

A continuación se indican las condiciones de ensayo

Parámetro	Condiciones de ensayo estándar
Temperatura del aire que entra por el lado interior (°C) - bulbo seco	20
Temperatura del aire que entra por el lado exterior ¹⁾ (°C) - bulbo seco - bulbo húmedo	-5 -6
Frecuencia de ensayo ²⁾	Frecuencia de clasificación
Tensión de ensayo ³⁾	Tensión de clasificación
1) Si el equipo se puede operar bajo la condición de temperatura <i>extra baja</i> , se deben utilizar las temperaturas de bulbo seco - 7°C y -8°C. 2) Equipos con doble frecuencia de clasificación se deben ensayar para cada frecuencia. 3) Equipos con doble tensión de clasificación se deben ensayar para cada tensión.	

Figura 2.28 Condiciones y parámetros para ensayo de calefacción mínima según NCh2685.Of2002.

Los controles del equipo deben estar configurados para calefacción máxima y se deben cerrar todos los amortiguadores de aire de ventilación y amortiguadores de extracción de aire.

El equipo se debe operar por 1 h bajo las condiciones de temperatura y tensión establecidas. Después que el equipo ha alcanzado condiciones de operación estables, éstas se deben mantener por 4 h.

La bomba de calor debe operar durante todo el ensayo sin interrupción por parte de algún control de seguridad.

3. Ensayo de descongelamiento automático

Se efectúa bajo las siguientes condiciones

Parámetro	Condiciones de ensayo estándar
Temperatura del aire que entra por el lado interior (°C)	
- bulbo seco	20
- bulbo húmedo (máximo)	15
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (alta ¹⁾) (°C)	
- bulbo seco	7
- bulbo húmedo	6
Frecuencia de ensayo	Frecuencia de clasificación ¹⁾
Tensión de ensayo	Tensión de clasificación ²⁾
1) Equipos con doble frecuencia de clasificación se deben ensayar para cada frecuencia.	
2) Equipos con doble tensión de clasificación se deben ensayar para cada tensión.	

Figura 2.29 Condiciones y parámetros para ensayo de congelamiento automático según NCh2685.Of2002

El equipo se debe operar hasta que se estabilicen las temperaturas especificadas.

El equipo debe permanecer en operación por dos períodos de descongelamiento completos o por 3 h, cualquiera sea el más largo.

Durante y directamente después de los períodos de descongelamiento, la temperatura del aire por el lado exterior no debe superar los 5°C. Durante el período de descongelamiento, la temperatura del aire proveniente del serpentín interior del equipo no debe ser más baja que 18°C por más de 1 min.

Entonces, los ensayos de enfriamiento y calefacción tienen una duración aproximada de 28 horas (considerando también los tiempos de preparación del laboratorio). Y los ensayos de capacidad que determinan la eficiencia energética de los equipos duran 8 horas.

Como se puede ver, según la norma los equipos se someten a las mismas pruebas en cuanto a “performance” que los estándares utilizados internacionalmente. La principal diferencia radica en la parte del ensayo que determina la EE de los equipos, en particular las condiciones de ensayo.

Al contrastar el ensayo de EE del sistema de certificación Eurovent con el ensayo según la norma nacional, se observa que la diferencia radica en la cantidad de condiciones de temperatura externa para los ensayos de refrigeración y calefacción. El sistema de certificación de Eurovent establece 4 y 7 temperaturas externas de ensayo y la norma nacional solo propone una temperatura externa fija. La ventaja de tener diferentes condiciones de ensayo, y no solo una condición, es que se logra representar de mejor manera las condiciones reales con las que tendrá que operar el equipo. Asimismo la tecnología Inverter incorporada en el compresor, logra entrar en funcionamiento durante los ensayos variando la frecuencia del compresor. De esta manera el equipo ensayado funciona a carga completa y carga parcial. Bajo una condición fija de temperatura externa el equipo funcionaría simplemente a plena carga.

Es importante entonces, tener un ensayo de EE adecuado a las tecnologías vigentes en el mercado, para que puedan ser probadas durante los ensayos de forma efectiva. En este caso, tener al menos 2 condiciones de temperatura externa durante el ensayo de refrigeración y calefacción. El ensayo de EE debe cumplir con su rol de vigilar el mercado y asegura la entrada de productos eficientes al país. Finalmente tener un solo laboratorio acreditado puede generar un cuello de botella en el mercado debido a los largos tiempos del ensayo de EE, pudiendo obligar a los fabricantes e importadores a realizar los ensayos en países extranjeros a través de los organismos de certificación acreditados.

2.4 Etiquetado de Eficiencia Energética en artefactos y MEPS

El etiquetado energético es una de las medidas (voluntaria u obligatoria) más comunes usadas para incentivar e incrementar la eficiencia energética de aparatos eléctricos. Existen dos tipos de etiquetas energéticas: las etiquetas de respaldo o aprobación como Energy Star o PROCEL (Figura 2.30) y las etiquetas comparativas como la Etiqueta Europea, China, Brasil o Australia/Nueva Zelanda por ejemplo (Figura 2.31). Esta última es la que se ve en el comercio clasificando a los productos como A, B, C etc.



Figura 2.30 Ejemplos de diferentes etiquetas internacionales de aprobación por eficiencia energética.

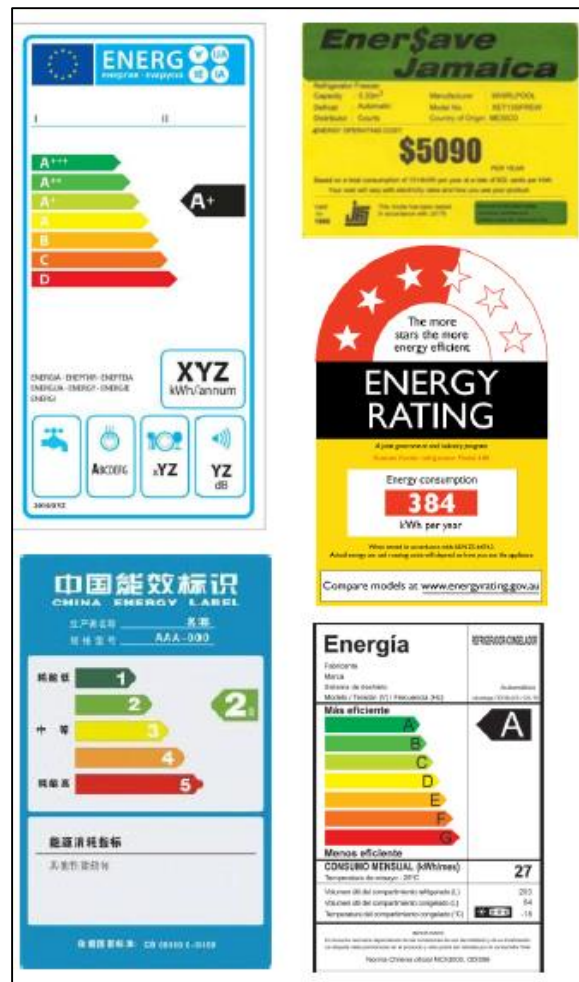


Figura 2.31 Ejemplos de etiquetas de comparación de eficiencia energética.

Es importante porque asegura que los consumidores puedan tomar decisiones de compra informadas fijándose en parámetros como consumo energético al momento de adquirir productos. Ayuda a cambiar el paradigma de los consumidores considerando el costo energético al largo plazo y no solo el costo de inversión de los aparatos eléctricos. Finalmente crea en el mercado la demanda por modelos más eficientes y reduciendo así la oferta de modelos de baja eficiencia.

Entonces, el etiquetado energético surge con el objetivo de tirar el mercado de aparatos eléctricos hacia la eficiencia energética, estimulando a los fabricantes a incorporar modelos más eficientes energéticamente al mercado. Es así como se crea una economía más eficiente.

A continuación, en las Figuras 2.32, 2.33 y 2.34 se muestran ejemplos de caso de éxito de implementación de etiquetas energéticas

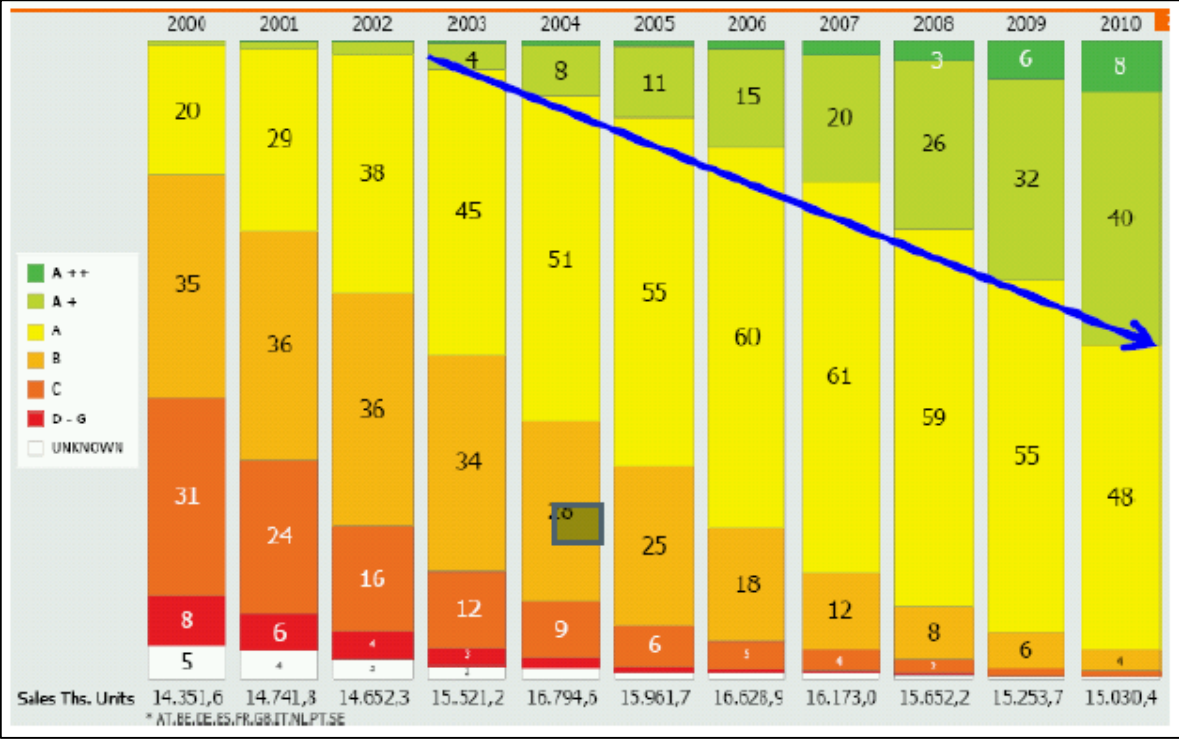


Figura 2.32 Evolución de la distribución de clases de eficiencia energética para iluminación en Europa (Fuente: Enlighten).

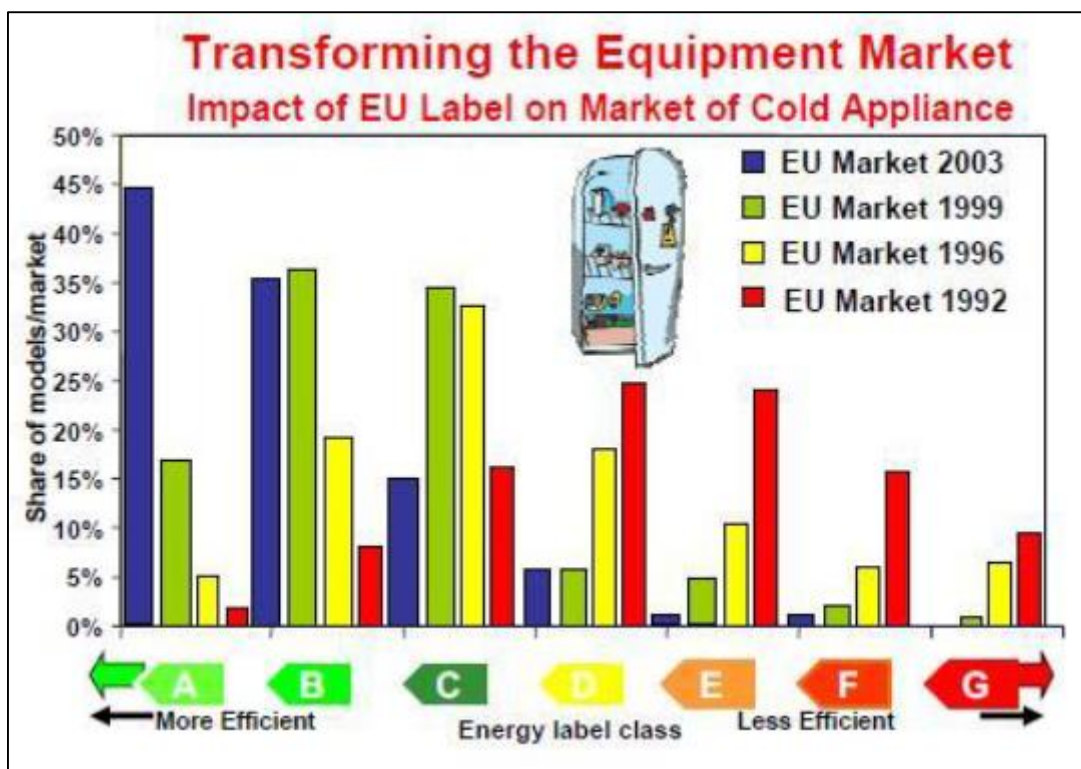


Figura 2.33 Distribución de clases de eficiencia energética en el mercado de Europa en diferentes años (Fuente: Top-ten Eu).

A su vez el etiquetado energético se complementa con los Estándares Mínimos de Eficiencia Energética (MEPS por sus siglas en inglés) que prohíben la comercialización de productos a partir de cierto nivel de eficiencia. Ambas medidas tiran y empujan el mercado hacia niveles más altos de EE como se puede ver en la Figura 2.34.

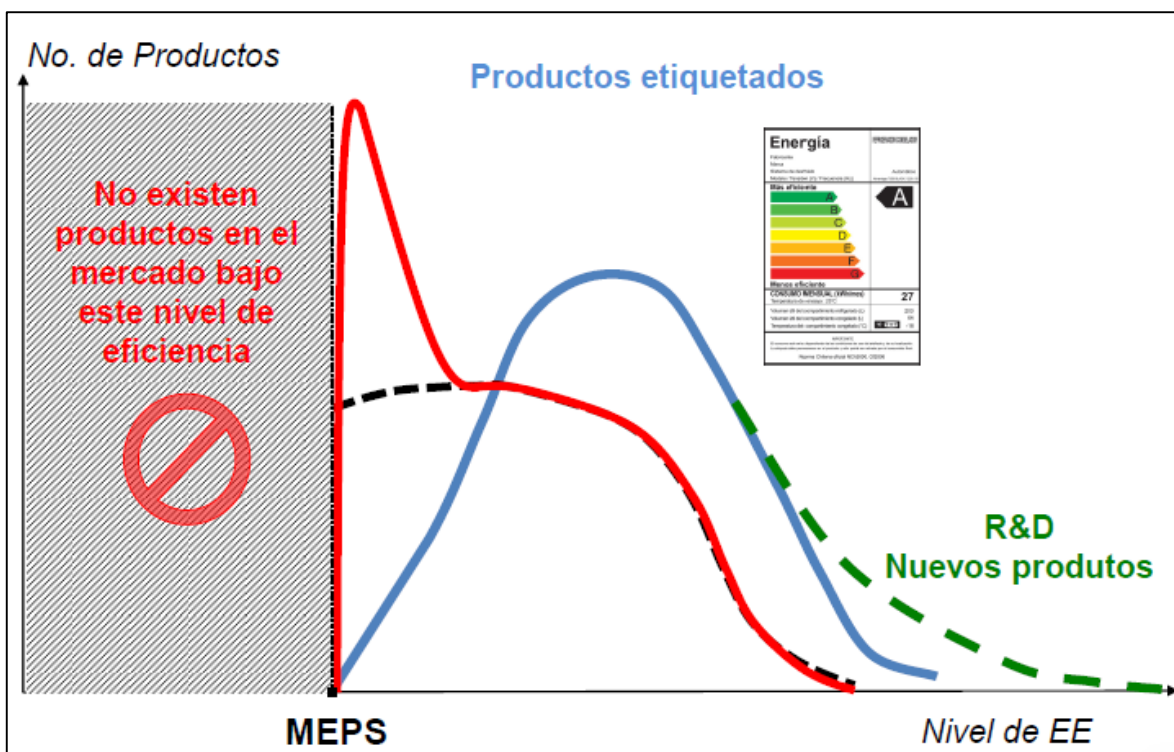


Figura 2.34 representación gráfica del efecto de los MEPS y etiquetas energéticas en los niveles de eficiencia energética de los productos.

Sin embargo, no se darán más detalles respecto de los MEPS ya que no son objeto de esta investigación, el foco es la etiqueta energética.

Otros beneficiados de estas medidas son las Utilities (generadoras, distribuidoras), porque se reducen los consumos de electricidad y la demanda “pic” también cae. Las ayudas a manejar de mejor forma el crecimiento de la demanda de electricidad, pueden crear mecanismos de apoyo para productos eficientes y se reduce la necesidad de inversión para crear mayor capacidad e infraestructura de la red eléctrica. Cabe destacar que estos son efectos secundarios (colaterales) de estas políticas públicas.

Si un país decide no tener estándares ni etiqueta, entonces entrarán productos de baja eficiencia a su mercado. Estos tendrán un menor costo de adquisición pero los consumidores residenciales terminarán pagando más en sus cuentas de electricidad y por ende aumentara la demanda de energía eléctrica. Los consumos “pic” de demanda aumentarán y se convertirán en un desafío para las Utilities y el país. Habrá necesidad de invertir en mayor generación eléctrica, lo que se verá reflejado directamente en las tarifas afectando a los consumidores. (Fuente: EE S&L IEA, David Morgado).

En la figura contigua se pueden ver qué países tienen MEPS y etiquetado energético para equipos de aire acondicionado.



Figura 2.35 Mapa que muestra implementaciones de MEPS y etiquetado energético por país en el mundo (Fuente: : Acelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners, U4E Policy Guide Series 2017).

Como ya se mencionó anteriormente se va a tomar como referencia a Europa. El etiquetado energético en Europa comenzó en el año 1994, en el año 2003 se agregan las clases “A+” y “A++”. En el año 2011 se presenta una nueva etiqueta y se agrega la clase “A+++”. (Fuente MEPS Marcelo Padilla Ministerio de Energía de Chile, 2016).

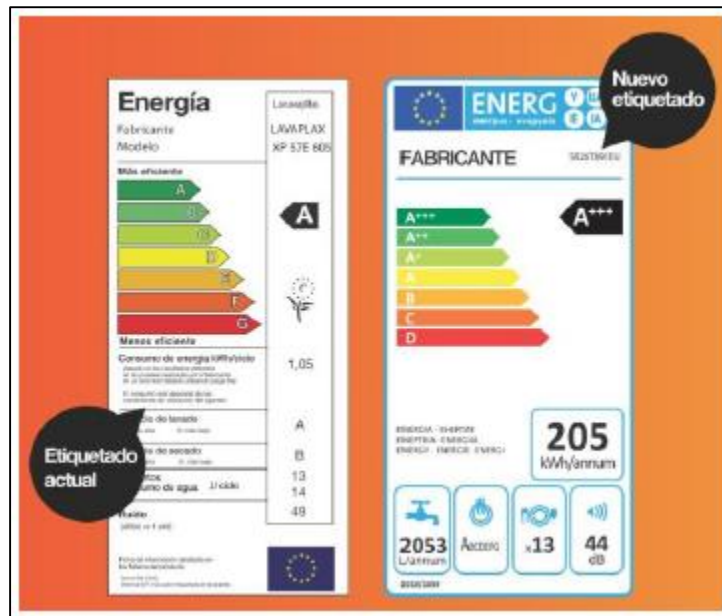


Figura 2.36 Ejemplos de etiquetados energéticos de aire acondicionado para Chile y Europa.

Actualmente la directiva Europa está proponiendo una nueva etiqueta (cambios en el diseño) donde se volverán a las antiguas clases “A-G” y no se considerarán las clases “A+”. La fecha de implementación será a partir del segundo semestre 2020.

La etiqueta vigente en Europa para equipos de aire acondicionado se implementó en el año 2011 y es la siguiente:

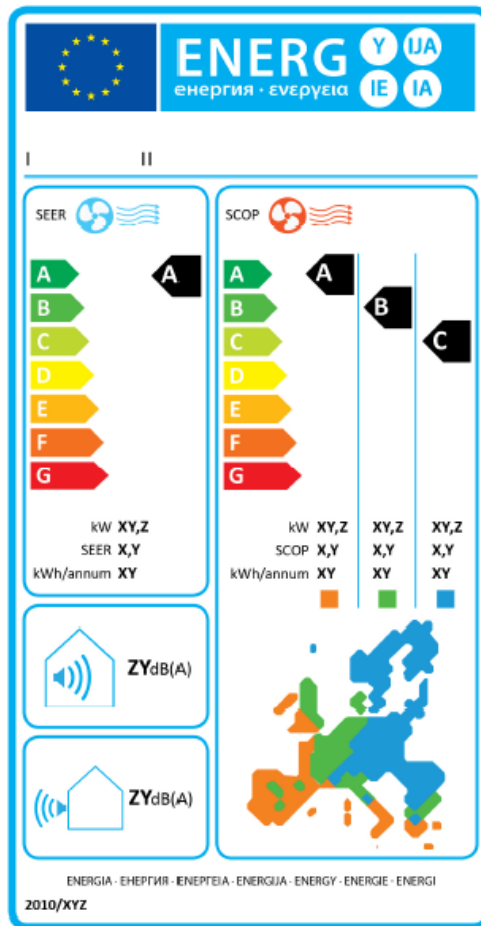


Figura 2.37 Ejemplo detallado de etiqueta energética de aire acondicionado para Europa (Fuente: WD Labelling Airco EN 2010 ISC).

En la etiqueta va la información de potencia, consumo anual y los índices de eficiencia energética: SEER y SCOP. El SCOP a su vez se clasifica según la zona climática de Europa. Además también se informa sobre el nivel de ruido interno y externo del equipo.

Los equipos se clasifican según la Tabla 2.6:

Tabla 2.6 Escala de clases de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado según la norma europea (Fuente: Eurovent OM-1-2017).

Energy Efficiency Class	SEER	SCOP
A+++	SEER \geq 8.50	SCOP \geq 5.10
A++	6.10 \leq SEER < 8.50	4.60 \leq SCOP < 5.10
A+	5.60 \leq SEER < 6.10	4.00 \leq SCOP < 4.60
A	5.10 \leq SEER < 5.60	3.40 \leq SCOP < 4.00
B	4.60 \leq SEER < 5.10	3.10 \leq SCOP < 3.40
C	4.10 \leq SEER < 4.60	2.80 \leq SCOP < 3.10
D	3.60 \leq SEER < 4.10	2.50 \leq SCOP < 2.80
E	3.10 \leq SEER < 3.60	2.20 \leq SCOP < 2.50
F	2.60 \leq SEER < 3.10	1.90 \leq SCOP < 2.20
G	SEER < 2.60	SCOP < 1.90

El año 2007 en Chile comienza la obligatoriedad para etiquetar ampolletas incandescentes, fluorescentes compactas y refrigeradores/congeladores. Posterior a esto se comenzaron a etiquetar otros productos, tomando en cuenta las siguientes variables para priorizar los artefactos:

- ✓ Peso del artefacto en el consumo energético de las viviendas.
- ✓ Existencia de normas técnicas a nivel internacional
- ✓ Disponibilidad tecnológica para generar cambios en el mercado.
- ✓ Evolución de las ventas anuales en el tiempo
- ✓ Proyección de las ventas a futuro
- ✓ Ciclo de vida de los productos

En la Figura 2.38 se presenta el esquema del funcionamiento del etiquetado energético para Chile.

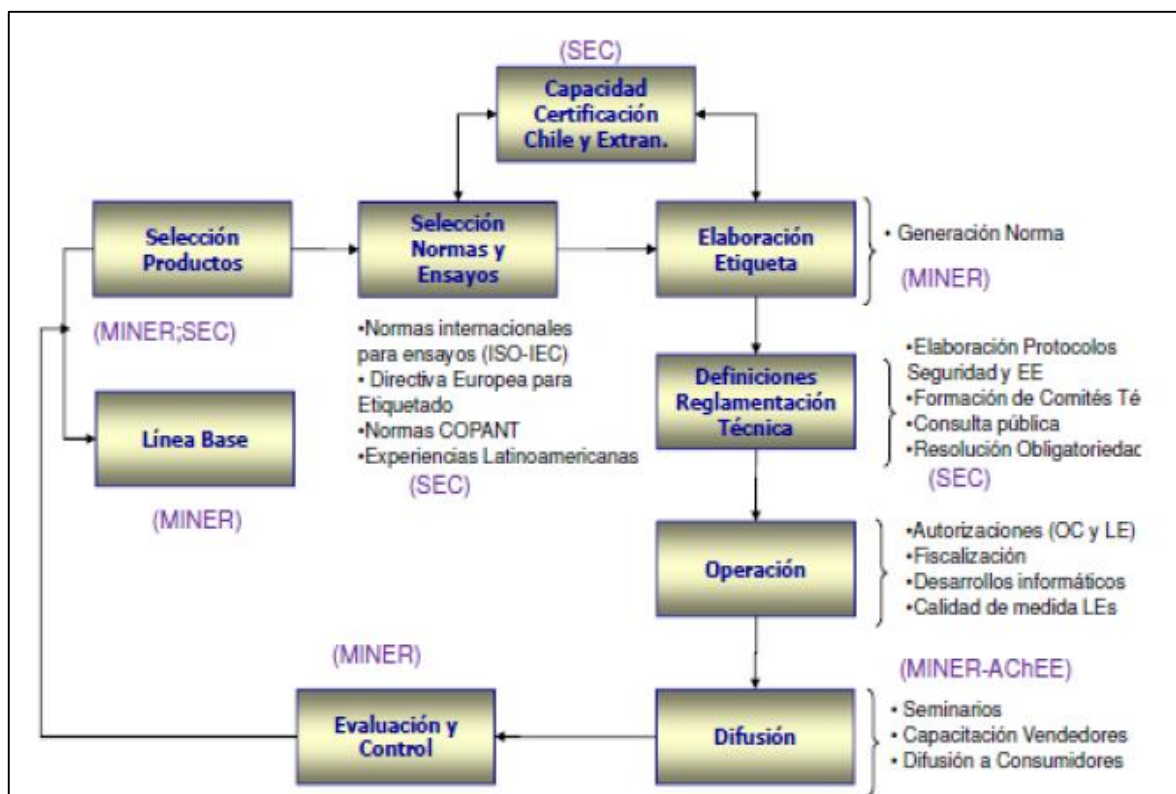


Figura 2.38 Diagrama de flujo que muestra el proceso para la elaboración del etiquetado energético de algún producto en Chile.

Como se puede ver, los principales entes relacionados con la etiqueta energética son el Ministerio de Energía y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Actualmente son más de 25 productos los que requieren de etiquetado energético. Los equipos de aire acondicionado comenzaron a etiquetarse el año 2009 según el protocolo de

análisis PE N°1/26/2. (Fuente: Etiquetado y Estándares Mínimos de EE en Chile, División de Eficiencia Energética, 2016).

La etiqueta energética para los equipos de aire acondicionado se define según la norma NCh3081.Of2007:

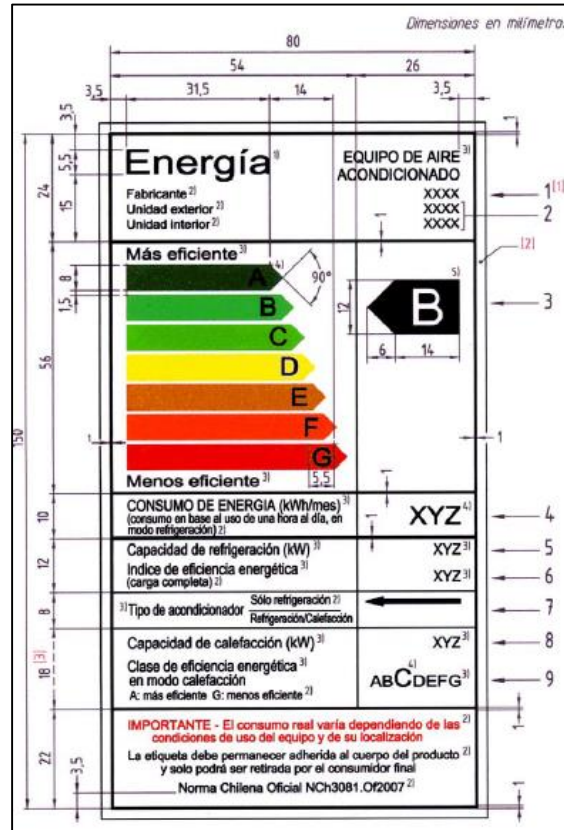


Figura 2.39 Etiqueta energética detallada y con medidas para los equipos de aire acondicionado según la norma NCh3081.Of2007.

La Etiqueta energética tiene dos partes fundamentalmente. En la parte izquierda, la matriz, que contiene las categorías energéticas, unidades y conceptos sobre los que se va a dar información. En la parte derecha, la ficha, que contiene los datos específicos que corresponden al electrodoméstico que lleva la etiqueta. Por medio de la escala de clases o categorías, se ofrece información sobre el grado de eficiencia energética del electrodoméstico, en comparación con otros aparatos similares. La escala utiliza un código de colores y letras. La gama va desde el color verde y la letra A para los equipos más eficientes, hasta el color rojo y la letra G para los equipos menos eficientes. (Manual de etiquetado)

Se presenta un ejemplo de etiqueta energética para el modelo de aire acondicionado MWE-22HR, marca MIDEA.

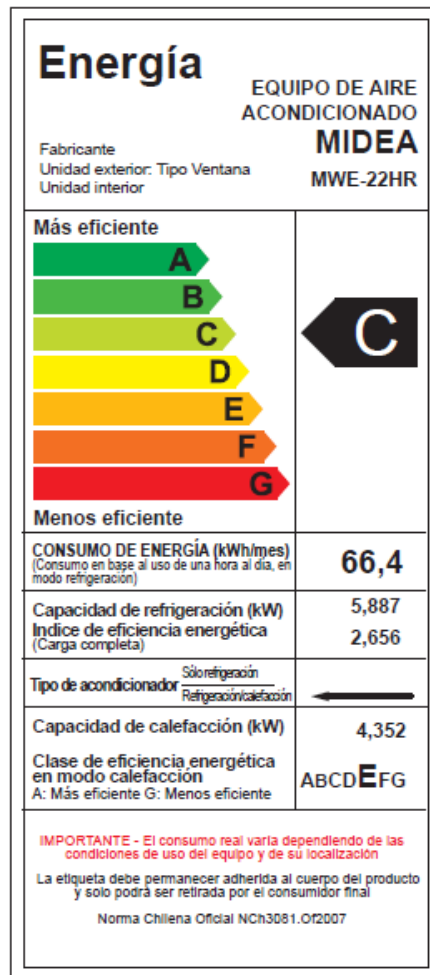


Figura 2.40 Ejemplo de una etiqueta energética de un equipo marca MIDEA.

La etiqueta energética nacional no presenta, a diferencia de la europea, información respecto del modo en calefacción como lo son el consumo energético y el índice de eficiencia energética (COP) y el nivel de ruido.

Los equipos se clasifican según las escalas que aparecen en norma NCh3081.Of2007:

Tabla 2.7 Escala de clase de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado modo frío según la norma Nch3081.Of2007.

Clase de eficiencia energética	Equipos divididos con una unidad interior y una unidad exterior
A	$3,20 < IEE$
B	$3,00 < IEE \leq 3,20$
C	$2,80 < IEE \leq 3,00$
D	$2,60 < IEE \leq 2,80$
E	$2,40 < IEE \leq 2,60$
F	$2,20 < IEE \leq 2,40$
G	$IEE \leq 2,20$

Tabla 2.8 Escala de clase de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado modo calor según la norma Nch3081.Of2007.

Clase de eficiencia energética	Equipos divididos con una unidad interior y una unidad exterior
A	$3,60 < COP$
B	$3,40 < COP \leq 3,60$
C	$3,20 < COP \leq 3,40$
D	$2,80 < COP \leq 3,20$
E	$2,60 < COP \leq 2,80$
F	$2,40 < COP \leq 2,60$
G	$COP \leq 2,40$

Independiente de la diferencia en la nomenclatura en las escalas Chilena y Europea, existe un 165% de diferencia entre las clases superiores de ambas etiquetas para el modo frío, y un 42% para el modo calor.

De toda la información anteriormente presentada se puede extraer que es importante para un país, en este caso Chile, tener políticas públicas de eficiencia energética que le permitan crecer económicamente y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Brindando el acceso a productos de mayor calidad y eficiencia a los consumidores, reduciendo los consumos eléctricos en los hogares y tener un desarrollo más sostenible y sustentable como sociedad. En particular, se ve un potencial ahorro energético, económico y ambiental al agregar modelos de aire acondicionado de mayor eficiencia al mercado y remover los ineficientes. Como se evidenció, la norma chilena está basada en una norma internacional de hace más de 20 años de antigüedad. No contempla en sus procedimientos y condiciones de ensayos las nuevas tecnologías disponibles en el mercado, como la Inverter. Y la etiqueta energética es menos estricta que la europea generando que lleguen modelos ineficientes a la venta. Es por esto que se vuelve necesario actualizar la regulación que afecta a los equipos de aire acondicionado en el ámbito de la eficiencia energética: el protocolo de ensayo de laboratorio y la etiqueta energética.

3 Capítulo 3: Metodología

En este capítulo se presentan las metodologías utilizadas para el trabajo investigativo. Dentro de ellas se pueden apreciar los criterios para la selección de la información del mercado de los equipos de aire acondicionado Split-muro. El origen de los datos de eficiencia energética de los equipos comercializados en el país para la propuesta de la etiqueta energética, las diferentes normas y protocolos de ensayo utilizados para el estudio del nuevo ensayo de eficiencia, y los supuestos aplicados para calcular las proyecciones de eficiencia del mercado, de las ventas y de los impactos de ambas medidas. Además se explica el origen sobre el cual se halló la problemática en cuestión y el marco del proyecto para el cual se lleva a cabo esta investigación.

3.1 Marco de la Investigación

Top-Ten Chile es un proyecto de eficiencia energética ejecutado por Fundación Chile y financiado por el Ministerio de Energía. Top-Ten a través de la página web www.top-ten.cl busca potenciar y destacar a los productos de consumo masivo (electrodomésticos, electrónicos, climatización y vehículos) con más alto nivel eficiencia energética del mercado, entregando información clave, transparente y neutral al consumidor para cada una de las categorías de productos.

En este contexto Top-Ten desarrolló un trabajo para seleccionar los acondicionadores de aire más eficientes energéticamente del mercado chileno. Con el fin de poder agregar esta categoría de productos con información relevante, se planificaron reuniones de trabajo con empresas del sector presentes en Chile: Eurofred (representando las marcas Fujitsu y Daitsu), Daikin, Anwo, Trane, LG y Carrier (marca Midea y Carrier). Así, se puede conseguir toda la información técnica y comercial relevante para Top-Ten tal como los certificados de calidad y de eficiencia energética de los equipos (extranjeros y chilenos), sus precios y canales de venta, los principales distribuidores e instaladores y en general todos los datos relevantes para el consumidor.

La primera reunión realizada fue con la empresa Eurofred. En ella la empresa comentó que sus modelos más modernos, aquellos que tienen incorporada la tecnología Inverter, no salían calificados con la misma eficiencia en comparación con los resultados obtenidos del sistema de certificación de europea, como Eurovent. Argumentando que el protocolo de ensayo nacional se basa en una norma internacional del año 1994 y en comparación en Europa se

basa en la misma norma pero de una versión más reciente, del año 2010. La gran diferencia, según ellos, radica en que el ensayo internacional contempla ensayos a carga completa y parcial y el nacional solo a carga completa.

Esto conllevó a investigar más a fondo la falencia en el marco regulatorio que indica Eurofred. Ya que si efectivamente ocurre se está incentivando a no mejorar la eficiencia de este mercado. Por lo tanto surge una oportunidad de generar una política de recomendaciones y producir un impacto energético positivo en el país, la eficiencia energética es costo efectivo.

3.2 Instrumentos de Información (data a utilizar)

Tras haberse descubierto el problema previamente expuesto se procedió a complementar estos antecedentes para corroborar su veracidad. Para ello se tomó en consideración la opinión de las principales marcas de equipos de aire acondicionado tipo split-muro en el país: LG Electronics, Trane, Midea & Carrier, Daikin y Eurofred que se mencionó anteriormente. Esto debido a que poseen mayor participación del mercado y por ende tiene un vasto conocimiento de la situación nacional e internacional.

Asimismo, se debe complementar la información entregada por las principales marcas con la base de datos sobre la eficiencia energética nacionales de los equipos de aire acondicionado tipo Split-muro que se venden en Chile. Estos datos se encuentran en posesión de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, SEC. En efecto, esta entidad es la responsable de la certificación por seguridad y eficiencia energética de los productos y del etiquetado energético de estos equipos. Cabe mencionar que la BBDD EE SEC solo contempla los modelos certificados por el sistema 1, dejando alrededor de un 50% del mercado fuera de análisis. También se consideró al único laboratorio acreditado en Chile para ensayar estos equipos, SILAB.

Por otra parte, para desarrollar una propuesta de ensayo de eficiencia se consideraron las normas actuales que rigen los protocolos de ensayo de eficiencia y que dictaminan la definición de la etiqueta energética nacional, estas son, la norma NCh2685.Of2007 y NCh3081.Of2007 respectivamente. Se consideraron normas internacionales como contraparte a las normas nacionales para contrastarlas. Las normas escogidas para comparación fueron las normas Europeas EN14511:2010 y EN14825:2016, de ensayo a carga completa y ensayo a carga parcial respectivamente, y la etiqueta energética de la comunidad europea. La razón por la cual se decidió considerar el marco regulatorio de

Europa y no de Estados Unidos, China o India por ejemplo, fue debido a que las normas Europeas son de fácil acceso a diferencia de las otras, y las principales marcas certifican sus modelos allá. Además, uno de los mayores sistemas de certificación de Europa, Eurovent, muestra con acceso libre certificados e información de eficiencia de los modelos comercializados allá. Así se puede acceder a data de eficiencia energética proveniente de Europa y contrastarla con la de la SEC.

Para definir los aspectos técnicos de las propuestas de ensayo de eficiencia, se colaboró con el Ministerio de Energía de Argentina por medio de Top-ten Argentina. Ellos entregaron datos específicos de sus propuestas de ensayos de eficiencia, respaldados por un estudio estadístico y por ensayos en laboratorios acreditados.

Finalmente, se consideró un estudio de mercado para respaldar que las marcas consideradas efectivamente tienen mayor participación del mercado, siendo estas representativas. El estudio fue realizado por la empresa Eurofred. Igualmente se utilizó para la determinación del impacto energético y ambiental de las propuestas de etiqueta y ensayo de eficiencia energética, es decir, los kWh que se reducen en consumo junto a las toneladas de CO₂ equivalentes evitadas. Junto con esto se utilizará un factor de emisión promedio, CO_2/kWh , para determinar los niveles de reducción de CO₂. Con datos de la Comisión Nacional de Energía, CNE y por medio de la página web *Energía Abierta*, www.energiaabierta.cl, se estimó el factor de emisión.

Para validar las fuentes de información y métodos generales utilizados, se analizaron otros proyectos de eficiencia energética en productos como refrigeradores, iluminación y aire acondicionado, que incluían política de recomendaciones para las políticas públicas de eficiencia energética, propuestas de etiquetado, los costos de estas medidas, recomendaciones de expertos y estimaciones del impacto ambiental. Estos son los proyectos de *United for Efficiency, U4E*, financiados por ONU Medioambiente, PNUMA, y por el *Global Environment Fund, GEF*. El iniciativa de en.lighten, y GEF Refrigeradores ejecutados por Fundación Chile y reportes de U4E de aire acondicionado split-muro son un ejemplo de ello.

3.3 Procedimiento (pasos para recolección de datos)

Ya que la información que se debía recolectar es privada (certificados de modelos), y opiniones de las diferentes marcas y fabricantes de este mercado se tuvo que ir recolectando

los antecedentes de manera gradual. Esto consistió en organizar diferentes reuniones con el sector privado (marcas) y con el sector público, el Ministerio de Energía y con la SEC. Así se obtuvo la base de datos de eficiencia energética de los equipos split-muro de aire acondicionado y certificados de modelos vendidos en el mercado nacional. Estos provienen del sistema de monitoreo, vigilancia y fiscalización del mercado (MVF). Además se aprovechó para entender los procesos de certificación de estos equipos. Y estas reuniones permiten conocer de manera precisa los procesos y protocolos de certificación de los equipos de aire acondicionado, recibir feedback por parte de los fabricantes y distribuidores al respecto y poder analizarlo para proponer posibles mejoras.

Cuando se contactó y efectuaron las reuniones con el laboratorio acreditado SILAB, no se pudo conseguir datos de eficiencia de modelos debido a cláusulas de confidencialidad. Tampoco se logró realizar ensayos de prueba en el laboratorio y tener mayor certeza sobre la efectividad de la propuesta de ensayo. Como alternativa se contactó con el Ministerio de Energía de Argentina por medio de correos y video-llamadas para obtener esta información específica de los ensayos.

Al incorporar información de las principales marcas de aire acondicionado, información de eficiencia de los modelos por la SEC y el Ministerio de Energía, normas nacionales y europeas, certificados de eficiencia de Europa, información del Ministerio de Energía de Argentina, experiencias internacionales de proyectos similares, se asegura considerar a todos los actores claves en este contexto. Así se obtiene un panorama claro de la situación y definir propuestas acertadas para generar efectivamente impactos positivos.

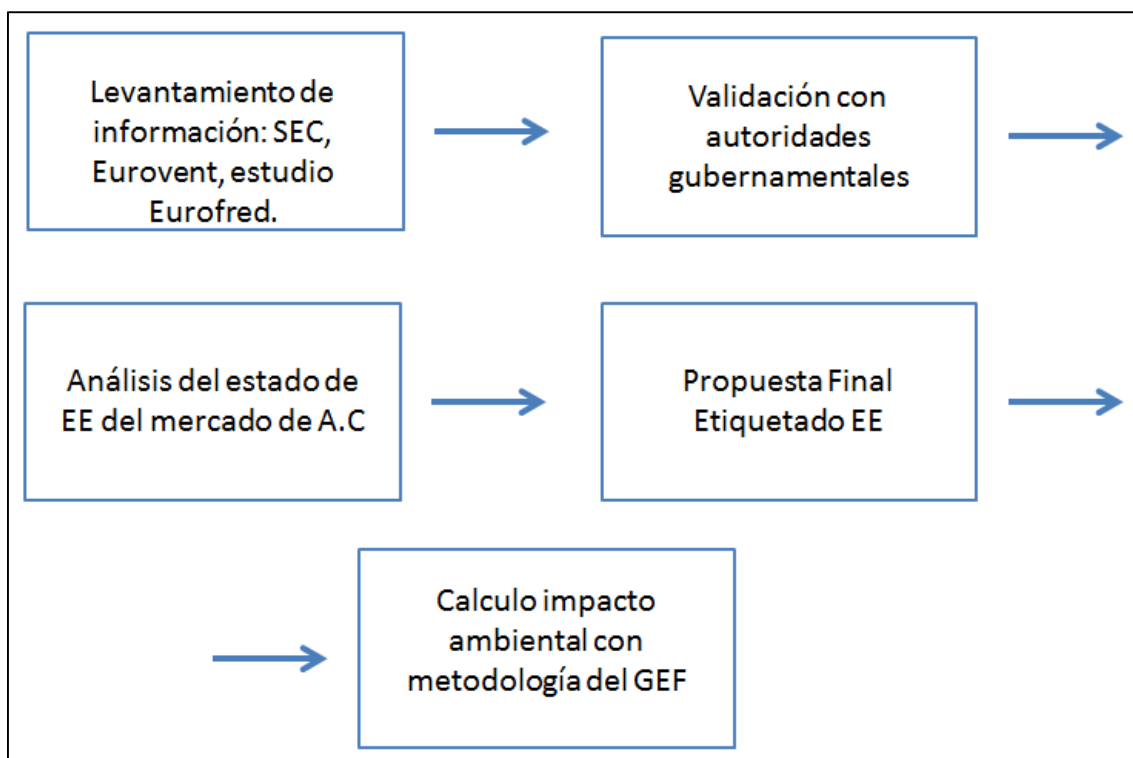


Figura 3.1 Diagrama de flujo del procedimiento utilizado para la recolección de información y datos de ensayos de eficiencia energética.

3.4 Análisis de la Información

A continuación se detallan los diferentes métodos que se aplicaron para el procesamiento de los datos recolectados: datos de etiquetado, información sobre los protocolos de ensayo y cálculos para el impacto energético y medioambiental de ambas medidas (*Market Share*).

En orden de analizar y entender el estado actual de la etiqueta energética en los equipos de aire acondicionado split-muro se analizó la BBDD EE SEC. Aplicando herramientas estadísticas como: cálculo de promedios, mínimos y máximos de la eficiencia de los modelos, modas de clases de eficiencias energética (A, B, C, D, E, F y G). Se usaron gráficos apilados al 100% principalmente para apreciar y analizar la distribución de las clases de eficiencia energética.

Para asegurar que las propuestas a etiquetas puedan perdurar en el tiempo de forma efectiva se proyectó el estado de la eficiencia energética del mercado para estos equipos. Según resultados estadísticos obtenidos de la BBDD de Etiquetado Energético de la SEC, se extrae la tasa de incremento de del promedio de la eficiencia y se proyecta a futuro con la misma tasa fija para cada modelo. De esta manera se puede estimar el impacto de la nueva etiqueta y su efectividad en el tiempo.

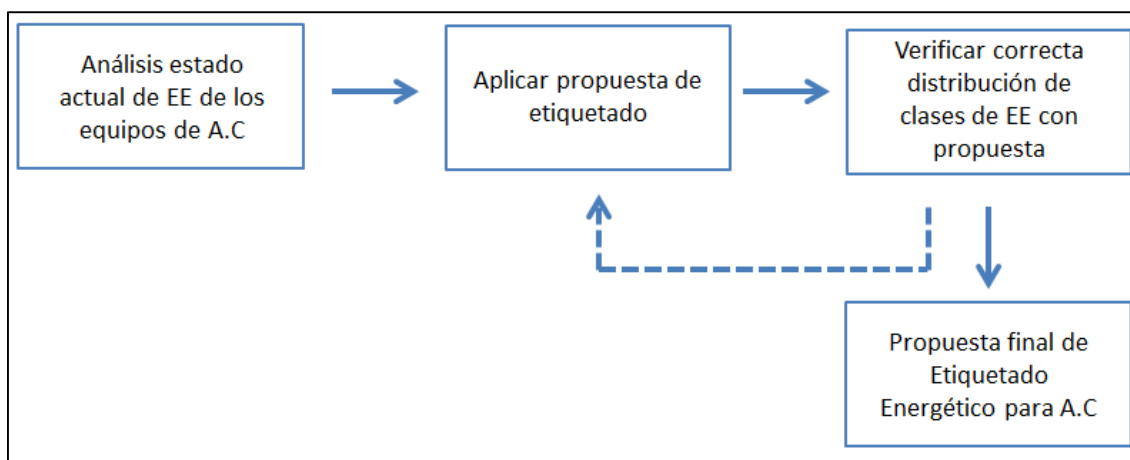


Figura 3.2 Esquema que presenta los pasos lógicos para realizar la elaboración de la propuesta de etiquetado.

El proceso con el que se consiguió determinar las condiciones de los ensayos a carga parcial para calefacción, fue usando la información en los certificados de eficiencia de Eurovent de 6 modelos bajo estudio. En particular datos de COP a ciertas temperaturas de ensayo. Esta información se interpoló para determinar el comportamiento del COP en función de la temperatura. Al poder calcular el COP a diferentes condiciones se propuso el ensayo a carga parcial. Y con ayuda de herramientas de Microsoft Excel se pudo determinar una formula calcule el SCOP a partir de dos COP.

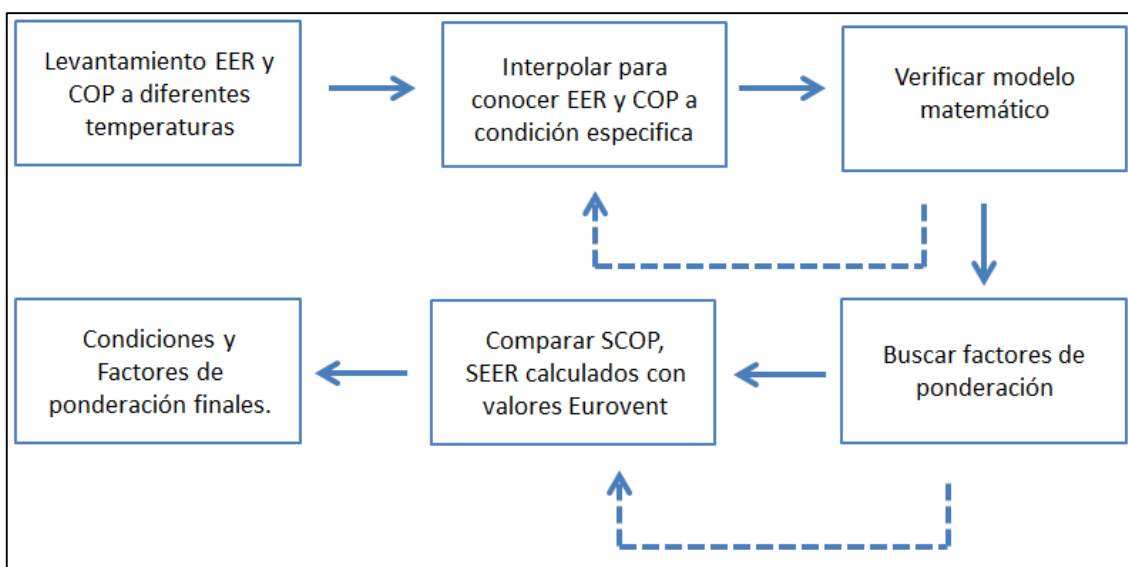


Figura 3.3 Esquema que muestra el procedimiento utilizado para determinar las condiciones de ensayo y factores de ponderación para calefacción

Los datos necesarios para definir el ensayo a carga parcial de refrigeración se obtuvo directamente homologando esto con la propuesta por parte del Ministerio de Energía de Argentina.

En conclusión se tomó en consideración a los actores principales que participan en el mercado de aire acondicionado. La metodología utilizada puede no ser 100% precisa debido a la baja cantidad de modelos bajo el estudio del ensayo a carga parcial de calefacción. No obstante, no es posible conseguir más información de modelos y escapa al alcance de esta investigación. Por otro lado, a pesar de que la BBDD EE SEC no está completa, se ha utilizado en otros proyectos similares y aplicando la misma metodología se han logrado los resultados esperados.

3.5 Cálculo del impacto energético ambiental

El programa ONU Medio Ambiente posee una herramienta de cálculo que estima los potenciales ahorros energéticos y mitigación de emisiones de CO₂ para medidas de eficiencia energética. Como por ejemplo, estándares y etiquetado energético de productos donde se incluyen los equipos de aire acondicionado. También aplica a estándares mínimos de eficiencia, programas demostrativos, entre otros. Esta herramienta la utilizan para evaluar qué países tendrán un mayor impacto al implementar este tipo de proyectos y políticas públicas, y con ello priorizar recursos de mejor manera.

Ya ha sido utilizada en Chile para preparar la propuesta de los proyectos En.lighten y Leapfrogging Chilean's markets to more efficient refrigerator and freezers ejecutados por Fundación Chile y mandatados por el Ministerio de Energía. Y se va a utilizar en esta investigación ya que la propuesta de etiquetado se aplica a esta herramienta.

Esta herramienta fue desarrollada en Microsoft Excel (de nombre "GEF Tool"), contiene diversas hojas de cálculo que determinan la energía ahorrada y emisiones de CO₂ evitadas al implementar etiquetado energético mejorando la EE de los equipos vendidos en el mercado. El usuario debe ingresar información de entrada como la EE de los aire acondicionado, volumen de ventas, horas de uso por día, entre otros. En adición, tiene una base de datos integrada con información energética por país, tal como el factor de emisión, pérdidas en la transmisión eléctrica, entre otros.

La primera hoja es una guía para el usuario que indica que casillas deben llenarse, cuales son supuestos y los resultados:

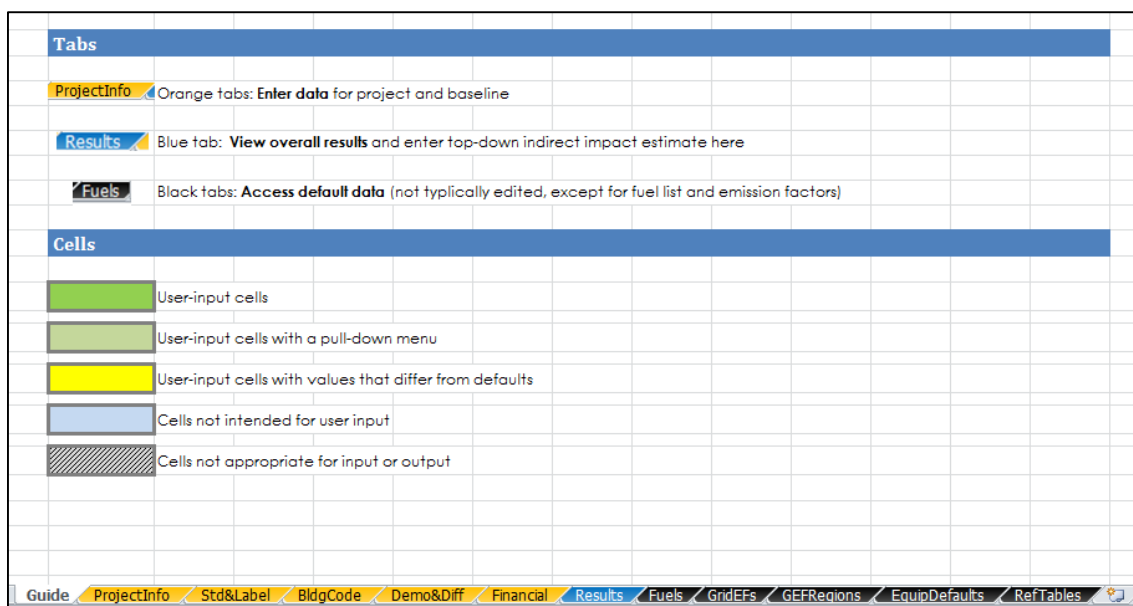


Figura 3.4 Muestra de la hoja “Guide” del GEF Tool que explica los tipos de casillas e inputs.

Posteriormente hace referencia a la información del proyecto, en este caso solo interesan las variables de factor de emisión y pérdidas en la red eléctrica (distribución y transmisión).

Project Information			
Project Information			
Project Title	Potential environmental impact by updating the energy label of AC split-wall equipment		
GEF ID Number			
Country	Chile		
Region	LCR		
GEF Agency			
Date of Submission of GHG Accounting			
Contact Name			
First Year of Project	2018		
Year of Project Close	2018		
GEF Grant Amount (\$)			
Co-financing Amount (\$)			
General Parameters			
	<i>Default</i>	<i>User-Specified</i>	<i>Notes</i>
Length of Analysis Period (Years After Project Close)	20	8	
First Post-project Year		2019	
Last Post-project Year		2026	
Maximum Technology / Measure Lifetime (Years)	20	10	
Fuels and Emission Factors			
	<i>Default</i>	<i>User-Specified</i>	<i>Notes</i>
Grid Electricity T&D Loss Rate (%)	10%	15.5%	
Grid Electricity Emissions (tCO ₂ /MWh)	0.5219	0.4969	
Fuel: Click here to select from list	0.0000	0.0000	
Fuel: Click here to select from list	0.0000	0.0000	
Fuel: Click here to select from list	0.0000	0.0000	

Figura 3.5 Muestra de hoja de Excel del GEF Tool que muestra información inicial para el cálculo.

Luego viene la hoja de estándares y etiqueta. La parte de estándares no hace referencia a las normas de certificación sino a los MEPS. Para este trabajo solo se completarán las casillas para la etiqueta. Se deben insertar diferentes parámetros con los que se calculan los impactos.

Component 1: Standards and Labeling			
Technology Specifications			
	<i>Default</i>	<i>User-Specified</i>	
Target Technology	Home Air Conditioner	Home Air Conditioner	<i>Notes</i> Principalmente equipos Split-muro Fuente: tabla activos SII Fuente: Certificados Eurovent LG, Fujitsu, Daitsu y BBDO EE SEC Fuente: Certificados Eurovent LG, Fujitsu, Daitsu y BBDO EE SEC
Fuel Used	Electricity	Electricity	
Displaced Technology	Existing Home Air Conditioner	Existing Home Air Conditioner	
Useful Technology Lifetime (years)	5	10	
Power Consumption: Home Air Conditioner (W)	1,395	440	
Power Consumption: Existing Home Air Conditioner (W)	1,641	830	
Annual Energy Consumption			
<i>User may enter either daily or annual energy information</i>			
	<i>Default</i>	<i>User-Specified</i>	
Daily Usage (h/day)	8.0	8.0	<i>Notes</i> Mitad del año que corresponde a los meses de verano e invierno que e
Days Used Each Year (days/yr)	180	180	
Annual Energy Consumption: Home Air Conditioner (kWh/yr)	2,008	634	
Annual Energy Consumption: Existing Home Air Conditioner (kWh/yr)	2,363	1,195	
Percentage Energy Savings		47%	
Market Assumptions			
	<i>Default</i>	<i>User-Specified</i>	
Annual Sales in Year 2018		140,000	<i>Notes</i> Fuente: Estudio de Mercado realizado por Empresa Eurofred, proyecta
Annual Sales Growth Rate		20%	
Baseline Assumptions			
	<i>Default</i>	<i>User-Specified</i>	
Market Share of Efficient Home Air Conditioner in Year 2018		6%	<i>Notes</i> Fuente: Estudio de Mercado realizado por Empresa Eurofred, proyecta Fuente: Estudio de Mercado realizado por Empresa Eurofred, proyecta Source: Energy labeled products: SEC database between 2010 and 20
Baseline Annual Increase in Efficient Home Air Conditioner Market Share	5%	20%	
Annual reduction in energy consumption: Home Air Conditioner	0%	6%	
Annual reduction in energy consumption: Existing Home Air Conditioner	1%	1%	
Standard/Labeling Program Effectiveness			
	<i>Default</i>	<i>User-Specified</i>	
Year Standard in Force		2018	<i>Notes</i>
Percent New Sales Compliant with Standard		95%	

Figura 3.6 Hoja de Excel del GEF Tool con información sobre estándares, etiqueta, eficiencia energética, información de mercado.

Para esto se definen los parámetros de entrada:

1. Producto/Tecnología objetivo
2. Energía utilizada
3. Tecnología que se quiere reducir
4. Vida útil de la tecnología
5. Potencia eléctrica productos eficientes (W)
6. Potencia eléctrica productos ineficientes (W)
7. Horas de uso
8. Ventas anuales de estos productos
9. Taza de crecimiento anual de ventas
10. Participación de mercado de productos eficientes
11. Tasa anual de crecimiento de la participación de mercado de productos eficientes
12. Tasa anual de reducción de consumo energético de productos eficientes
13. Tasa anual de reducción del consumo energético de productos ineficientes
14. Porcentaje de mercado que cumple con el marco regulatorio (productos certificados)

Con esto se calcula lo siguiente:

15. Consumo anual de energía eléctrica modelos eficientes (kWh/año)
16. Consumo anual de energía eléctrica modelos ineficientes (kWh/año)
17. Porcentaje de ahorro anual de energía eléctrica

Con esta data se calcula de forma sencilla la reducción de consumo energético año a año. Se asume que las participantes de mercado de productos ineficientes y eficientes se invierten y luego siguen creciendo a las tasa señaladas. El consumo energético se calcula como

$$\text{Consumo energetico linea base} = t \left(\frac{h}{\text{año}} \right) \cdot P_{elec} (kW) \cdot N \text{ (equipos en el mercado)}$$

$$\text{Consumo energetico año } i = t \left(\frac{h}{\text{año}} \right) \cdot P_{elec} (kW) \cdot N_i \text{ (equipos en el mercado en año } i)$$

Component 1: none											
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
MARKET	Annual Sales (Units)	140,000	168,000	201,600	241,920	290,304	348,365	418,038	501,645	601,974	722,363
PROGRAMME	Annual Sales (Existing Home Air Conditioner)	7,000	8,400	10,080	12,096	14,575	0	0	0	0	0
	Annual Sales (Home Air Conditioner)	133,000	159,600	191,520	229,824	275,729	348,365	418,038	501,645	601,974	722,363
	1st yr Consumption: Existing Home Air Conditioner (MWh)	8,368	9,939	11,808	14,028	16,665	0	0	0	0	0
	1st yr Consumption: Home Air Conditioner (MWh)	84,289	95,055	107,222	120,947	136,428	161,990	182,725	206,114	232,496	262,256
	Total Number of Units (Existing Home Air Conditioner)	7,000	15,400	25,480	37,576	52,091	52,091	52,091	52,091	52,091	52,091
	Total Number of Units (Home Air Conditioner)	133,000	232,600	484,120	713,944	989,733	1,338,098	1,756,136	2,257,781	2,859,755	3,582,124
	Direct Annual Consumption Electricity (MWh)	92,635	92,635	92,635	92,635	92,635	92,635	92,635	92,635	92,635	92,635
	Direct Post-project Annual Consumption Electricity (MWh)	0	104,994	224,025	358,939	512,092	674,082	856,807	1,062,921	1,295,417	1,557,673
	Direct Annual GHG Emissions (tCO2)	53,165	53,165	53,165	53,165	53,165	53,165	53,165	53,165	53,165	53,165
	Direct Post-project Annual GHG Emissions (tCO2)	0	60,258	128,572	206,037	293,899	386,869	491,738	610,031	743,465	893,979
BASELINE	Annual Sales (Existing Home Air Conditioner)	131,600	124,320	108,864	82,253	40,643	0	0	0	0	0
	Annual Sales (Home Air Conditioner)	8,400	43,680	92,736	159,667	249,661	348,365	418,038	501,645	601,974	722,363
	1st yr Consumption: Existing Home Air Conditioner (MWh)	157,288	147,101	127,525	95,389	46,662	0	0	0	0	0
	1st yr Consumption: Home Air Conditioner (MWh)	5,322	26,015	51,918	84,026	123,503	161,990	182,725	206,114	232,496	262,256
	Total Number of Units (Existing Home Air Conditioner)	131,600	255,920	364,784	447,037	487,680	487,680	487,680	487,680	487,680	487,680
	Total Number of Units (Home Air Conditioner)	8,400	52,080	144,816	304,483	554,145	902,509	1,320,547	1,822,193	2,424,167	3,146,536
	Direct Annual Consumption Electricity (MWh)	162,611	162,611	162,611	162,611	162,611	162,611	162,611	162,611	162,611	162,611
	Direct Post-project Annual Consumption Electricity (MWh)	0	173,117	352,560	531,975	702,140	864,130	1,046,855	1,252,969	1,485,465	1,747,721
	Direct Annual GHG Emissions (tCO2)	93,325	93,325	93,325	93,325	93,325	93,325	93,325	93,325	93,325	93,325
	Direct Post-project Annual GHG Emissions (tCO2)	0	99,355	202,341	305,311	402,972	495,941	600,811	719,103	852,538	1,003,051
SAVINGS	Direct Annual Consumption Electricity (MWh)	69,975	69,975	69,975	69,975	69,975	69,975	69,975	69,975	69,975	69,975
	Direct Post-project Annual Consumption Electricity (MWh)	0	68,122	128,535	172,976	190,048	190,048	190,048	190,048	190,048	190,048
	Direct Annual GHG Emissions (tCO2)	40,160	40,160	40,160	40,160	40,160	40,160	40,160	40,160	40,160	40,160
	Direct Post-project Annual GHG Emissions (tCO2)	0	39,097	73,769	99,274	109,072	109,072	109,072	109,072	109,072	109,072
TOTALS	Direct Energy Avoided 2018-2018 (MWh)	69,975									
	Direct Energy Avoided 2019-2026 (MWh)	559,803									
	Direct Post-project Energy Avoided 2019-2026 (MWh)	1,319,875									
	Direct GHG Avoided 2018-2018 (tCO2)	40,160									
	Direct GHG Avoided 2019-2026 (tCO2)	321,282									
	Direct Post-project GHG Avoided 2019-2026 (tCO2)	757,502									

Figura 3.7 Cálculos realizados en el GEF Tool para determinar los ahorros energéticos y ambientales.

Luego el resultado se presenta de forma acumulada, es decir la suma de todos los ahorros energéticos año a año.

La distinción de productos eficientes e ineficientes se realiza por la potencia eléctrica de ambos. Entonces esas potencias corresponden a la clasificación A de la etiqueta antigua y de la propuesta de etiqueta. Justamente el objetivo del etiquetado es trasladar todos los modelos del mercado a esa clasificación.

Es una metodología sencilla y fácil de usar. Se puede realizar de forma más exacta pero es necesario acceder a información más específica. Como las ventas anuales según su clasificación de EE, lo que daría un consumo de modelos eficientes e ineficientes variable, y proyecciones del mercado que pueden ser dinámicas y no aumentar de forma proporcional con los años. Además existe el respaldo de que ya ha sido utilizada previamente con buenos resultados.

4 Capítulo 4: Propuesta Etiqueta Energética

En el presente capítulo, se analiza el estado actual del etiquetado energético para equipos de aire acondicionado tipo Split-muro y su proyección para los próximos años dado la evolución del mercado. Basado en eso y en la experiencia internacional, se presenta una propuesta de actualización del etiquetado.

Por otro lado, se estudia el protocolo de ensayo de eficiencia energética vigente para estos equipos, se analizan ensayos internacionales y se propone un nuevo protocolo de ensayo para Chile tomado en cuenta la situación nacional y los desafíos específicos del país.

4.1 Análisis de la Etiqueta de Eficiencia Energética

En el primer apartado, se desarrolla un análisis del estado actual de la etiqueta energética de acondicionadores de aire Split muro, las consecuencias que trae sobre el mercado, los problemas que conlleva tener una etiqueta desactualizada y una propuesta para actualizarla junto a sus beneficios.

4.1.1 Situación actual nacional

De acuerdo a los datos entregados por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) sobre la certificación por eficiencia energética de los modelos de aire acondicionado split-muro de hasta 12 kW de potencia comercializados en Chile, se realizaron los análisis descritos a continuación.

Según la norma Chilena NCh3081.Of2007 los equipos de aire acondicionado se clasifican de la siguiente forma dependiendo de su IEE.

Tabla 4.1 Escala de clase de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado modo frío según la norma Nch3081.Of2007.

Clase de eficiencia energética	Equipos divididos con una unidad interior y una unidad exterior
A	$3,20 < IEE$
B	$3,00 < IEE \leq 3,20$
C	$2,80 < IEE \leq 3,00$
D	$2,60 < IEE \leq 2,80$
E	$2,40 < IEE \leq 2,60$
F	$2,20 < IEE \leq 2,40$
G	$IEE \leq 2,20$

Tabla 4.2 Escala de clase de eficiencia energética para equipos de aire acondicionado modo calor según la norma Nch3081.Of2007.

Clase de eficiencia energética	Equipos divididos con una unidad interior y una unidad exterior
A	$3,60 < COP$
B	$3,40 < COP \leq 3,60$
C	$3,20 < COP \leq 3,40$
D	$2,80 < COP \leq 3,20$
E	$2,60 < COP \leq 2,80$
F	$2,40 < COP \leq 2,60$
G	$COP \leq 2,40$

Considerando los datos históricos de etiquetado energético entregados por la SEC que pertenecen a su sistema de Monitoreo Verificación y Fiscalización (MVE por sus siglas en inglés), que van desde noviembre 2011 hasta mayo 2017, se tiene la siguiente distribución de clases de eficiencia energética para los aire acondicionado split-muro en los modos refrigeración y calefacción respectivamente.

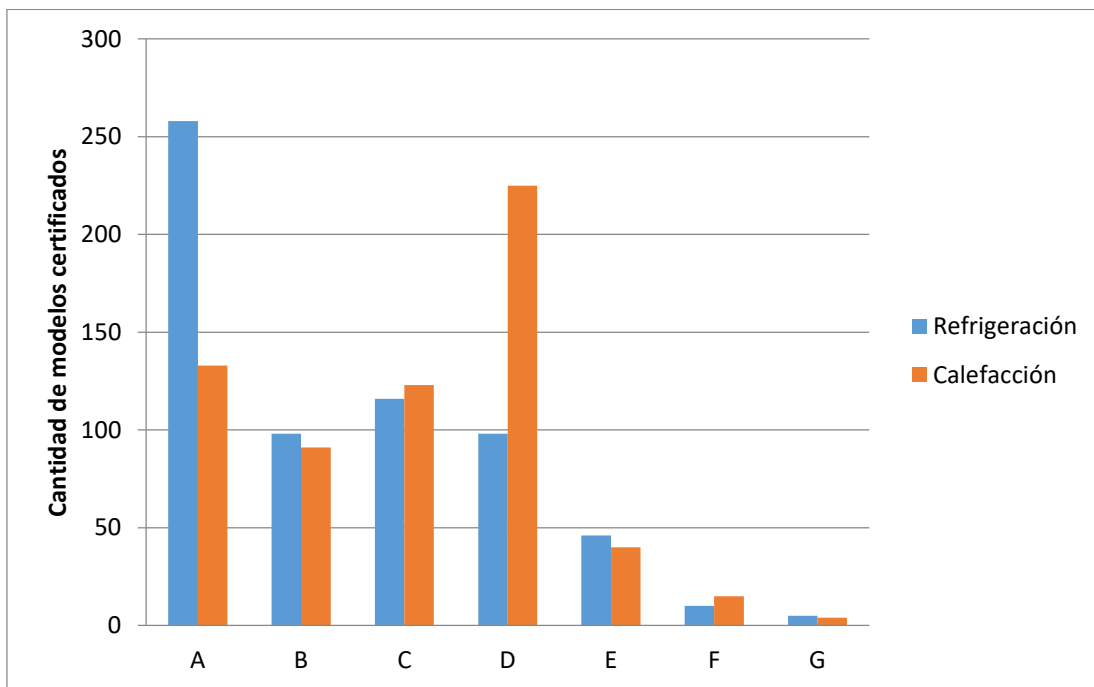


Figura 4.1 Distribución de las clases de eficiencia energética para modelos certificados entre 2011-2017 (Fuente: BBDD de etiquetado energético de SEC).

Como se puede distinguir de la Figura 4.1 la mayor cantidad de modelos están clasificados como clase “A” para el modo refrigeración, llegando hasta un 40%. En el modo calefacción existen cantidades similares en las clases “A, B y C” con una mayor presencia en “D” con un 36%.

No obstante, se trata de datos históricos por lo que muchos de estos modelos pudieran ya no estar a la venta en Chile. Entonces, con el fin de conocer la distribución de las clases de eficiencia energética de la situación actual del mercado nacional, se van a considerar solamente datos a partir del año 2014.

Además, según los comentarios que se recibieron por parte de empresas privadas tales como LG, Eurofred (que vende productos Fujitsu y Daitsu), Trane, Midea Carrier, es una correcta aproximación asumir que los modelos catalogados del 2014 en adelante son los que están actualmente disponibles en el país. Su criterio se basa en que conocen los tiempos de duración y cada cuanto rotan los modelos en el mercado nacional.

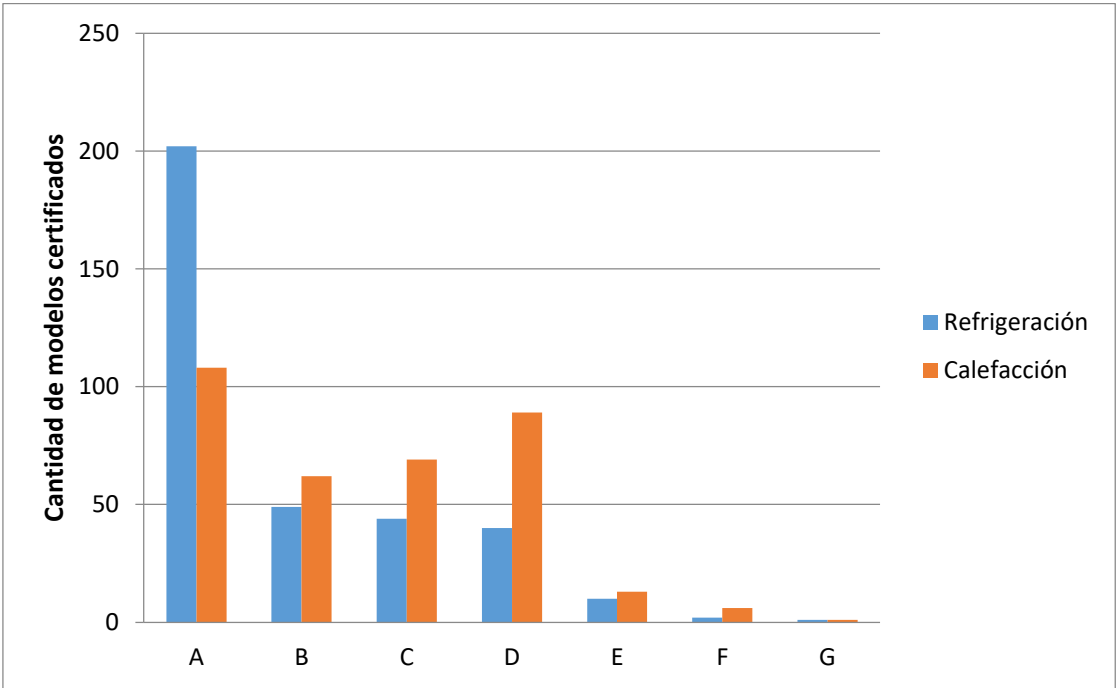


Figura 4.2 Distribución de las clases de eficiencia energética de los modelos actuales, entre 2014-2017 (Fuente: BBDD de etiquetado energético de la SEC).

La Figura 4.2 muestra que la mayor cantidad de modelos certificados son de clase “A”, con un 58%. El resto de las clases no supera el 14%. Para el modo de calefacción existe una distribución similar entre las clases “A-D”, aun así la mayor cantidad de modelos certificados son de clase “A”, 31%.

Por otra parte, se analizan los datos de clases de EE en gráficos del tipo apilado, Figura 4.3 y 4.4, con el fin de apreciar de mejor manera la evolución en el tiempo de la distribución de dichas clases.

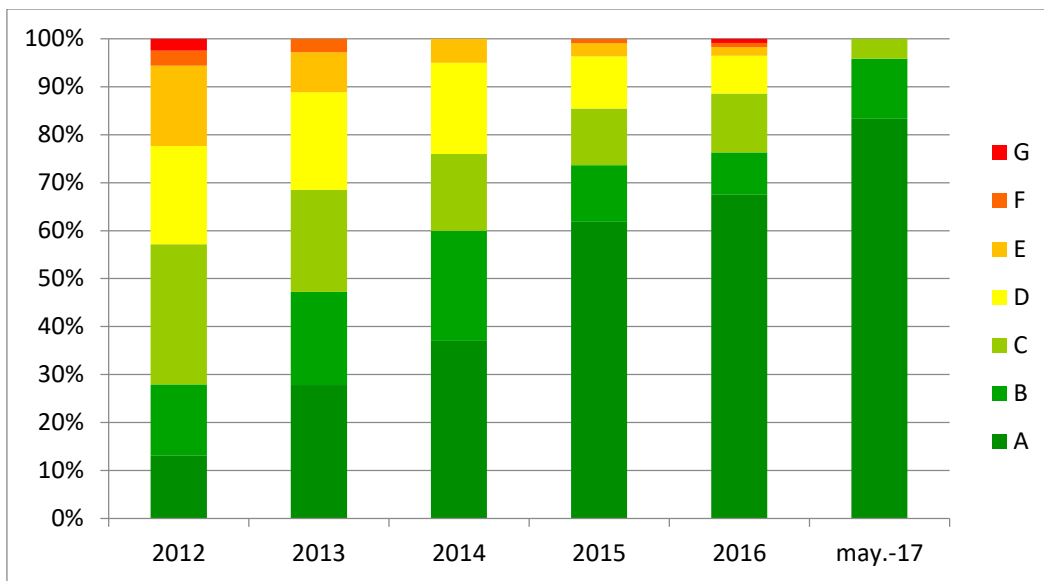


Figura 4.3 Evolución, a partir del año 2012, de las clases de eficiencia energética para el modo de refrigeración (Fuente: elaboración propia a partir de la BBDD de la SEC).

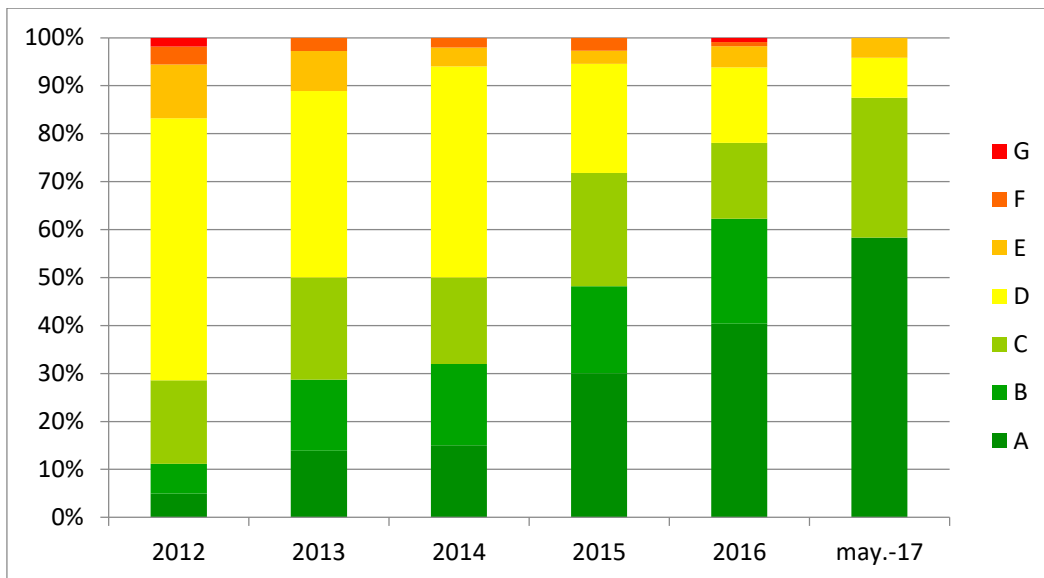


Figura 4.4 Evolución, a partir del año 2012, de las clases de eficiencia energética para el modo de calefacción (Fuente: elaboración propia a partir de la BBDD de la SEC).

Se puede apreciar para el caso del modo de refrigeración que ha habido una evolución fuerte y constante de la eficiencia. Efectivamente, los modelos ensayados hasta mayo 2017 corresponden en más de un 80% a la clase “A” y ya no existen modelos de pertenecientes a las clases “D-G” aunque no haya un estándar mínimo de EE para estos productos.

En el caso de la eficiencia para el modo de calefacción, también se ha visto un crecimiento constante de la eficiencia pero más atenuado. Un 60% de los modelos ensayados este año corresponden a la clase energética “A”, un 30% a “C” y el resto a las clases “D” y “E”.

En general, para ambos modos se ha visto un crecimiento en la EE lo que justamente busca la etiqueta energética. Solo que se debe actualizar ya que no hay más incentivos para los fabricantes e importadores para superar el índice de la clase “A”.

Para que un modelo pueda ser certificado y posteriormente clasificado como “A”, debe tener un IEE superior a 3,2 y 3,6, para los modos de refrigeración y calefacción respectivamente. Por lo tanto, el que dos modelos pertenezcan a una misma clase “A” no quiere decir que tengan eficiencias iguales. En la Tabla 4.3 se muestra un ejemplo que representa esta situación.

Tabla 4.3 Diferencia en el IEE y consumo entre dos modelos de clase “A”. Se consideran 3 horas de uso al día, 6 meses para cada modo (Fuente: BBDD de etiquetado energético de SEC).

MARCA O MODELO?	Modelo 1	Modelo 2
Clase de EE Refrigeración	A	A
IEE Refrigeración	3,25	4,48
Consumo anual, kWh	1.092	840
Clase de EE Calefacción	A	A
IEE Calefacción	3,63	4,88
Consumo anual, kWh	1.054	840

De manera que existen diferencias de 38% para refrigeración y 28% para el caso de calefacción entre los IIE de ambos modelos. Y el modelo 1 consume un 30% y 26% más que el modelo 2 para los modos de refrigeración y calefacción respectivamente. Incluso pueden darse diferencias mayores.

Como consecuencia, dado que los consumidores se encuentran mayoritariamente con modelos clase A en el mercado, impide que los modelos realmente más eficientes resalten y se puedan identificar. Y el propósito de la etiqueta es justamente que el consumidor pueda diferenciar por medio de ella las diferencias de eficiencia energética entre los productos y guiarlos a realizar una compra inteligente. Los proveedores se verán incentivados a comercializar equipos más eficientes y el mercado avanzará hacia la eficiencia energética.

Con la situación actual, dado que los equipos más eficientes disponibles en el mercado no se pueden evidenciar frente al consumidor, los comercializadores no pueden justificar precios de venta potencialmente más altos (dado que a ojos del consumidor , 2 modelos “A” son

iguales en términos de eficiencia) por lo que dejan de importar productos altamente eficientes. En consecuencia, se produce el efecto contrario que es una disminución de la presencia de modelos eficientes en el mercado.

Entonces, lo ideal es que se produzca una distribución del tipo campana de Gauss donde la menor cantidad de modelos se encuentren en las mejores y peores clases y la mayor parte de los modelos del mercado estén entre las clases C y E. Esto fuerza a los fabricantes y proveedores/distribuidores a importar y comercializar mejores modelos que logren ser catalogados como “A”. En efecto, para el año 2012, se producía este tipo de distribución, como se puede ver en las Figuras 4.5 y 4.6.

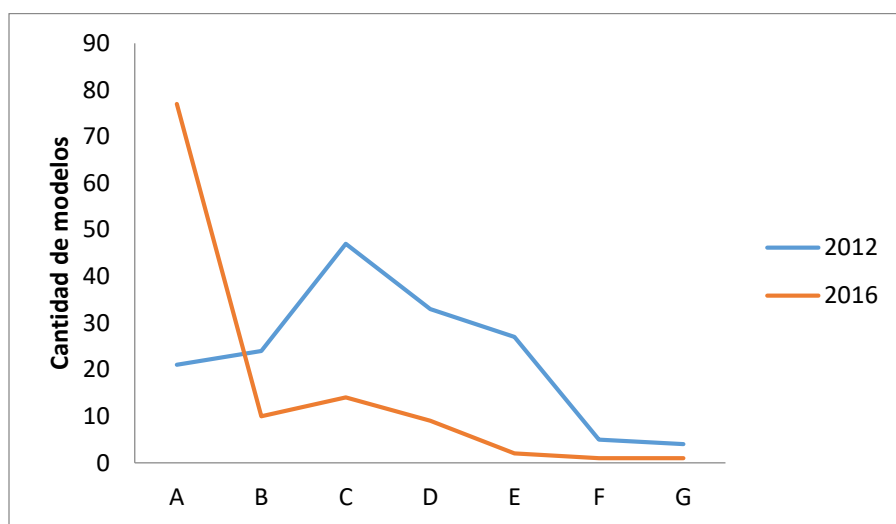


Figura 4.5 Comparación de las clases de eficiencia para los años 2012 y 2016 según el modo de refrigeración (Fuente: BBDD etiquetado energético de SEC).

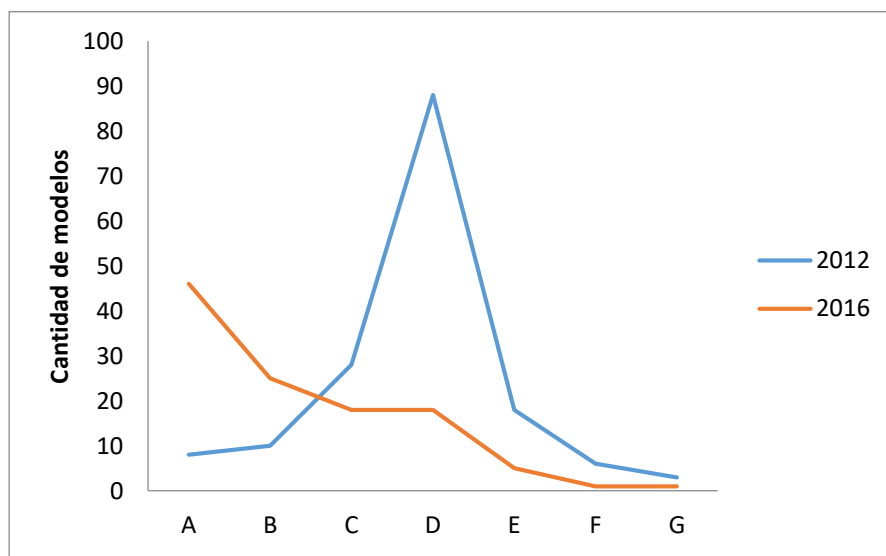


Figura 4.6 Comparación de las clases de eficiencia para los años 2012 y 2016 según el modo de calefacción, (Fuente: BBDD de etiquetado energético SEC).

En efecto, ha aumentado la cantidad de modelos certificados como “A” entre los años 2012 y 2016.

En adición, se analizó la evolución del IEE en el tiempo, sus máximos y mínimos y el promedio que se presentan en las Figuras 4.7 y 4.8.

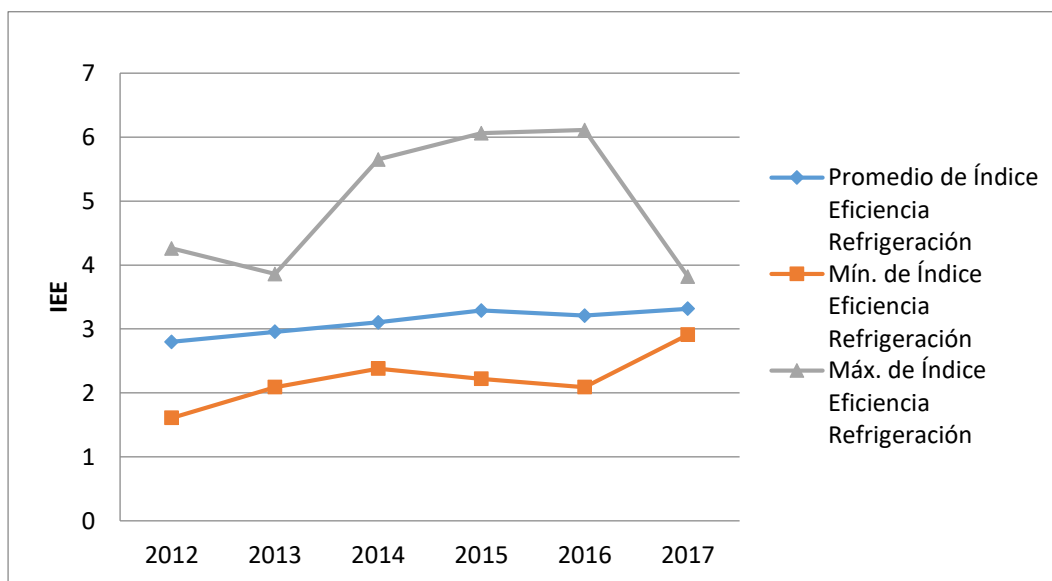


Figura 4.7 Evolución del mínimo, máximo y promedio del IEE para el modo refrigeración (Fuente: BBDD etiquetado energético SEC).

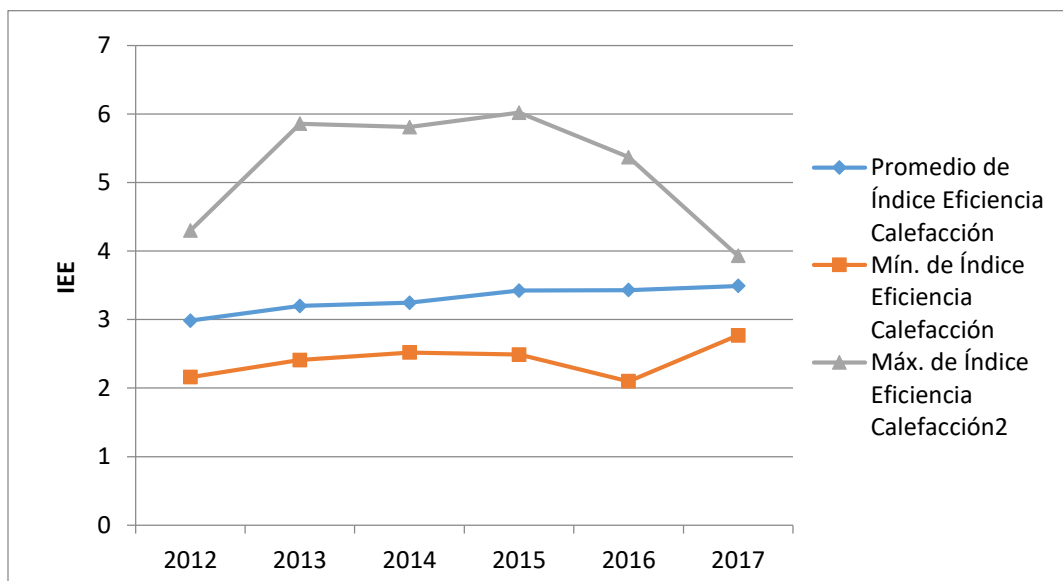


Figura 4.8 Evolución del mínimo, máximo y promedio del IEE para el modo calefacción (Fuente: BBDD etiquetado energético SEC).

El promedio de la eficiencia en esos años crecía alrededor de un 6-7% anual. Esto demuestra que la etiqueta funcionó muy bien ya que elevó el estándar mínimo de EE. No obstante, también queda demostrado que la etiqueta ya no incentiva a traer modelos más eficientes ya

que ahora todos los equipos del mercado tienen un rango muy cercano de EE. Esto confirma el hecho de que tener una etiqueta desactualizada y con una mayor presencia de la clase “A” desincentiva el crecimiento de la eficiencia del mercado para estos artefactos.

4.1.2 Proyección del mercado nacional

Luego del análisis de la situación actual del mercado de acondicionadores de aire Split muro, se debe predecir como seguirá cambiando la distribución de las clases de eficiencia energética en los próximos años para proponer una solución relevante al mediano y largo plazo y no proponer una etiqueta cortoplacista que produzca los mismos inconvenientes que la actual en unos años. Para esto, se va a asumir que el IEE de refrigeración y calefacción de cada modelo que se encuentra en la base de datos de eficiencia energética de la SEC, pertenecientes sólo al año 2016, se va a incrementar en un 6% anualmente (valor promedio de incremento del IEE entre los años 2012 y 2014 extraído de los gráficos 3.7 y 3.8). Efectivamente entre dichos años, existía una correcta distribución de las clases de eficiencia (véase gráficos 3.3 y 3.4) con lo que la etiqueta cumplía su función de “informar a los consumidores y empujar la eficiencia del mercado”.

Entonces, de la siguiente manera, se va a calcular el IEE de cada modelo hasta el año 2030.

$$\text{Eficiencia para año "i + 1"} \rightarrow \eta_{\text{año "i+1"}} = \eta_{\text{año "i"}} * (1 + \text{Tasa incremento})$$

Ejemplo:

Tabla 4.4 Ejemplo del crecimiento de los IEE para un modelo específico del año 2016-2018.
(Fuente: BBDD etiquetado energético SEC).

Modelo	Año	Tasa de incremento de IEE	IEE Refrigeración	IEE Calefacción
<i>Modelo 1</i>	2016	<i>año base</i>	3,34	3,74
<i>Modelo 1</i>	2017	6%	3,54	3,96
<i>Modelo 1</i>	2018	6%	3,75	4,2

Esta metodología fue empleada en el marco del proyecto en.lighten para proyectar la evolución de la distribución entre las clases de EE de los equipos de iluminación y así definir

y proponer una nueva etiqueta de EE. Fue presentada y validada frente al sector privado, al Ministerio de Energía y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

A continuación, se presenta la distribución de clases de eficiencia energética según la etiqueta chilena vigente. Cabe destacar que solo se consideran los datos proyectados hasta el año 2026 dado que a partir de ese año, según la proyección, la totalidad de los modelos son de clase “A”.

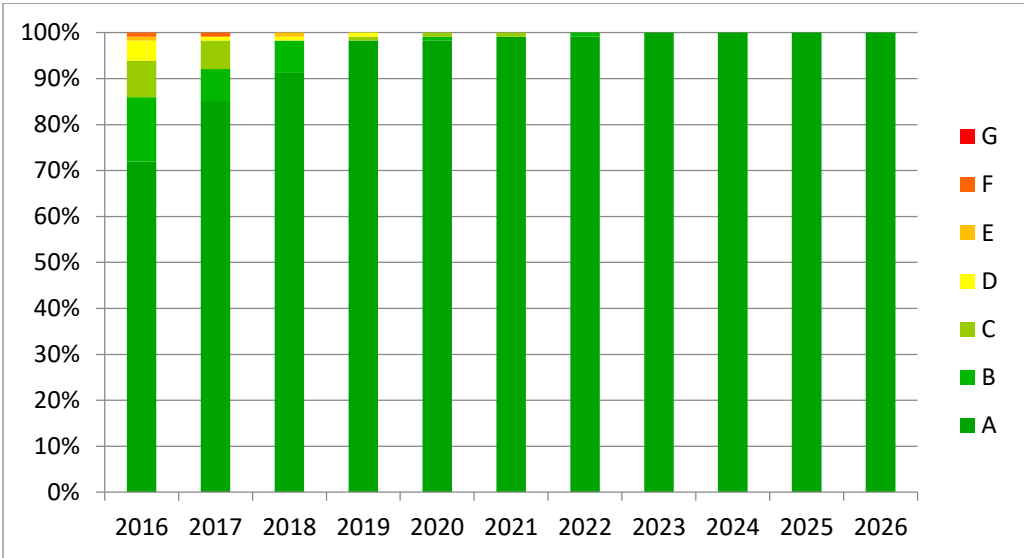


Figura 4.9 Proyección de la etiqueta actual para el modo de refrigeración (Fuente: elaboración propia a partir de BBDD SEC).

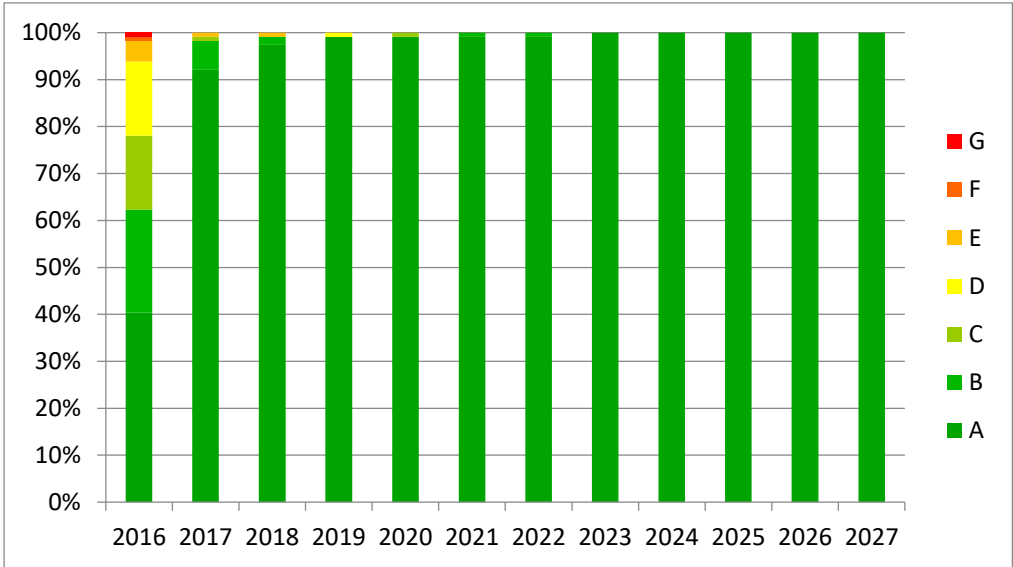


Figura 4.10 Proyección de la etiqueta actual para el modo de calefacción.

Como puede apreciarse, a partir del año 2019, prácticamente todo el universo de modelos será de clase A, siendo que en el 2016 ya se lograba un 70% y 40% para los modos de refrigeración y calefacción respectivamente.

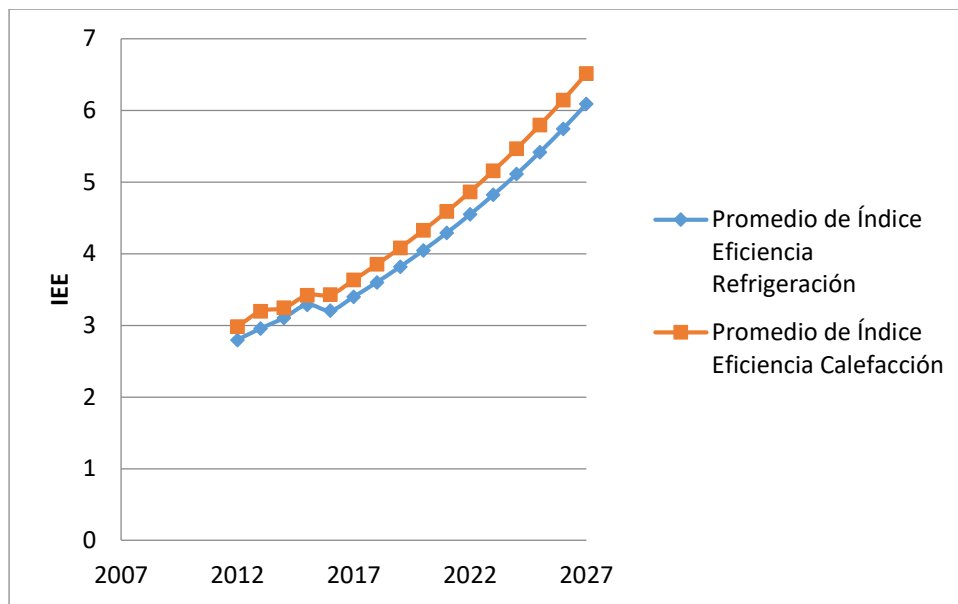


Figura 4.11 Proyección del incremento en el promedio del IEE para los modos de refrigeración y calefacción según la metodología aplicada (Fuente: elaboración propia).

Dado la situación actual del mercado chileno y la proyección realizada a mediano plazo, se evidencia la necesidad de actualizar los niveles mínimos de EE de cada clase de la etiqueta con el fin de empujar nuevamente hacia modelos eficientes. Por lo tanto, se empieza el trabajo analizando la experiencia internacional para poder proponer la etiqueta más adecuada para Chile.

4.2 Necesidad de una nueva etiqueta de eficiencia energética

Proponer una nueva etiqueta energética implica cambiar las escalas actuales de los IEE que definen las clases de EE. Sin embargo, es importante modificarla de forma correcta para realmente mejorar el mercado de aires acondicionados.

Entonces, las escalas no se pueden definir de forma aleatoria, ya que hay que tener en consideración el estado actual de EE del mercado nacional e internacional. En proporciones de la demanda de estos equipos, la de Chile es menor a la de países vecinos como Argentina o Brasil y mucho menos que el mercado Europeo o de EE.UU. Se debe también tomar en referencia a las políticas energéticas a nivel internacional, sus etiquetas y sus propias experiencias al haberlas implementado. Y tener resguardo de no proponer una etiqueta demasiado estricta. En efecto, puede producir que los fabricantes e importadores no apoyen la aprobación de ella, ya que tendrían dificultades en encontrar modelos de clase “A” o “B” para importarlos y comercializarlos en Chile. Además los consumidores verían de forma repentina solo modelos catalogados como ineficientes en el mercado, generándoles confusión

y que finalmente opten por utilizar otros productos de refrigeración menos eficientes (ventiladores eléctricos por ejemplo) o métodos de calefacción más contaminantes, como las estufas a parafina y/o gas.

Por consiguiente, se debe proponer una etiqueta tal que pueda cumplir con su objetivo: promover la EE del mercado de los aires acondicionados, y sin incurrir en los inconvenientes que se expusieron en los párrafos anteriores.

4.2.1 Experiencia de China e India

A continuación, se presentan la distribución del mercado de aire acondicionado en dos países: China e India, en los cuales optaron por niveles de eficiencia distintos:

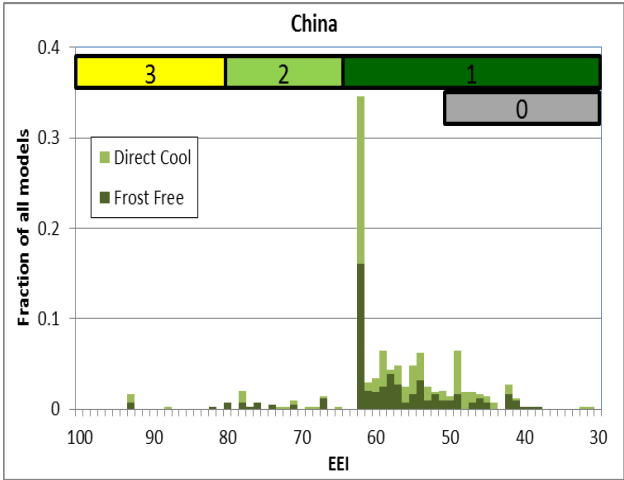


Figura 4.12 Distribución de mercado de aire acondicionado en China en función de la etiqueta implementada. Fuente IDEA (International Database of Efficient Appliances) del Laboratorio de Berkeley.

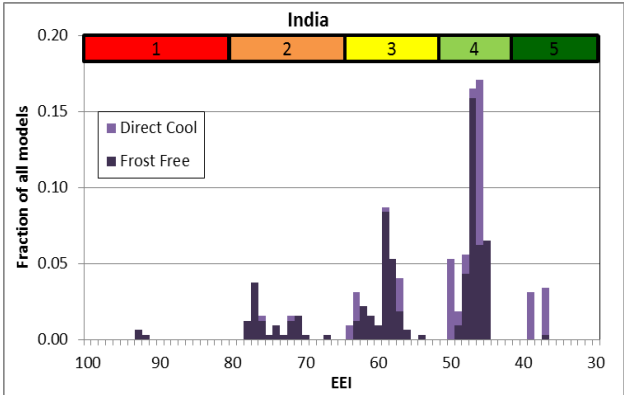


Figura 4.13 Grafico Distribución del mercado de aire acondicionado en India en función de la etiqueta implementada. Fuente: IDEA (International Database of Efficient Appliances) del Laboratorio Berkeley.

Tal como se nota en las Figuras 4.12 y 4.13:

- ✓ En China, las clases van de 1 a 3, siendo 1 el más eficiente.
- ✓ En India, las clases van de 5 a 1, siendo 5 el más eficiente.

En ambos países, se notan que las 2 clases ineficientes (3 y 2 en China y 1 y 2 en India) tienen los mismos niveles de EE de 65. La diferencia se nota en los niveles de alta eficiencia:

- ✓ China definió una sola clase de productos eficientes, la clase 1, que tiene como máximo IEE 65.
- ✓ India definió 3 niveles distintos dentro de los productos eficientes:
 - Clase 3 desde un IEE de 65 hasta 50
 - Clase 4 desde un IEE de 50 hasta 40
 - Clase 5 desde un IEE de máximo 40

La consecuencia en China de tener una sola clase eficiente muy ancha (de 65 a 30) es que la mayoría de los productos clase 1 (equivalente a la clase “A”) tienen un IEE justo menor a 65 para cumplir con los requisitos de la clase sin alcanzar mejores niveles de EE. Mientras en India la mayoría de los productos tienen un IEE entre 50 y 45, es decir, en clase 4 (equivalente a la clase “B”). Es así, como en India logran forzar a los fabricantes a introducir modelos más eficientes para lograr la clase 1 y tirar el mercado hacia productos siempre más eficientes.

Por lo tanto, hay que tener mucha precaución por sobre cómo se definen los límites de las clases.

4.2.2 Experiencia de la Unión Europea

En la unión europea, según la norma EU se definen las clases energéticas del siguiente modo, según el manual de operación del sistema de certificación Eurovent OM-1-2017:

Tabla 4.5 Clases de eficiencia energética para modos frío y calor según manual Eurovent OM-1-2017.

<i>Energy Efficiency Class</i>	<i>SEER</i>	<i>SCOP</i>
A+++	SEER ≥ 8.50	SCOP ≥ 5.10
A++	6.10 ≤ SEER < 8.50	4.60 ≤ SCOP < 5.10
A+	5.60 ≤ SEER < 6.10	4.00 ≤ SCOP < 4.60
A	5.10 ≤ SEER < 5.60	3.40 ≤ SCOP < 4.00
B	4.60 ≤ SEER < 5.10	3.10 ≤ SCOP < 3.40
C	4.10 ≤ SEER < 4.60	2.80 ≤ SCOP < 3.10
D	3.60 ≤ SEER < 4.10	2.50 ≤ SCOP < 2.80
E	3.10 ≤ SEER < 3.60	2.20 ≤ SCOP < 2.50
F	2.60 ≤ SEER < 3.10	1.90 ≤ SCOP < 2.20
G	SEER < 2.60	SCOP < 1.90

Aplicando dicha escala a los modelos actuales en el mercado nacional, se obtiene la siguiente distribución de clases de eficiencia energética:

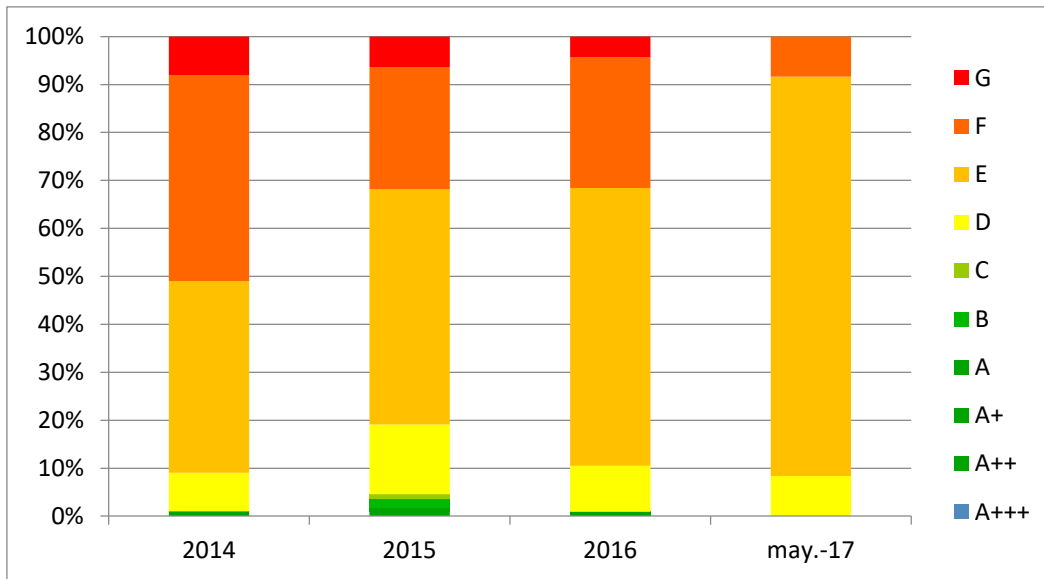


Figura 4.14 Evolución de las clases de eficiencia energética para el modo de refrigeración según la etiqueta de Europa (Fuente: elaboración propia).

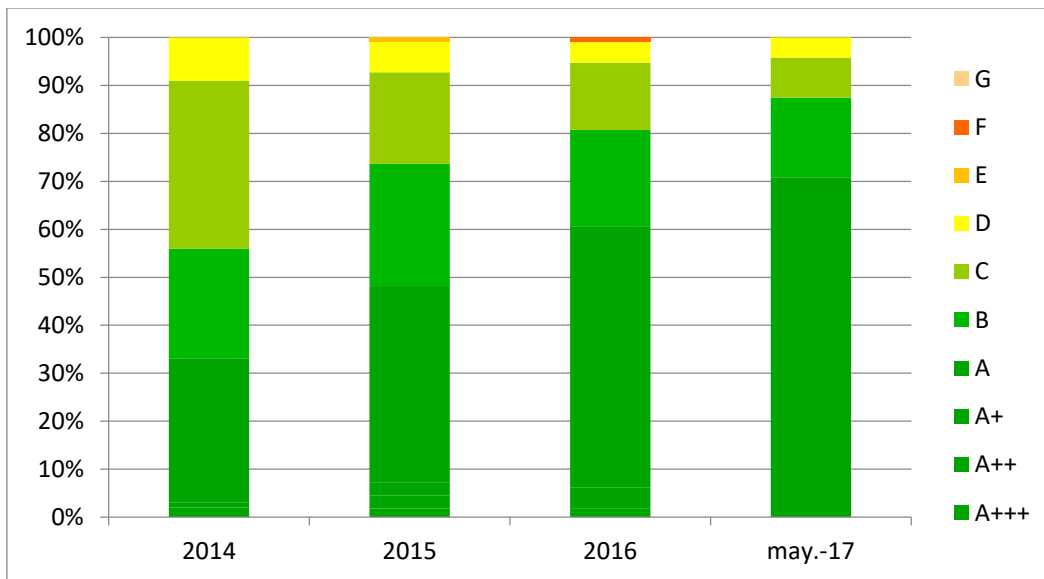


Figura 4.15 Evolución de las clases de eficiencia energética para el modo de calefacción según la etiqueta de Europa (Fuente: elaboración propia).

Como se puede apreciar en el gráfico de la Figura 4.14, el estándar europeo es demasiado estricto para el modo de refrigeración. Lo que trae como consecuencia los problemas explicados anteriormente sobre estancar el mercado (imposibilidad de importar modelos eficientes) y producir confusión entre los consumidores al no ver equipos catalogados como eficientes. Sin embargo, en el caso de calefacción esto no ocurre. Existe un pequeño

porcentaje en la clase más alta, y va aumentando gradualmente el número de modelos al reducirse la clase. Esto fomentaría a los fabricantes e importadores a traer modelos que superen estos límites de EE.

Cabe destacar que no se consideran las clases “+” dado que en Europa éstas van a ser remplazadas por A, B, C y así sucesivamente. En efecto, según la experiencia en la Unión Europea, han decidido eliminar todas las clases “+” ya que solo producen confusión dentro de los consumidores quienes optan por modelos de clase “A” pensando que todas las clases “A” son más o menos iguales en términos de eficiencia.

Para los refrigeradores/congeladores ocurrió este problema como se puede ver en la Figura 4.16.

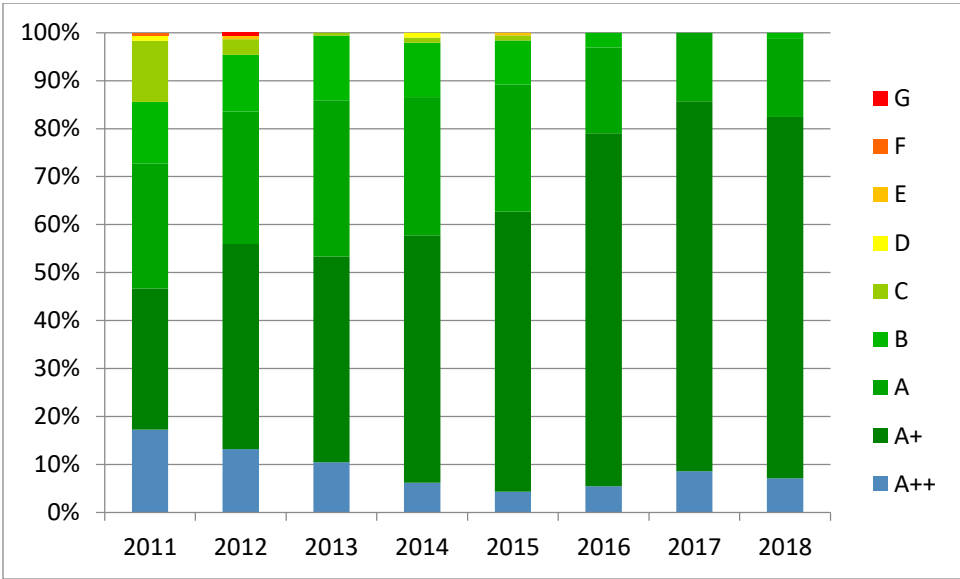


Figura 4.16 Distribución de las clases de eficiencia energética según el etiquetado nacional (Fuente: BBDD etiquetado energético SEC.)

Para los refrigeradores/congeladores la cantidad de modelos con la clase más eficiente terminó por reducirse debido las clases “+”. En efecto, se considerarán estas clases en la propuesta.

4.3 Propuesta de nueva etiqueta de EE

Dado lo anterior, para el caso del modo de refrigeración, se plantea utilizar una escala intermedia entre la de Chile y la de Europa, de tal forma de conseguir una menor cantidad de modelos de clase “A” y “G” y su mayor parte entre las clases “C” y “D” para que el mercado se vea motivado por mejorar su eficiencia. Además se deben contemplar los tiempos de

implementación de estas políticas energéticas que suele ser generalmente de 1 a 2 años. Por lo que para el caso del modo de calefacción, se opta por homologar la misma escala utilizada en Europa.

A continuación se presenta la escala escogida para los niveles de clase para refrigeración y para calefacción (que será idéntica a la actual de Europa).

Tabla 4.6 Propuesta de escalas de eficiencia energética para modos frío y calor (Fuente: elaboración propia).

Clase de eficiencia energética	EER	COP
A	$EER \geq 5,1$	$COP \geq 5,1$
B	$4,6 \leq EER < 5,1$	$4,6 \leq COP < 5,1$
C	$4,1 \leq EER < 4,6$	$4,1 \leq COP < 4,6$
D	$3,6 \leq EER < 4,1$	$3,6 \leq COP < 4,1$
E	$3,1 \leq EER < 3,6$	$3,1 \leq COP < 3,6$
F	$2,6 \leq EER < 3,1$	$2,8 \leq COP < 3,1$
G	$EER < 2,6$	$COP < 2,8$

En base a estas nuevas escalas propuestas para reemplazar las actuales que se establecen según la norma chilena NCh3081.Of2007, se puede proyectar la evolución de eficiencia energética del mercado. En los siguientes gráficos apilados se logra distinguir cómo cambia la proporción de las clases de la etiqueta con el transcurso del tiempo, para los modos de refrigeración y calefacción, respectivamente.

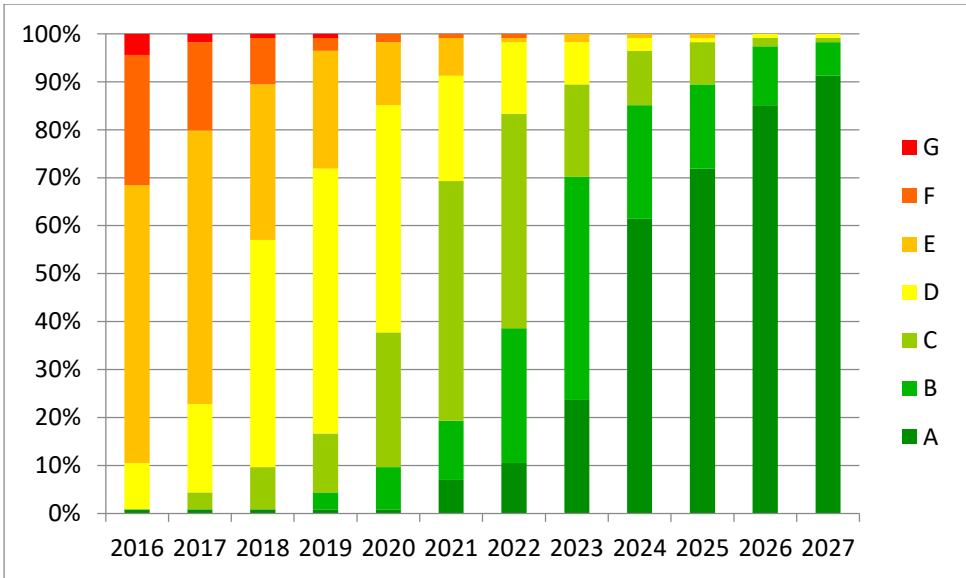


Figura 4.17 Proyección de la propuesta de etiqueta energética para el modo de refrigeración (Fuente: elaboración propia).

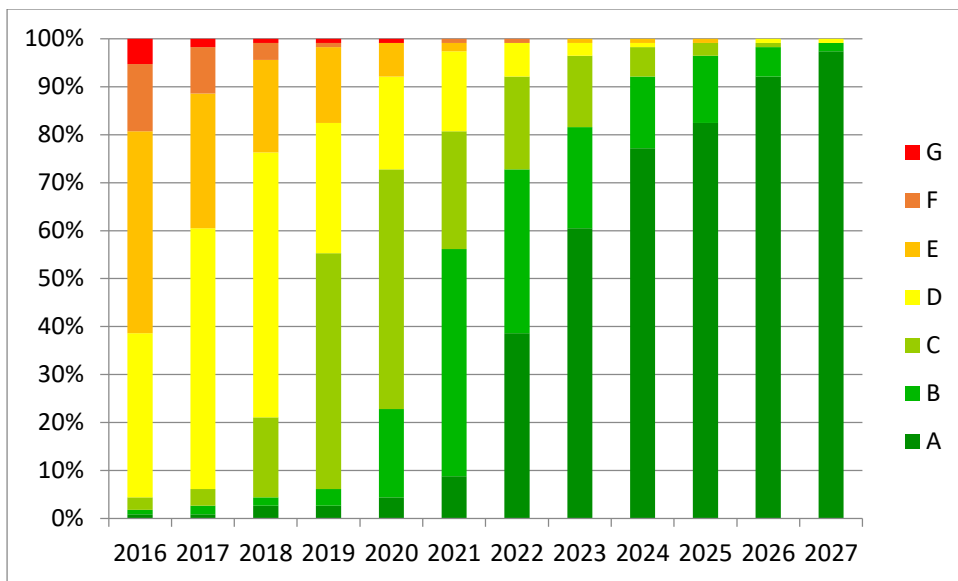


Figura 4.18 Proyección de la propuesta de etiqueta energética para el modo de calefacción (Fuente: elaboración propia).

Analizando ambas proyecciones, se puede observar que a partir del año 2025 comienza a haber una mayor presencia de modelos clase “A” en el mercado, superando el 70%. Llegado este punto ya debiera comenzar a planificarse la implementación de una nueva actualización. Para anticipar esto, se recomienda de incluir en la reglamentación la obligación de revisar la etiqueta en 2025 (o “cuando el 70% de los equipos alcancen la clase “A”). Para el caso de refrigeración, como actualización, se podría adoptar la escala actual Europea como se presenta en el gráfico de la Figura 4.19.

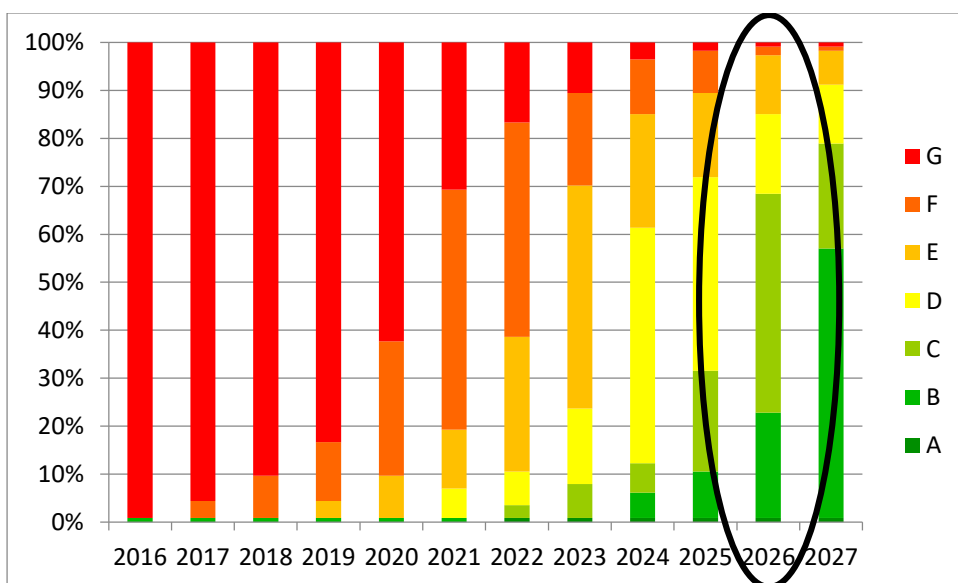


Figura 4.19 Proyección de la segunda parte de la etiqueta energética para el modo de refrigeración (Fuente: elaboración propia).

En el caso del modo de calefacción debe realizarse un segundo estudio a futuro y monitorear la situación internacional, para determinar la próxima escala de la etiqueta.

Como se puede ver, si se implementa esta segunda etapa para el modo de refrigeración se podría seguir cumpliendo con el objetivo esencial de la etiqueta.

Finalmente se concluye que:

- ✓ Respecto al modo calefacción, se puede adoptar directamente la escala que rige la etiqueta europea vigente.
- ✓ Respecto al modo refrigeración, primera etapa con clases específicas a Chile y a partir del año 2026, empezar la actualización con clases iguales a la etiqueta europea vigente.
- ✓ Considerar las clases de eficiencia de A-G, sin clases “+”.
- ✓ Además se recomienda agregar más información en la etiqueta:
 - La información de IEE tanto para modo calor y como modo frío
 - La estimación del consumo mensual en modo frío y también en modo calefacción (a fin de promover el uso de este en invierno).
 - Indicar si el modelo posee la tecnología inverter.

Contando con una etiqueta energética de estas características, actualizada y correctamente diseñada, las marcas e importadores se verán sujetos a colocar modelos de mayor eficiencia en el mercado. Los consumidores tendrán acceso a modelos de mejor calidad, información clara y precisa para ayudarlos en su decisión de compra. Y pagarán menos en sus cuentas de electricidad. Se mejora la calidad de vida de los habitantes y se promueven la eficiencia energética y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.

5 Capítulo 5: Análisis Ensayo de Eficiencia Energética

En esta segunda etapa se analiza el protocolo de ensayo vigente para determinar la eficiencia energética de los equipos Split-muro y formular un nuevo ensayo que logre reflejar la eficiencia verdadera de los equipos con tecnología inverter incorporada.

5.1 Comparación Ensayo de Eficiencia en Chile y Europa

La norma chilena NCh26585.Of2002 basada en la norma ISO5151.1994, dicta como se deben llevar a cabo los ensayos de laboratorio para determinar la eficiencia energética de los equipos split muro. Dentro de ella se establece que la medición para calcular el IEE se debe realizar bajo una condición de temperatura externa fija. Esto quiere decir, que el equipo funciona a carga completa durante esta prueba, las revoluciones del compresor están fijas al 100% y no varían.

Parámetro	Condiciones de ensayo estándar		
	T1	T2	T3
Temperatura del aire que entra por el lado interior (°C)			
- bulbo seco	27	21	29
- bulbo húmedo	19	15	19
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (°C)			
- bulbo seco	35	27	46
- bulbo húmedo ¹⁾	24	19	24
Temperatura del agua del condensador ²⁾ (°C)			
- entrada	30	22	30
- salida	35	27	35
Frecuencia de ensayo	Frecuencia de clasificación ³⁾		
Tensión de ensayo	Tensión de clasificación ⁴⁾		
<p>T1 = Condiciones de clasificación de capacidad de enfriamiento estándar para climas moderados.</p> <p>T2 = Condiciones de clasificación de capacidad de enfriamiento estándar para climas fríos.</p> <p>T3 = Condiciones de clasificación de capacidad de enfriamiento estándar para climas cálidos.</p>			
<p>1) La condición de temperatura de bulbo húmedo no se requiere cuando los ensayos de condensadores enfriados por aire no evaporan el condensado.</p> <p>2) Representativo de equipos con torres de enfriamiento. Para equipos diseñados para otros usos, el fabricante debe proyectar las temperaturas del agua de entrada y salida del condensador o los flujos de agua y la temperatura del agua de entrada dentro de las clasificaciones.</p> <p>3) Equipos con doble frecuencia de clasificación se deben ensayar para cada frecuencia.</p> <p>4) El ensayo de tensión en equipos con doble tensión de clasificación se debe realizar para cada tensión o para la tensión más baja de las dos si sólo una clasificación es publicada.</p>			

Figura 5.11 Condiciones del ensayo de capacidad de enfriamiento de acuerdo al punto 4,4 de la norma NCh2685.OF2002.

Parámetro	Condiciones de ensayo estándar
Temperatura del aire que entra por el lado Interior (°C)	
- bulbo seco	20
- bulbo húmedo (máximo)	15
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (alta ¹⁾) (°C)	
- bulbo seco	7
- bulbo húmedo	6
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (baja ¹⁾) (°C)	
- bulbo seco	2
- bulbo húmedo	1
Temperatura del aire que entra por el lado exterior (extra baja ^{1, 2)}) (°C)	
- bulbo seco	-7
- bulbo húmedo	-8
Frecuencia de ensayo	Frecuencia de clasificación ³⁾
Tensión de ensayo	Tensión de clasificación ⁴⁾
<p>1) Si ocurre un descongelamiento durante los ensayos de capacidad de calefacción alta, baja o extra baja, los ensayos bajo esas condiciones se deben acompañar utilizando el método aire-entalpía Interior (ver B.2 y C.3.3).</p> <p>2) Ensayo sólo para realizar si el fabricante especifica que el equipo es capaz de operar bajo esas condiciones.</p> <p>3) Equipos con doble frecuencia de clasificación se deben ensayar para cada frecuencia.</p> <p>4) Equipos con doble tensión de clasificación se deben ensayar para cada tensión.</p>	

Figura 5.2 Condiciones del ensayo de capacidad de calefacción según punto 5.1 de la norma NCh2685.OF2002.

Para el ensayo de capacidad de enfriamiento se aplica la condición T1. La temperatura del aire que entra por el lado exterior esta 35°C y a 7°C para el caso del ensayo de capacidad de calefacción.

Entonces, como no se le efectúan mediciones bajo otras condiciones de temperatura se asume que el compresor del equipo trabajará siempre al mismo régimen. Lo cual no es verdadero. En primer lugar porque existen tecnología modernas, como la Inverter, que le permiten al compresor que pueda variar sus revoluciones de acuerdo a las exigencias del equipo. Cabe destacar que si el compresor funciona a menores revoluciones se consume menos energía. Por lo tanto, si este tiene la facultad de hacerlo puede mejorar la eficiencia del equipo. En segundo lugar, las condiciones climáticas reales sobre las cuales trabajara el equipo, ya sea en el sector residencial o comercial, serán diversas teniendo que enfriar o calentar ambientes no siempre en la misma cantidad.

Entonces, se vuelve necesario tener protocolos de ensayos que sean capaces de simular las condiciones reales de trabajo e incorporar las tecnologías modernas. De este modo se obtienen eficiencias semejantes a las que tendrá el equipo cuando opere. Los equipos de estas características podrán resaltar en el mercado debido a su eficiencia y con ayuda de la etiqueta energética los consumidores son informados correctamente.

En Europa se realizan los protocolos de ensayo de eficiencia energética bajo la norma EN14511 del 2007 basada en la norma ISO5151.2010. Esta norma define ensayos a carga completa al igual que la actual norma chilena. Pero dado que comenzaron a comercializarse equipos con tecnologías inverter establecieron una nueva norma capaz de incluir este nuevo atributo. Actualmente los equipos tradicionales On/Off se ensayan según la norma EN14511 y aquellos con variadores de frecuencia se ensayan bajo la norma Europea EN14825, cuya versión más reciente corresponde al año 2016. Dentro de ella se definen diferentes condiciones a las cuales se somete el equipo para efectuar las mediciones; se denominan “ensayos a carga parcial”.

Tabla 5.1 Ensayo a carga parcial para el modo frío según la norma EN14825.

	Part load ratio	Part load ratio %	Outdoor air dry bulb temperature °C	Indoor air dry bulb (wet bulb) temperatures °C
A	$(35-16)/(T_{designc} - 16)$	100	35	27(19)
B	$(30-16)/(T_{designc} - 16)$	74	30	27(19)
C	$(25-16)/(T_{designc} - 16)$	47	25	27(19)
D	$(20-16)/(T_{designc} - 16)$	21	20	27(19)

Tabla 5.2 Ensayo a carga parcial para el modo calefacción según la norma EN14825.

Condition	Part Load Ratio in %				Outdoor heat exchanger	Indoor heat exchanger
	Formula	A	W	C	Inlet dry (wet) bulb temperature °C	Indoor air dry bulb temperature °C
A	$(-7 - 16) / (T_{designh} - 16)$	88	n/a	61	-7(-8)	20
B	$(+2 - 16) / (T_{designh} - 16)$	54	100	37	2(1)	20
C	$(+7 - 16) / (T_{designh} - 16)$	35	64	24	7(6)	20
D	$(+12 - 16) / (T_{designh} - 16)$	15	29	11	12(11)	20
E	$(TOL - 16) / (T_{designh} - 16)$				TOL	20
F	$(T_{bivalent} - 16) / (T_{designh} - 16)$				$T_{bivalent}$	20
G	$(-15 - 16) / (T_{designh} - 16)$	n/a	n/a	82	-15	20

Según el contexto climático de Chile corresponde seleccionar la condición “W” proveniente de *Warmer*, clima cálido, de la figura 4.4. Se define a partir de una temperatura exterior de 2°C. Para las condiciones de “A” y “C”, *Average* y *Colder*, representan -10°C y -22°C de temperatura exterior respectivamente. Claramente la condición “W” es la que más se asemeja al clima de Chile durante las épocas de otoño e invierno.

Los equipos bajo ensayo se someten a 4 condiciones de temperatura externa para el ensayo de frío y a 6 condiciones para el ensayo de calor. Simulando de la forma más fiel posible las condiciones reales de operación. La eficiencia estacional, denominada SEER para frío y SCOP para calor se obtiene a partir de ponderados de los diferentes EER y COP resultados de las 4 y 6 condiciones respectivamente.

Por ejemplo, para equipos Chillers el SEER se puede calcular de la siguiente manera:

$$SEER = 0,03 \cdot EER_A + 0,33 \cdot EER_B + 0,41 \cdot EER_C + 0,23 \cdot EER_D \quad (5.1)$$

<http://www.buildingdesign.co.uk/mech-technical/airedale-t1/airedale-energy-efficiency-standards.htm>

Para equipos de aire acondicionado Split-muro se utiliza la misma fórmula pero con otros coeficientes de ponderación (no se cuenta con acceso a esta información). En consecuencia

se produce que la tecnología inverter efectivamente pueda demostrar su real eficiencia como un ponderado de diferentes eficiencias a condiciones específicas.

En la siguiente tabla, se muestran las eficiencias para los modos de refrigeración y calefacción para diferentes modelos, según la BBDD EE SEC y según certificados del sistema de certificación Eurovent. Los modelos son comercializados en ambos mercados.

Tabla 5.3 Comparación de las eficiencias en modo frío y calor según la norma Chilena y la norma de Europa.

Marca	BTU	NCh	EN	NCh	EN
		IEE Refrigeración	SEER	IEE Calefacción	SCOP
<i>Fujitsu</i>	9000	3,94	6,9	3,82	4
<i>Fujitsu</i>	12000	3,14	6,6	3,74	3,82
<i>Fujitsu</i>	18000	3,72	6,94	3,63	3,87
<i>Fujitsu</i>	24000	3,46	6,11	3,57	3,8

Existen diferencias de hasta un 100% en las eficiencias de mismos modelos. Al igual que lo que se explicó en el capítulo anterior, el hecho de ser de la misma clase (incluso con diferentes eficiencias), el consumidor va a preferir el más económico ya que a ojos de él ambos modelos son idénticos. Siendo que efectivamente existen diferencias notorias en sus eficiencias.

Tabla 5.4 Comparación de clases de eficiencia energética para 4 modelos Fujitsu (Fuente: BBDD etiquetado energético SEC y fichas de certificación Eurovent).

Modelo	Clase Eficiencia Frío Chile	Clase Eficiencia Frío EU	Clase Eficiencia Calor Chile	Clase Eficiencia Calor EU
Fujitsu 9000	A	A+++	A	A+++
Fujitsu 12000	B	A+++	A	A++
Fujitsu 18000	A	A+++	A	A++
Fujitsu 24000	A	A+++	B	A++

En efecto, tal como lo indican las diferentes empresas: LG, Daikin, Trane, etc. sus modelos inverter quedan catalogados de diferente forma a como resultan en otros sistemas de certificación como la Europea o la de EEUU.

Luego, lo lógico sería en primera instancia imitar el protocolo de ensayo utilizado en Europa según la norma EN14825, sin embargo esto no es factible debido a dos razones: el mercado de Europa es bastante más grande que el de Chile y donde principalmente predominan tecnologías eficientes gracias a los estándares mínimos de eficiencia, MEPS. En segundo lugar, los ensayos a carga parcial requieren de un tiempo mucho mayor para realizar la prueba. Siendo que en Chile existe un único laboratorio acreditado, SILAB, produciéndose congestión para realizar los ensayos y las marcas deben esperar periodos de hasta meses para poder certificar sus productos. En cambio en Europa se tiene más capacidad de laboratorio lo que hace posible realizar este tipo de ensayos de mayor duración.

Por lo tanto, en base a la evidencia se hace esencial realizar una actualización al ensayo actual para que los modelos eficientes logren reflejar su real eficiencia y destacarse en el mercado. Así los fabricantes tendrán incentivo por incorporar estos modelos al país y comercializarlos. Cabe destacar que las propuestas de ensayo deben diseñarse considerando experiencias y situaciones internacionales.

5.2 Propuesta Ensayo de Calefacción

En el presente apartado se estudia y propone un ensayo de calefacción a carga parcial para reemplazar al que se define en el protocolo de ensayo actual de eficiencia.

Lo principal consiste en determinar el número de condiciones y las características de estas, a que temperaturas de prueba se va a someter el equipo. Se plantea realizar un ensayo a carga parcial de dos condiciones. Dadas las capacidades actuales de laboratorio en el país es factible agregar una condición extra al ensayo de calefacción.

Entonces, se definen las siguientes condiciones para el ensayo de calefacción a carga parcial.

Tabla 5.5 Condiciones propuestas para el ensayo a carga parcial modo calefacción.

Parámetro	Condición 1	Condición 2
Temperatura del aire en la aspiración interior (°C)		
Bulbo seco	20	20
Bulbo húmedo	19	19
Temperatura del aire en la aspiración exterior (°C)		
Bulbo seco	2	12
Bulbo húmedo	1	11
Porcentaje de carga parcial	100	29

Para definir las temperaturas de ambas condiciones se tomó en consideración el clima de Chile en las épocas de otoño e invierno, que es cuando se usa el modo calefacción. Se podría haber definido, para condición 2, una temperatura de aire exterior de 7°C ya que se conoce este dato directamente por los certificados SEC y Eurovent, aumentando la precisión en los resultados y facilitando los cálculos. Pero habría muy poca diferencia en comparación con la temperatura en la condición 1.

Más aún, se tomó en cuenta la situación en la región, en particular el contexto de Argentina. En efecto, Argentina también se encuentra elaborando un nuevo protocolo de ensayo, por lo cual se contactó con el Ministerio de Energía de aquel país (según Esquema A2-IRAM 62406.2016). Además, se debe tener en consideración que existen marcas que se comercializan en Chile y que mandan sus modelos a ensayar a dicho país por lo que ya existe una buena relación entre ambos. Consecuentemente, tiene sentido establecer las mismas condiciones de ensayo para agilizar los procesos de certificación.

Teniendo ambas condiciones para el ensayo a carga parcial definidas, se debe establecer una fórmula para calcular el coeficiente de operación estacional, SCOP. En particular, los factores de ponderación para los COP de ambas condiciones, tal como se hace en la fórmula 4.1. Estos factores deben ser tal que los SCOP calculados sean similares a los valores de SCOP obtenidos por el sistema de certificación Eurovent.

Entonces, para hallar estos factores se analizaron 6 modelos comercializados en los mercados nacional y europeo. Los modelos deben estar presentes en ambos mercados ya que de esta manera se tienen la información suficiente para realizar el análisis y contrastar los resultados.

Tabla 5.6 Modelos de aire acondicionado Split-muro utilizados para el análisis del ensayo.

Marca	BTU	Modelo
<i>Fujitsu</i>	9000	AOYG09LLCC / ASYG09LLCA
<i>Fujitsu</i>	9000	ASYG09LLCC / AOYG09LLCC
<i>Fujitsu</i>	12000	AOYG12LLCC / ASYG12LLCC
<i>Fujitsu</i>	18000	AOYG18LFC / ASYG18LFCA
<i>Fujitsu</i>	24000	AOYG24LFCC / ASYG24LFCC

Por medio del sitio web del sistema de certificación Eurovent (a través de su página web) se puede obtener el COP a 3 condiciones:

Menu > AC > FUJITSU - (FUJITSU) > AC1 / A / S / R																	
Acondicionadores para confort / up to 12 kW / Air cooled / Split / Reverse cycle AC1 / A / S / R																	
(Exportar en formato XLS) - (Exportar en formato XLS - ALL products)																	
Range : ASY**L																	
Diploma Nr. : 94.01.198																	
Model	Cooling (-)					Heating (-)											
	Pdesignc kW	SEER	SEER Class	Qce kWh/y	EER @+35	Pdesignh kW	SCOP	SCOP Class	Qhe kWh/y	Tbiv C	Ph @Tbiv kW	COP @Tbiv	TOL C	Ph @TOL kW	COP @TOL	Ph @+7 kW	COP @+7
AOYG09LLCC / ASYG09LLCC	2,50	6,90	A++	127	3,42	2,30	4,00	A+	805	-7	2,03	2,52	-15.0	2,20	1,68	3,00	4,05

Figura 5.3 Ejemplo de los datos de eficiencia energética de un modelo en el sitio web de Eurovent.

Luego, como se estableció que las condiciones del ensayo para Chile serán a 2 y 12 °C, se deben determinar los COP a estas temperaturas de los modelos bajo estudio.

Efectivamente, se tiene la información de los COP a -15°C , -7°C y 7°C para los modelos Fujitsu, y a -10°C , -8°C y 7°C para los modelos LG. Con estos datos se graficó el COP de cada modelo en función de la temperatura. Para cada gráfico se probaron tres tipos de tendencias: lineal, polinómica de grado 2 y exponencial. Se escogió el que mejor representaba el comportamiento de la eficiencia del modelo. Ya que debe existir cierto orden lógico en los resultados, a medida que aumenta la temperatura el COP también debe hacerlo, pero no de forma abrupta separándose demasiado de los valores en los certificados Eurovent. Por ejemplo, si se tiene un COP de 3,5 a 7°C no parece razonable tener un COP de 4,8 a 12°C , ya que aumentó demasiado en comparación de los 5°C de diferencia. A continuación se presentan los gráficos de COP de los modelos analizados.

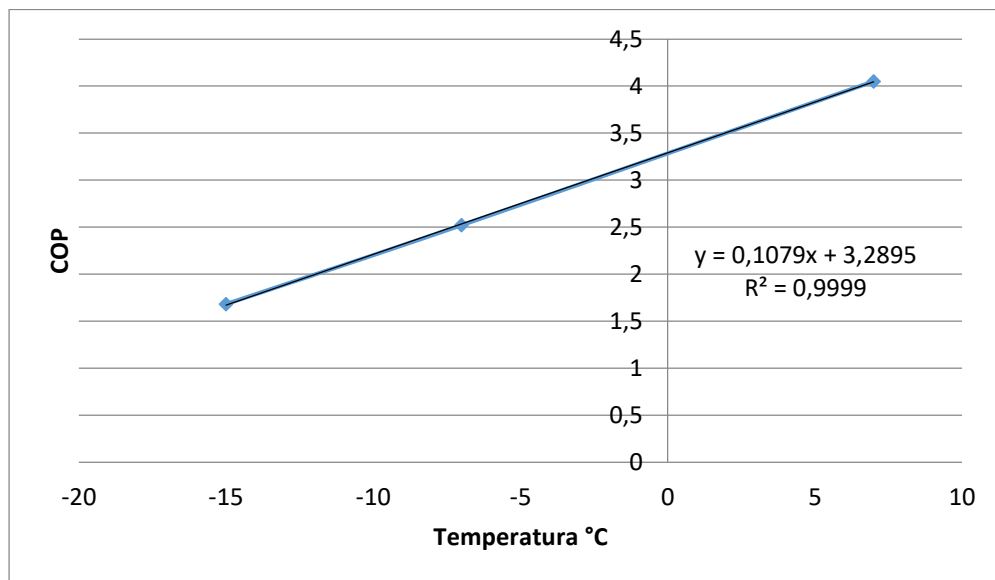


Figura 5.4 COP en función de la temperatura del aire exterior para modelo 1 (Fuente: elaboración propia).

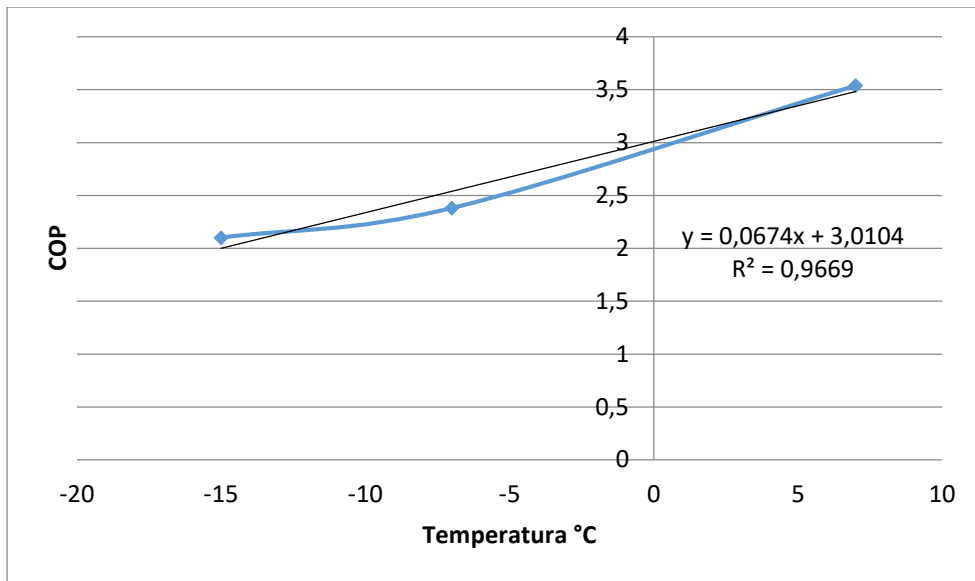


Figura 5.5 COP en función de la temperatura del aire exterior para modelo 2 (Fuente: elaboración propia).

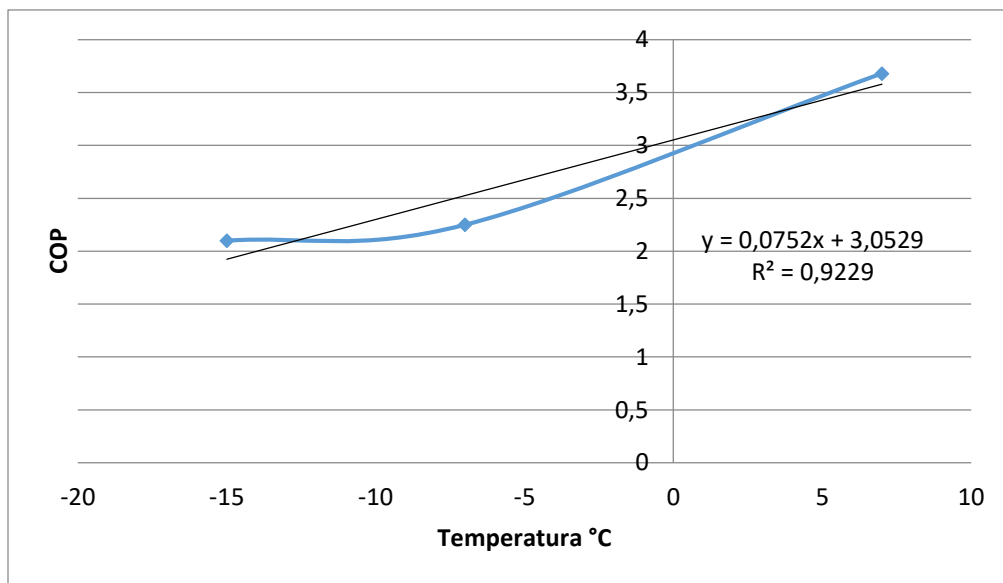


Figura 5.6 COP en función de la temperatura del aire exterior para modelo 3 (Fuente: elaboración propia).

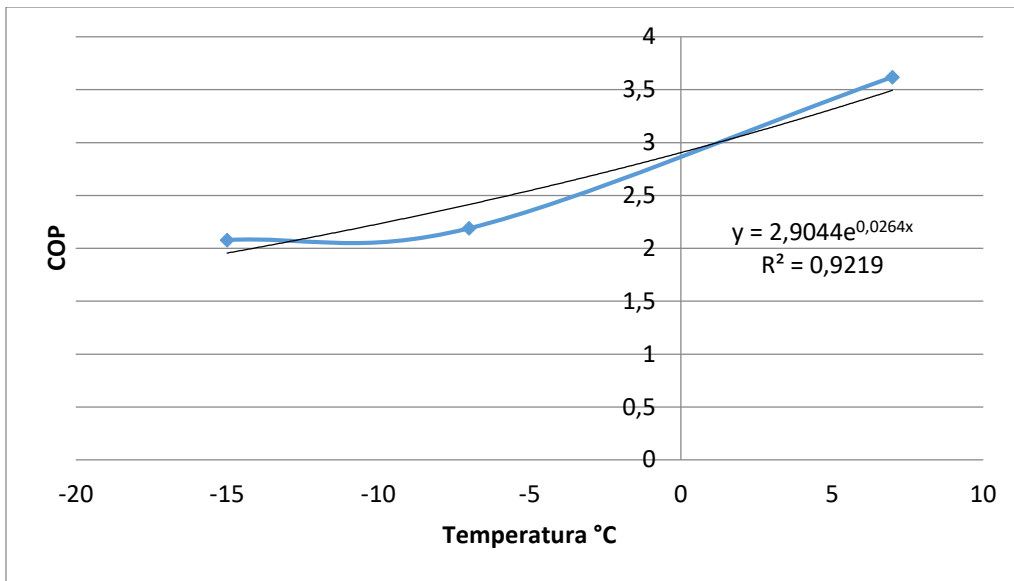


Figura 5.7 COP en función de la temperatura del aire exterior para modelo 4 (Fuente: elaboración propia).

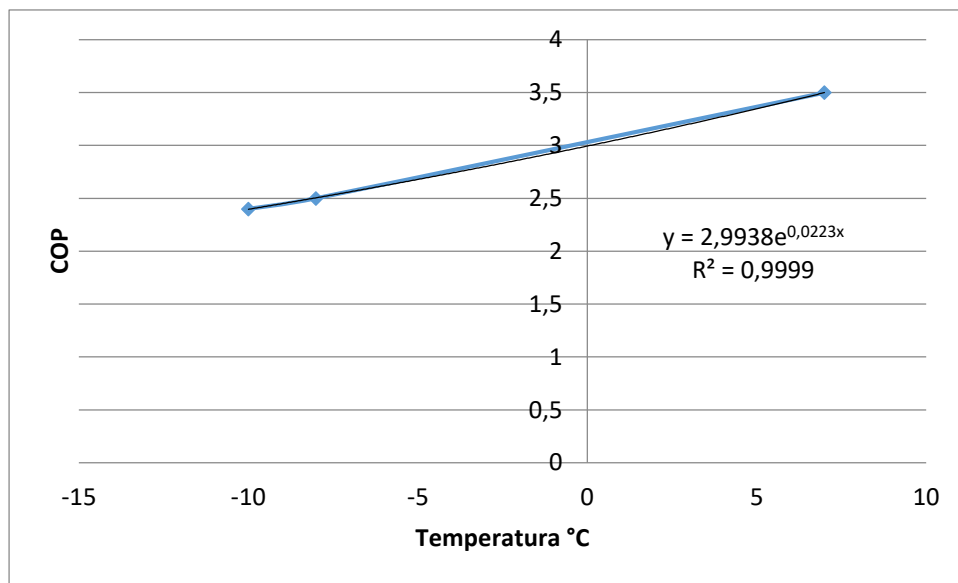


Figura 5.8Gráfico 4.1.- COP en función de la temperatura del aire exterior para modelo 5 (Fuente: elaboración propia).

A partir de estos gráficos se obtuvieron los valores de COP a 2°C y 12°C. En la siguiente tabla se pueden ver estos datos.

Tabla 5.7 COP a 2 y 12°C de los modelos analizados obtenidos por medio de interpolaciones.

	COP @2°C	COP @12°C
<i>Modelo 1</i>	3,5053	4,5843
<i>Modelo 2</i>	3,1452	3,8192
<i>Modelo 3</i>	3,2033	3,9553
<i>Modelo 4</i>	3,0619	3,9870
<i>Modelo 5</i>	3,1708	3,91

Con esta información se pueden determinar los factores de ponderación para la fórmula del SCOP con el siguiente sistema de ecuaciones:

$$F1 \cdot 3,5053 + F2 \cdot 4,5843 = 4$$

$$F1 \cdot 3,1452 + F2 \cdot 3,8192 = 3,82$$

$$F1 \cdot 3,2033 + F2 \cdot 3,9553 = 3,87$$

$$F1 \cdot 3,0619 + F2 \cdot 3,9870 = 3,8$$

$$F1 \cdot 3,1708 + F2 \cdot 3,91 = 3,8$$

Donde $F1$ y $F2$ son los factores de ponderación, los valores que los acompañan son los COP a 2°C y 12°C respectivamente y los valores colocados al lado derecho de la ecuación corresponden a los SCOP de los modelos sacados de los certificados Eurovent.

Gracias a la herramienta solver de Microsoft Excel se obtuvieron los siguientes factores de ponderación:

$$F1 = 0,2$$

$$F2 = 0,8$$

Con este método se producen errores entre los valores de SCOP calculados y los extraídos del sistema Eurovent:

Tabla 5.8 Errores porcentuales del SCOP calculado con respecto al SCOP de certificados de Europa.

	SCOP Eurovent	SCOP Calculado	Error %
<i>Modelo 1</i>	4	4,3685	9,2%
<i>Modelo 2</i>	3,82	3,6844	3,5%
<i>Modelo 3</i>	3,87	3,8049	1,7%
<i>Modelo 4</i>	3,8	3,8019	0,1%
<i>Modelo 5</i>	3,8	3,76216	1,0%

Los órdenes de magnitud no superan el 10% de desviación respecto de los valores en los certificados Eurovent.

Luego la fórmula que determinará el SCOP según la propuesta de ensayo de calefacción para Chile es:

$$SCOP = 0,2 \cdot COP_1 + 0,8 \cdot COP_2$$

En efecto, con estos dos factores de ponderación los modelos inverter podrán mostrar sus reales eficiencias y lograr destacarse con ayuda de la nueva etiqueta por sobre los modelos tradicionales.

A partir de la propuesta se puede concluir que con más condiciones para el ensayo se conseguirían valores más precisos y representativos del SCOP, ya que el protocolo de ensayo sería más fiel a las condiciones reales de operación. Sin embargo no se tiene la capacidad de laboratorio instala en Chile. Ahí recae la importancia de tener un buen mercado de laboratorios de ensayo acreditados en el país. Además es importante que el proceso de certificación sea expedito, por lo que se debe tomar en consideración el contexto regional, al tener marcos regulatorios similares y con capacidades de homologación.

Cabe destacar, que si se aumenta el número de modelos bajo ensayo se asegura que fórmula para determinar el SCOP será más precisa y con menos márgenes de error. Desafortunadamente el acceso a esta información escapa al marco de la investigación.

5.3 Propuesta Ensayo de Enfriamiento

En la última parte del capítulo se explica el análisis y la propuesta del ensayo de enfriamiento a carga parcial.

En primer lugar se establece que el ensayo de enfriamiento también tiene dos condiciones de medición. Al igual que en el caso anterior no es factible realizar ensayos a mas condiciones debido a la capacidad actuales de laboratorio en Chile. En función de la situación climática nacional y del contexto internacional, las condiciones específicas del ensayo son las siguientes:

Tabla 5.9 Condiciones para la propuesta de ensayo a carga parcial de refrigeración.

Parámetro	Condición 1	Condición 2
Temperatura del aire en la aspiración interior (°C)		
Bulbo seco	27	27
Bulbo húmedo	19	19
Temperatura del aire en la aspiración exterior (°C)		
Bulbo seco	35	25
Bulbo húmedo	24	20
Porcentaje de carga parcial	100	47 (*)

Efectivamente ambas temperaturas para los ensayos se condicen con el clima de Chile para las épocas de primavera y verano. Así se puede reflejar de mejor forma la eficiencia energética de los equipos con tecnología inverter.

Cabe mencionar que el porcentaje de carga definido en 47% para la condición 2 se obtuvo según las definiciones de la norma EN14825 y mostradas en la figura 4.3.

Sin embargo, emplear la misma metodología que en el apartado anterior para encontrar una fórmula con la que se pueda calcular el SEER (determinar los factores de ponderación) no es factible. Ya que se requiere conocer los EER de 2 condiciones como mínimo en orden de poder realizar las interpolaciones y encontrar el EER a 25°C y 35°C. Esta información no fue posible obtenerla. En efecto, corresponde a información privada de las marcas que no comparten debido a políticas de privacidad. Y el sistema Eurovent debido a cláusulas de confidencialidad tampoco entrega dicha información.

Para enfrentar este obstáculo, se aprovechó de la colaboración existente con Argentina mencionada en el apartado anterior de este capítulo. Entonces, se propuso realizar un trabajo colaborativo con el Ministerio de Energía de Argentina y el Instituto Argentino de Normalización y Certificación en el marco del proyecto Top-Ten de ambos países.

Luego, gracias a diversas reuniones realizadas vía video llamadas, donde se compartieron experiencias y resultados, se logró obtener una propuesta para determinar el SEER bajo las condiciones de ensayo de enfriamiento a carga parcial propuestas.

$$SEER = 0,35 \cdot EER_1 + 0,65 \cdot EER_2$$

Donde EER_1 y EER_2 corresponden a las eficiencias de los equipos a las condiciones 1 y 2 respectivamente y SEER al *Seasonal Energy Efficiency Ratio*.

En efecto, gracias al trabajo estadístico realizado por Argentina y a las pruebas de ensayo en los laboratorios acreditados de dicho país, se pudo determinar los coeficientes de ponderación de la fórmula X y establecer las condiciones para el ensayo de enfriamiento propuesto en la Tabla 5.8. Se ensayaron diversos modelos vendidos en el mercado Argentino para asegurar que el ensayo sea representativo. Igualmente los modelos debían ser vendidos en el mercado Europeo para ratificar que los SCOP obtenidos de las pruebas sean similares a los presentados según la certificación Europea. La información per se es confidencial y no puede presentarse dentro del marco de esta investigación.

Finalmente se puede recalcar la importancia de contar con la participación de los laboratorios acreditados. Así se pueden realizar pruebas de ensayo y lograr con de forma experimental a los resultados reduciendo los márgenes de error. Nuevamente hay que destacar la importancia de contar con la colaboración de los países de la región. Además de escoger condiciones representativas para el clima del país en cuestión. Se concluye que es imprescindible tener

protocolos de ensayo acorde a la tecnología presente en el mercado y que sea capaz de reflejar la eficiencia real de los equipos y lograr incentivar a las marcas y fabricantes de traer modelos eficientes al país.

6 Capítulo: Análisis Impacto

El último objetivo de la investigación consistió en analizar y estimar el potencial ahorro energético y reducción de emisiones de CO₂ al implementar una nueva etiqueta energética junto a un nuevo protocolo de ensayo para los equipos de aire acondicionado. Para ello se utilizó la herramienta GEF Energy Efficiency Tool (GEF EE Tool), elaborada por Naciones Unidas Medio Ambiente, que estima el impacto ambiental generado al implementar medidas como el etiquetado energético de productos.

Con un ensayo de EE adecuado la eficiencia real de los equipos puede inverter puede ser mostrada a los consumidores por medio de la etiqueta energética. De esta manera los fabricantes e importadores se verán incentivados en incorporar modelos eficientes para darlos a conocer en el mercado. En efecto, este mercado comienza a aumentar su EE con productos más eficientes. Así, se genera un potencial ahorro energético al preferir modelos eficientes por sobre los ineficientes en las compras de los consumidores.

El GEF Tool puede calcular estos potenciales ahorros con cierto tipo de datos y parámetros que se listan a continuación.

Información del proyecto

- ✓ Pérdidas en la red eléctrica (%)
- ✓ Factor de emisiones (ton CO₂_{eq} / MWh)

Especificaciones de la tecnología

- ✓ Vida útil de los equipos
- ✓ Potencia eléctrica modelo eficiente, Inverter (W)
- ✓ Potencia eléctrica modelo ineficiente, tecnología estándar (W)

Consumo de energía anual

- ✓ Uso diario (hr/día)
- ✓ Días de uso por año (día/año)

Suposiciones de mercado

- ✓ Tasa de crecimiento de ventas anuales (%)
- ✓ Ventas anuales al año “i”

Supuestos de la línea base

- ✓ Participación de mercado de productos eficientes al año “i” (%)
- ✓ Tasa de crecimiento anual, respecto de la línea base, de la participación de mercado de productos eficientes (%)
- ✓ Reducción anual del consumo energético de equipos de AC eficientes (%)
- ✓ Reducción anual del consumo energético de equipos de AC ineficientes (%)

Eficacia de los estándares y etiquetado energético

- ✓ Año de aplicación de la etiqueta
- ✓ Porcentaje de nuevas ventas con productos que cumplen con la certificación (%)

Con toda esa información el GEF Tool realiza el cálculo y arroja los siguientes parámetros como resultados.

- ✓ Ahorros de energía eléctrica (MWh)
- ✓ Emisiones de CO₂ evitadas (tCO₂)

Entonces, para poder determinar el potencial impacto que se podría lograr con la actualización de la etiqueta energética y protocolo de ensayo se tiene lo siguiente:

Información General

Perdidas en la red eléctrica: 15% según la información integrada en el GEF Tool.

El factor de emisión se encuentra publicado en la página web <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/factor-de-emision-sic-sing/> de la Comisión Nacional de Energía. Factor de Emisión: 0,4187 tonCO₂eq/MWh.

Tabla 6.1 Parámetros red eléctrica y factor de emisiones utilizado para cálculo de ahorro de energía y emisiones de CO₂ (Fuente: GEF Tool).

Fuels and Emission Factors	Default	User-Specified
Grid Electricity T&D Loss Rate (%)	10%	15,5%
Grid Electricity Emissions (tCO ₂ /MWh)	0,5219	0,4187
Fuel: Click here to select from list	0,0000	0,0000
Fuel: Click here to select from list	0,0000	0,0000
Fuel: Click here to select from list	0,0000	0,0000

Especificaciones de la tecnología

- ✓ Vida útil de los equipos: 10 años. Fuente: tabla de activos fijos SII, http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm.
- ✓ Potencia eléctrica modelo eficiente Inverter: 440 W. Fuente: Certificados Eurovent de modelos LG, Fujitsu, Certificado de fábrica Gree Electric Appliances de modelos Daitsu. BBDD de Etiquetado Energético de la SEC.
- ✓ Potencia eléctrica modelo ineficiente, tecnología estándar: 830 W. Fuente: Certificados Eurovent de modelos LG, Fujitsu, Certificado de fábrica Gree Electric Appliances de modelos Daitsu. BBDD de Etiquetado Energético de la SEC.

Tabla 6.2 Especificaciones técnicas sobre consumo de energía de los equipos de aire acondicionado eficientes e ineficientes (Fuente: GEF Tool).

Technology Specifications	Default	User-Specified
Target Technology	Home Air Conditioner	Home Air Conditioner
Fuel Used	Electricity	Electricity
Displaced Technology	Existing Home Air Conditioner	Existing Home Air Conditioner
Useful Technology Lifetime (years)	5	10
Power Consumption: Home Air Conditioner (W)	1.395	730
Power Consumption: Existing Home Air Conditioner (W)	1.641	1.125

Cabe mencionar que para determinar la potencia eléctrica se utilizó el consumo eléctrico según las clases “A” y se ponderó según la distribución del mercado que tienen los equipos de diferente capacidad (9000, 12000, 18000 y 24000 BTU).

Consumo de energía anual

- ✓ Uso diario: 8 horas por día. Por default del GEF EE Tool
- ✓ Días de uso por año (día/año): 180 días por año (meses de invierno-verano). Por default del GEF EE Tool,

Tabla 6.3 Consumo anual de energía de los equipos de aire acondicionado eficiente e ineficiente (Fuente: GEF Tool).

Annual Energy Consumption	Default	User-Specified
<i>User may enter either daily or annual energy information</i>		
Daily Usage (hr/day)	8,0	8,0
Days Used Each Year (days/yr)	180	180

Annual Energy Consumption: Home Air Conditioner (kWh/yr)	2.008	1051
Annual Energy Consumption: Existing Home Air Conditioner (kWh/yr)	2.363	1.620
Percentage Energy Savings		35%

Suposiciones de mercado

- ✓ Tasa de crecimiento de ventas anuales: 20%. Fuente: Estudio de Mercado de Equipos Split muro, por Eurofred.

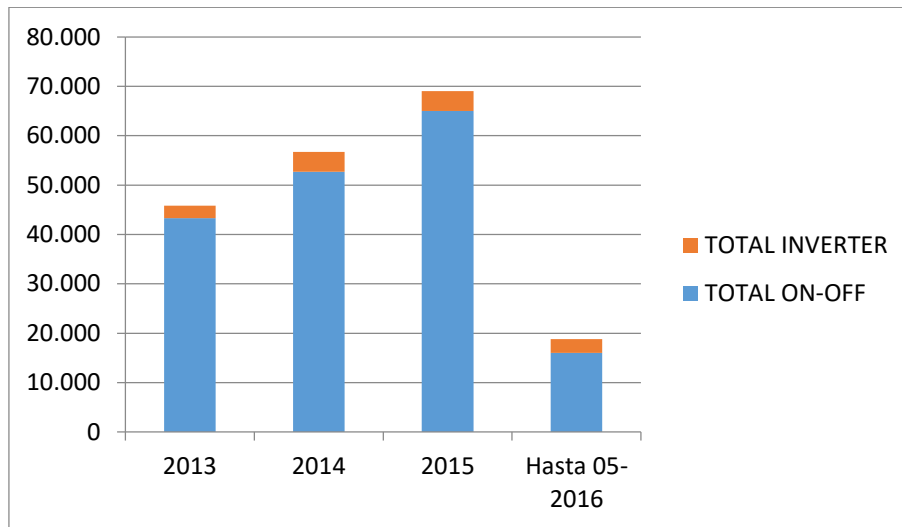


Figura 6.1 Ventas anuales de equipos Split muro por tecnología (Fuente: Estudio de mercado de equipos Split muro Eurofred).

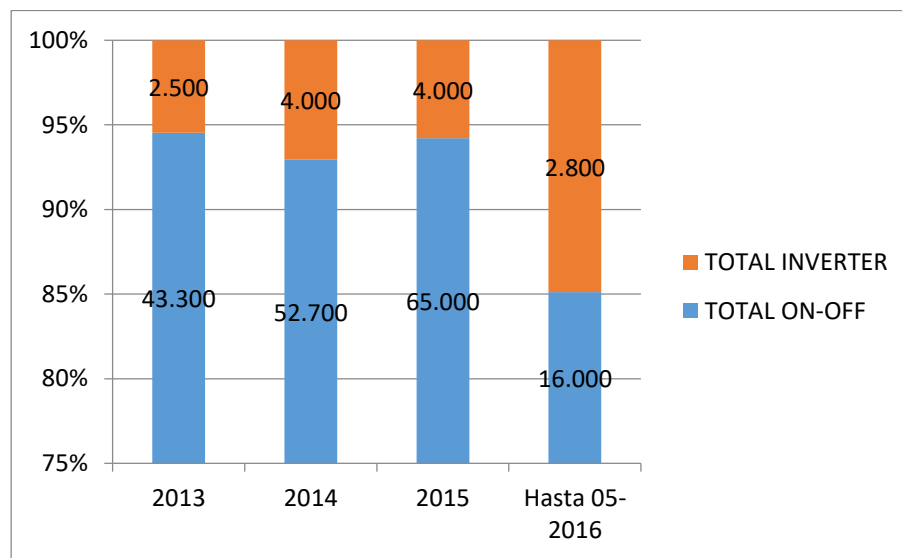


Figura 6.2 Gráfico apilado por tecnología de ventas anuales de equipos Split muro (Fuente: Estudio de mercado de equipos Split muro Eurofred).

Las ventas anuales del año 2019 se determinan proyectando las ventas del año 2015 según la tasa de crecimiento.

- ✓ Ventas anuales al año 2019: 140.000 unidades.

Tabla 6.4 Ventas anuales de equipos de aire acondicionado Split-muro y tasa de crecimiento del volumen de ventas (Fuente: GEF Tool).

Market Assumptions	User-Specified
Annual Sales in Year 2018	140.000
Annual Sales Growth Rate	20%

Supuestos de la línea base

- ✓ Participación de mercado de productos eficientes (inverter) al año 2015: 6%. Fuente: Estudio de mercado, (2013-2016.1) realizado por Eurofred.
- ✓ Tasa de crecimiento anual, respecto de la línea base, de la participación de mercado de productos eficientes: 20%
- ✓ Reducción anual del consumo energético de equipos de AC eficientes: 6%. Fuente: BBDD Etiquetado Energético de la SEC entre 2012-2017.
- ✓ Reducción anual del consumo energético de equipos de AC ineficientes: 1%. Por default del GEF EE Tool. Por lo demás la tecnología estándar no ha evolucionado en eficiencia ya que no hay incentivos por parte del mercado ni por marco regulatorio.

Tabla 6.5 Especificaciones técnicas de la línea base, market share de modelos eicientes y mejoras en la EE (Fuente: GEF Tool).

Baseline Assumptions	Default	User-Specified
Market Share of Efficient Home Air Conditioner in Year 2018		6%
Baseline Annual Increase in Efficient Home Air Conditioner Market Share	5%	20%
Annual reduction in energy consumption: Home Air Conditioner	0%	6%
Annual reduction in energy consumption: Existing Home Air Conditioner	1%	1%

Eficacia de los estándares y etiquetado energético

- ✓ Año de aplicación de la etiqueta: 2018
- ✓ Porcentaje de nuevas ventas con productos que cumplen con la certificación: 95%. Por default del GEF Tool

Tabla 6.6 Porcentaje del mercado que cumple con los estándares y normas de certificación (Fuente: GEF Tool).

Standard/Labeling	Program	<i>User-Specified</i>
Effectiveness		
Year Standard in Force		2018
Percent New Sales Compliant with Standard		95%

Luego, con los datos presentados anteriormente, la herramienta se calcula los potenciales ahorros energéticos y las emisiones de CO₂ evitadas durante el primer año de implementación.

- ✓ Ahorros de energía eléctrica durante 2018: 70.872 MWh.
- ✓ Emisiones de CO₂ evitadas durante 2018: 29.674 ton CO₂ equivalentes.

Si se considera un horizonte de 8 años de la etiqueta, momento en el que la mayor parte de los modelos en el mercado serán de clase “A”, tal como se indicó en el capítulo 3. Y por lo tanto, va a ser necesaria una actualización de esta. Entonces transcurridos los 8 años se tienen los siguientes ahorros acumulados por la propuesta etiqueta energética:

- ✓ Ahorros de energía eléctrica al año 2026: 2.054.663 MWh.
- ✓ Emisiones de CO₂ evitadas al año 2026: 860.287 ton CO₂ equivalentes.

Nota: Los ahorros acumulados consideran los ahorros del año anterior sobre los ahorros del presente año, ya que los equipos considerados en el cálculo del primer año siguen siendo utilizados los años siguientes. Esto se puede ver con mayor detalle en la hoja “*Std&Lbl*” del GEF Tool.

Tabla 6.7 Ahorro de energía por año y emisiones de CO₂ evitadas (Fuente: elaboración propia a partir del GEF Tool).

Año	Ahorro Energético MWh	Ton de emisión de CO2 equivalentes evitadas
2018	70.872	29.674
2019	142.241	59.556
2020	207.332	86.810
2021	256.356	107.336
2022	275.572	115.382
2023	275.572	115.382
2024	275.572	115.382
2025	275.572	115.382
2026	275.572	115.382
TOTAL	2.054.663	860.287

La desventaja del modelo aplicado es que se realizan muchos supuestos que podrían no llevarse a cabo (como las predicciones de mercado por ejemplo). Es por esto que la metodología se utiliza solo para realizar propuestas. Al momento de comenzar a ejecutar es necesario contar con información más precisa. Sin embargo, tiene la ventaja es que permite estimar de forma rápida el potencial impacto y con esto el gobierno puede tomar la decisión más óptima en sus políticas públicas.

La implementación de estas políticas públicas de eficiencia energética tiene un impacto positivo reduciendo el consumo energético del país. Son de bajo costo de implementación para el gobierno ya que la etiqueta deben proveerla los mismos importadores y vendedores, de bajo costo su implementación. La dificultad principal es lograr coincidir los diferentes actores en esta materia, el sector público compuesto por el Ministerio de Energía, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, el sector privado compuesto por las marcas, los organismos de certificación y laboratorios de ensayo y los consumidores finales. Una vez logrado un consenso entre todos esos actores, los costos asociados a la implementación de estas políticas resultan relativamente bajos generando impactos altos, por lo que resultan muy costo efectivos.

7 Conclusiones

En el último capítulo de esta investigación se presentan las conclusiones halladas. En primer lugar las conclusiones generales extraídas de las propuestas de etiquetado y ensayo junto con el potencial impacto energético y medioambiental. Posteriormente se presentan las conclusiones específicas de cada capítulo. Finalmente las recomendaciones del trabajo investigativo.

7.1 Conclusiones Generales

Es importante tener un marco regulatorio actualizado para los equipos de AC Split muro. Esto es, contar con un etiquetado energético claro que permita destacar de manera efectiva los modelos eficientes, y un ensayo de EE a carga parcial que logre mostrar la real eficiencia de los modelos con nuevas tecnologías eficientes incorporadas, tal como la Inverter. Es así, como los fabricantes e importadores se ven forzados a incorporar productos cada vez más eficientes al mercado nacional, y quedar clasificados en la etiqueta energética como clase “A”. Y Los consumidores se ven beneficiados al acceder a modelos más eficientes, reducir sus cuentas de electricidad y mejorar su confort de vida. Al actualizarse el etiquetado energético y luego entrar en vigencia, se estima que en el primer año de aplicación se pueden ahorrar 70,8 GWh evitar la emisión de 30.000 toneladas de CO₂ equivalentes, producto de la venta de equipos eficientes en el mercado.

Con el nuevo escalado de la etiqueta energética se produce una distribución de clases de EE de tipo campana de Gauss. Es decir, la mayor cantidad de los modelos estarían entre las clases “C” y “D”, y las menores con clase “A”. Conjuntamente, el escalado entre cada clase debe ser el mismo para que, el esfuerzo de pasar de “C” a “B” sea el mismo que de pasar de “B” a “A” por ejemplo. De este modo, se incentiva a los fabricantes e importadores a mejorar las eficiencias de sus equipos. Además la etiqueta no debe ser demasiado estricta (que ningún modelo quede en “A” al momento de entrar en vigencia) porque los consumidores se verán confundidos al no ver ningún modelo eficiente en el mercado. Tampoco se han considerado las clases “A+”, ya que los consumidores no distinguirán la diferencia en EE entre los modelos A y los de clases “A+” (solo verán la diferencia en el precio de compra del producto). Por lo tanto, puede ser contraproducente con el objetivo del etiquetado energético. Finalmente cuando se realizan este tipo de estudios es significativo tomar en cuenta la experiencia internacional, ya que ayuda a evidenciar aspectos como los anteriormente mencionados.

La norma chilena NCh2685 establece el ensayo por EE para los equipos de A.C. a carga completa, es decir, bajo una sola condición fija de temperatura exterior. Como consecuencia, los equipos modernos eficientes con tecnología Inverter incorporada (variador de frecuencia en el compresor para funcionar solo con la energía necesaria) no logran reflejar su real eficiencia quedando catalogados como modelos ineficientes. En Europa, en cambio, se realizan ensayos bajo múltiples condiciones haciendo funcionar a los equipos a plena carga y carga parcial. Entonces, se han propuesto dos condiciones de ensayo de EE para los modos frío y calor de los equipos de AC.

Tabla 7.1 Condiciones propuestas para os ensayos a carga parcial modo frío y calor.

		Condición 1	Condición 2
EER	Temperatura	35°C	25°C
	Porcentaje de carga	100%	47%
COP	Temperatura	2°C	12°C
	Porcentaje de carga	100%	30%

Dónde:

$$SEER = 0,35 \cdot EER_1 + 0,65 \cdot EER_2$$

$$SCOP = 0,2 \cdot COP_1 + 0,8 \cdot COP_2$$

No se definieron más condiciones de ensayo debido a que la duración de estos sería demasiado prolongada, ya que, el país no cuenta con la suficiente capacidad de laboratorios (SILAB es el único laboratorio acreditado y autorizado en Chile). Producto de esto los fabricantes e importadores tendrían que esperar demasiado tiempo para certificar sus modelos y posteriormente poder venderlos, generando un cuello de botella en el mercado. Armonizar los estándares es clave para agilizar los procesos de certificación y promover una rápida adopción de tecnologías eficientes.

7.2 Conclusiones Específicas

Tener políticas públicas de eficiencia energética que le permitan crecer económicamente y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Brindando el acceso a productos de mayor calidad y eficiencia a los consumidores, reduciendo los consumos eléctricos en los hogares

y tener un desarrollo más sostenible y sustentable como sociedad. En particular, se ve un potencial ahorro energético, económico y ambiental al agregar modelos de aire acondicionado de mayor eficiencia al mercado y remover los ineficientes. Como se evidenció, la norma chilena está basada en una norma internacional de hace más de 20 años de antigüedad. No contempla en sus procedimientos y condiciones de ensayos las nuevas tecnologías disponibles en el mercado, como la Inverter. Y la etiqueta energética es menos estricta que la europea generando que lleguen modelos ineficientes a la venta. Es por esto que se vuelve necesario actualizar la regulación que afecta a los equipos de aire acondicionado en el ámbito de la eficiencia energética: el protocolo de ensayo de laboratorio y la etiqueta energética.

Para realizar el estudio de las propuestas e aplicaron metodologías ya usadas en proyectos de la misma índole.

Sobre la etiqueta se propone

- ✓ Respecto al modo calefacción, se puede adoptar directamente la escala que rige la etiqueta europea vigente.
- ✓ Respecto al modo refrigeración, primera etapa con clases específicas a Chile y a partir del año 2026, empezar la actualización con clases iguales a la etiqueta europea vigente.
- ✓ Considerar las clases de eficiencia de A-G, sin clases “+”.
- ✓ Además se recomienda agregar más información en la etiqueta:
 - La información de IEE tanto para modo calor y como modo frío
 - La estimación del consumo mensual en modo frío y también en modo calefacción (a fin de promover el uso de este en invierno).
 - Indicar si el modelo posee la tecnología inverter.

Contando con una etiqueta energética de estas características, actualizada y correctamente diseñada, las marcas e importadores se verán sujetos a colocar modelos de mayor eficiencia en el mercado. Los consumidores tendrán acceso a modelos de mejor calidad, información clara y precisa para ayudarlos en su decisión de compra. Y pagarán menos en sus cuentas de electricidad. Se mejora la calidad de vida de los habitantes y se promueven la eficiencia energética y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.

El tener un ensayo a carga parcial va a permitir que los modelos eficientes con tecnología Inverter por ejemplo puedan mostrar sus reales eficiencias. Es importante señalar que las condiciones de ensayo reflejen el clima del país en cuestión, para que la etiqueta tenga datos representativos. Se recalca el valor de tener colaboración con países de la región como Argentina para armonizar los estándares. Y dentro de lo posible contar con el apoyo de los laboratorios acreditados para realizar pruebas empíricas. También hay que analizar la factibilidad económica de cambiar un ensayo, ya que puede implicar una inversión muy grande para los laboratorios o aumentar considerablemente los tiempos de ensayo, que puede ser poco práctico para la industria.

La implementación de políticas públicas de eficiencia energética tiene un impacto positivo reduciendo el consumo energético del país. Son de bajo costo de implementación para el gobierno ya que la etiqueta deben proveerla los mismos importadores y vendedores, y de bajo costo su implementación. La dificultad principal es lograr coincidir los diferentes actores en esta materia, el sector público compuesto por el Ministerio de Energía, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, el sector privado compuesto por la industria, los organismos de certificación y laboratorios de ensayo y los consumidores. Una vez logrado un consenso entre todos esos actores, los costos asociados a la implementación de estas políticas resultan relativamente bajos generando impactos altos, por lo que resultan muy costo efectivos.

7.3 Recomendaciones

Durante la investigación surgieron posibles mejoras al trabajo investigativo las cuales se presentan a continuación.

Resulta esencial complementar la etiqueta energética con la implementación de un estándar mínimo de eficiencia energética (MEPS). Esto significa que el Ministerio de Energía establece una resolución por ley donde exige un mínimo de eficiencia para que los productos se puedan comercializar en Chile. A diferencia de la etiqueta, el MEPS los consumidores finales no lo ven directamente implementado. Entonces, se evita el esfuerzo de capacitar al mercado y de sensibilizar a los consumidores. Sin embargo, el estudio del MEPS tiene que ser minucioso y debe ser realizado por expertos en este tipo de políticas públicas. En efecto, se aprovecha la sinergia entre ambas medidas para “tirar” y “empujar” el mercado de A.C hacia la eficiencia.

Las políticas públicas de EE deben acompañarse con un sistema de MVF (MVE, por sus siglas en inglés, Monitoring, Verification and Enforcement) para asegurar un correcto funcionamiento de estos mecanismos. Realizar vigilancia de mercado por productos no certificados y monitorear la evolución de EE del mercado para prever la obsolescencia de la etiqueta vigente. Y reforzar la capacidad de los laboratorios acreditados para acelerar los procesos de certificación. Asimismo es bueno generar instancias y procesos formales donde los certificados internacionales puedan homologarse de forma flexible y los importadores, marcas y fabricantes no tengan que re-certificar sus modelos varias veces. Esto también conlleva capacitar a las marcas sobre los distintos sistemas de certificación en Chile.

Se recomienda tener la colaboración de los laboratorios acreditados al momento de realizar estas propuestas. En efecto, conocer su experiencia es trascendental para generar una propuesta más precisa. Además se deben realizar ensayos de prueba en los laboratorios para obtener datos empíricos poniendo a prueba los nuevos protocolos. Esto también implica mejorar la calidad de la medida de los laboratorios. Lamentablemente no se pudo conseguir la colaboración de SILAB. Por otro lado existe la herramienta PAMS (por sus siglas en inglés Policy Analysis Modeling System) que determina de forma precisa el impacto económico social de estándares y etiquetado. Pero son pocos los expertos en este tema. Actualmente en Chile no hay nadie capacitado aun y el Ministerio de Energía utiliza el apoyo de consultor es internacionales. Es recomendable capacitar a los agentes nacionales en estas herramientas.

La mayoría de los equipos Split-muro utiliza como gas refrigerante el 134a, un gas sintético de Hidrofluorocarbono, HFC. La cantidad que contienen puede ir desde 700 gramos hasta más de 1 kg por equipo. Los HFC tienen un potencial de calentamiento global de 1.430 veces más que el CO₂. Es decir, es un aspecto no menor que hay que tener en consideración si se quiere mitigar los efectos del calentamiento global. Sin embargo, si se quiere regular esta sustancia, la SEC tendría que definir un protocolo para que los laboratorios de ensayo puedan verificar el tipo de gas declarado por el fabricante o importador. Esto además supone la adquisición de equipos por parte de los laboratorios para realizar las mediciones de control al gas refrigerante del equipo. Por lo demás, es la unidad de Ozono del Ministerio del Medio Ambiente el responsable de regular estas sustancias. Para una siguiente línea investigativa, es interesante conocer de qué manera se puede mitigar el consumo y daño de los gases HFC y monitorear el impacto generado.

Un punto que vale la pena mencionar es el eco-diseño. Dado que la Ley de responsabilidad Extendida el Productor (ley REP) entrará en vigencia pronto para aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), es interesante poder incluir este tema en el etiquetado y MEPS. Efectivamente va a comenzar a predominar más el atributo del ciclo de vida y la facilidad para tratar un equipo un desuso. Entonces hay que tener en consideración estas variables al momento de implementar una etiqueta o aplicar un MEPS. En el caso de los equipos de aire acondicionado puede ser el tipo de refrigerante, el tipo de plástico con el que se fabrica y su vida útil.

Finalmente se recomienda realizar campañas de comunicación y difusión a la población cuando se ejecuten estas medidas. Y obtener la validación de la industria. Sin la concientización de los consumidores y sin el apoyo de las marcas estas medidas no resultan efectivas.

8 Bibliografía

- Certified Climate Control. (7 de Febrero de 2019). *The History and Importance of Air Conditioning*. Obtenido de <https://www.certifiedclimate.com/blog/2015/05/the-history-and-importance-of-air-conditioning/>
- CLASP. (2017). *Improving Global Comparability: Annex 2, Products Fact Sheets*.
- División de Eficiencia Energética Ministerio de Energía. (2016). *Etiquetado y Estándares Mínimos de EE en Chile*. Santiago.
- Esquema A2 IRAM 62. (s.f.). *Etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire*.
- Eurofred. (2017). *Estudio de mercado split muro*.
- European Standard 14511-4:2007. (s.f.). *Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling - Part 4: Requirements*.
- European Standard EN 14511-1:2007. (s.f.). *Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling - Part 1: Terms and definitions*.
- European Standard EN 14511-2:2007. (s.f.). *Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling - Part 2: Test conditions*.
- European Standard EN14511-3:2007. (s.f.). *Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling - Part 3: Test methods*.
- European Standard EN14825:2016 . (s.f.). *Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling — Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance*.
- Eurovent: OM-1-2017. (s.f.). *Operation Manual for the Certification of Air Conditioners*.
- Fujitsu. (2017). *Introducción Aire Acondicionado Inverter*.
- Fundación Chile. (2017). *Informe Línea Base En.lighten*. Santiago.
- Fundación Chile. (2017). *Lista top-ten de acondicionador de aire split muro mas eficientes del mercado chileno*. Obtenido de <https://www.top-ten.cl>
- Fundación Chile. (2017). *Recomendaciones políticas respecto a la Certificación de Eficiencia Energética de Acondicionadores de Aire*.
- Indicadores Banco Mundial*. (4 de Noviembre de 2016). Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC?view=chart>
- International Energy Agency. (2015). *Energy Efficiency Standards and Labeling (S&L)*.
- International standard ISO5151:2010. (s.f.). *Non-ducted air conditioners and heat pumps - Testing and rating for performance*.

Norma Chilena Oficial NCh2685.Of2002. (s.f.). *Comportamiento de acondicionadores de aire y bombas de calor sin ductos - Métodos de ensayo y clasificación.*

Norma Chilena Oficial NCh3081.Of2007. (s.f.). *Eficiencia Energética - Equipos de Aire Acondicionado - Clasificación y etiquetado .*

PE N° 1/26/2. (2009). *Protocolo Análisis y/o Ensayos de Eficiencia Energética de Producto Eléctrico.*

(2014). *Política Energética de Chile 2050, Ministerio de Energía.* Santiago.

Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (2017). *Base de Datos del Etiquetado Energético.*

Topten International Services. (2017). *Energy Efficient room air conditioners - best available technology (BAT).*

UN Environment - United for Efficiency, Global Environment Facility. (2017). *Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners.* U4E Policy Guide Series.

UNEP. (2013). *Calculating Greenhouse Gas Benefits of the Global Environmental Facility Energy Efficiency Projects.*

United for Efficiency. (2 de Agosto de 2017). *Energy Efficiency Policy Assesment for Chile.* Obtenido de <https://www.aprendeconenergia.cl/matriz-energetica-primaria-y-secundaria/>