



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

# **CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL EN LA REGIÓN METROPOLITANA Y ANÁLISIS DE ESCENARIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
INDUSTRIAL**

**RAÚL OBRECHT IHL**

PROFESOR GUÍA:  
RENÉ ESQUIVEL CABRERA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
JUANITA GANA QUIROZ  
JERKO JURETIC DÍAZ

SANTIAGO DE CHILE  
2016

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil Industrial  
POR: Raúl Obrecht Ihl  
FECHA: 04/03/2016  
PROFESOR GUÍA: René Esquivel Cabrera

## **CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL EN LA REGIÓN METROPOLITANA Y ANÁLISIS DE ESCENARIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

El objetivo principal de este trabajo es caracterizar el consumo de energía en el sector residencial de la Región Metropolitana de Chile y, a partir de ello, identificar dónde enfocar las medidas que deben implementarse para generar un mayor ahorro de energía dentro de las viviendas.

En este estudio se utilizaron los datos de la encuesta "Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile" (Ministerio de Energía, 2010). De donde se seleccionó una muestra de 450 encuestas, correspondientes a viviendas ubicadas en 30 comunas de las provincias de Santiago, Chacabuco, Cordillera, Maipo y Talagante.

Se compararon los consumos de energía por cada sistema y artefacto presente en el hogar, de acuerdo al promedio regional, al nivel socioeconómico y al nivel de urbanización. Se destaca el gas natural como el principal energético que se utiliza en la vivienda, el cual alcanza un 44,7% del consumo energético promedio de la región. A continuación le sigue la electricidad con un 26,4% del consumo energético del hogar.

Por otro lado, es importante observar que más de un 62% del consumo energético de una vivienda promedio es destinado a climatización o agua caliente sanitaria. Si se considera solo la energía eléctrica la refrigeración representa un 31,6% y el consumo en iluminación alcanza un 19%. Por lo que ambos sistemas son buenos candidatos para la implementación de mejoras en la vivienda. Al analizar los consumos según el nivel socioeconómico el primer grupo tiene un consumo energético de 10.866 kWh por hogar, el segundo grupo posee un consumo de 7.152 kWh, el tercero un consumo de 6.620 kWh y finalmente el cuarto grupo posee un consumo de solo 5.822 kWh. La enorme diferencia entre el primer grupo y el resto resalta el grado de desigualdad que enfrenta Chile.

Luego de desarrollar los distintos escenarios mediante cambios en la iluminación, refrigeración y en las lavadoras, se hizo posible corroborar que una serie de políticas energéticas bien elaboradas e implementadas podrían llevar a una reducción considerable del consumo energético residencial.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al finalizar este gran paso, y mirar el camino recorrido, solo puedo estar agradecido.

Agradecido con mis profesores, que siempre tuvieron la disposición de escuchar y dar sus acertados consejos.

Agradecido con mis amigos, los que me apoyan y dan su ánimo. Y que en los momentos difíciles igual pueden sacarme más de una sonrisa.

Agradecido con mi familia, porque sin ella hoy no podría estar donde estoy. Porque son ellos los que me inspiran y son ellos los que me presionan a dar lo mejor de mí.

Agradecido con la vida, por darme esta oportunidad. Y finalmente agradecido conmigo mismo, por hoy estar donde estoy.

**GRACIAS, GRACIAS Y GRACIAS**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## Contenidos

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Introducción .....	1
2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
3 OBJETIVOS .....	5
4 MARCO CONCEPTUAL .....	6
4.1 Modelos energéticos utilizados en el Mundo .....	6
4.2 Clasificación y Categorías de Modelos Energéticos .....	7
4.2.1 Clasificación según propósito/objetivo del modelo.....	7
4.2.2 Clasificación según cobertura espacial .....	8
4.2.3 Clasificación Según Enfoque de Modelación .....	8
4.2.4 Clasificación “bottom up” versus “top down.....	12
4.3 Resumen de Categorías de Modelos .....	13
4.4 Discusión de resultados.....	14
5 METODOLOGÍA .....	15
5.1 Introducción .....	15
5.2 Metodología .....	16
5.3 El modelo LEAP .....	24
6 CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL EN LA REGIÓN METROPOLITANA .....	25
6.1 Introducción .....	25
6.2 Consumo Anual de Energía en una Vivienda Promedio.....	26
6.3 Consumo Anual de Electricidad en una Vivienda Promedio .....	28
6.4 Consumo de Energía según Nivel Socioeconómico .....	30
6.5 Consumo Energético de la Vivienda según grado de Urbanización...	38
6.6 Discusión de Resultados.....	41
7 PROYECCION DE LA DEMANDA ENERGETICA PARA EL LARGO PLAZO Y DESARROLLO DE ESCENARIOS .....	43
7.1 Introducción .....	43
7.2 Elaboración del Año Base .....	44

7.3	Elaboración del escenario de referencia .....	47
7.4	Escenario 1: Cambios en la Iluminación .....	55
7.5	Escenario 2: Cambios en la Refrigeración .....	63
7.6	Escenario 3: Cambios en las lavadoras.....	68
7.7	Escenario 4: Integración de los escenarios anteriores .....	74
7.8	Discusión de resultados.....	77
8	BIBLIOGRAFÍA.....	79
9	ANEXOS.....	80

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción

La estructura de consumo por fuentes energéticas es una de las claves más importantes a la hora de analizar las decisiones a las cuales el mundo se enfrentará en el futuro. Esta estructura, en la que el petróleo y los combustibles fósiles en general poseen un peso muy significativo, se puede ver reflejada en la matriz de consumo mundial de energía primaria.

En este contexto a escala mundial, los hidrocarburos aportan más de la mitad de la energía primaria consumida. En particular el petróleo aporta cerca de un 32% del consumo energético primario global, según la Agencia Internacional de la Energía (AIE) en su escenario base del World Energy Outlook de 2013, siendo así la fuente energética más utilizada a nivel mundial.

Por otro lado, durante los próximos años no se espera una disminución significativa en el uso de combustibles fósiles. Se espera que el petróleo tenga una contracción solo de un 5% en la matriz energética del 2035 respecto a la del 2011. Donde la demanda energética total estimada en el 2035 será de 17.386 millones de toneladas equivalentes de petróleo.

Bajo esta mirada y reconociendo que los recursos fósiles se vuelven cada vez más escasos, no solo es necesario buscar el reemplazo de esta fuente de energía por otra más limpia y económica, sino que también se debe poner atención en la eficiencia con que la energía se utiliza.

En Chile, país en vías de rápida industrialización y desarrollo pero aun con ingresos per cápita medios, el vínculo entre crecimiento económico y aumento del consumo de energía es directo. Existe un acople entre la expansión del PIB y la energía final consumida por la población. Una de las tareas del futuro es lograr un desacople entre ambas variables, lo que implicaría ganar competitividad en un contexto en que las fuentes de energía económicas serán cada vez más escasas.

La energía que se utiliza diariamente en nuestro país se obtiene a partir de recursos limitados, petróleo, gas, carbón, leña, entre otros. Actualmente Chile se enfrenta al desafío de contar con recursos energéticos suficientes y competitivos que puedan sostener el desarrollo futuro del país.

El crecimiento en la demanda de energía, la dependencia energética, el cambio climático y la expansión del sistema eléctrico, entre otros, hace que sea urgente definir una estrategia que permita afrontar estas problemáticas.

Por lo cual contar con políticas a largo plazo en materia energética se convierte en una importante manera de apoyar estas estrategias para el futuro, las cuales a su vez buscan ser respaldadas con energías limpias, seguras y económicas.

Además existen enormes diferencias en la calidad de vida de las personas más vulnerables, los precios de la energía se alejan de la capacidad de pago en amplios sectores de la población, además persisten los problemas de cobertura en las zonas más aisladas y de difícil acceso en los sectores más pobres. Así lo evidencia el fuerte consumo de leña en familias de escasos ingresos, que recurren a este combustible debido a la falta de recursos para acceder a otras fuentes de energía más limpias y eficientes.

Dentro de este contexto surge la idea de esta memoria, cuyo objetivo es caracterizar el consumo energético residencial de la región Metropolitana con el fin de apoyar las estrategias de largo plazo para el país. Además de entender cómo se distribuye el consumo dentro de la población, cuáles son las actividades en que se utiliza la energía, que aparatos son los menos eficientes, y finalmente donde es necesario encontrar alternativas de consumo eficiente para reducir el gasto energético.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el sector energético de Chile enfrenta una serie de desafíos en esta materia. Como son el crecimiento en la demanda de energía, la dependencia energética, el cambio climático y la expansión del sistema eléctrico, entre otros. Frente a todos estos desafíos, la eficiencia energética surge como una solución factible y sustentable para Chile.

El consumo final de energía entre los años 1991 y 2011 aumentó en un 122%, pasando de 122.464 Tcal en 1991 a 271.429 Tcal en 2011, sin embargo Chile aún se encuentra lejos de los consumos energéticos de los países desarrollados.

Por lo tanto si se quiere que el país tenga un crecimiento sostenido para alcanzar el tan anhelado desarrollo, se debe contar con un sistema energético seguro y confiable en el largo plazo.

El aumento del consumo energético puede ser explicado por la expansión continua del Producto Interno Bruto (PIB). A lo largo de la historia ha existido una fuerte relación entre la expansión del PIB y las tasas de crecimiento del consumo energético, esto quiere decir que existe un acople entre la energía consumida y la producción generada. Esto significa que para poder aumentar la producción se debe aumentar también el consumo energético, lo que se vuelve cada vez más complicado puesto que la oferta de energía es limitada. Si bien es cierto que la correlación entre estas variables ha disminuido en los últimos 15 años, aún falta un largo camino por recorrer en materia de eficiencia energética.

Por lo tanto Chile debe aspirar a un desacople de la expansión del PIB y los aumentos del consumo energético, para lo cual es necesario mejorar la forma en que se está utilizando la energía.

Dentro de este contexto han surgido diversas políticas, planes y estrategias que permitan mejorar la situación actual. Algunas políticas globales como el Programa País de Eficiencia Energética o el Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020, que pretenden enfocar el problema de forma global intentando coordinar mejoras en todos los sectores; y otras más específicas como La Estrategia Nacional de Iluminación Eficiente, la cual se enfoca específicamente en la iluminación.

La Estrategia Nacional de Energía (ENE), que es la guía que entrega las directrices de la política energética que seguirá el país durante los próximos años, declaró como objetivo que en 2020 Chile pueda alcanzar una disminución del 12% en la demanda de energía final proyectada hacia ese



año, con base en el año 2010. Donde el Ministerio de Energía proyecta para ese año un consumo potencial cercano a las 360.000 Tcal.

Como se mencionó anteriormente, para el año 2011 el consumo energético nacional alcanzó las 271.429 Tcal, en donde el sector de Industria y Minería abarca un 37% de este consumo, le sigue el sector Transporte con un 32% del total, luego está el sector Comercial, Público y Residencial que alcanza un 26% del consumo, finalmente el sector Energía tiene cerca de un 5% del consumo total.

Dentro del sector Comercial, Público y Residencial este último abarca el 76,9% del consumo total del sector. Una particularidad de este sector es la importancia que tiene la leña, ya que representa el 44,3% del consumo de energéticos, le sigue los derivados del petróleo, con el 24,8%, y en tercer lugar la electricidad, con el 22,7%.

Además el sector Residencial presenta un gran número de posibilidades que permitirían mejorar la manera en que se consume la energía en ese sector.

Según el "*Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile*" (Comisión Nacional de Energía, 2006), la leña representa el 60% de las fuentes energéticas nacionales y actualmente no presenta un sustituto accesible y competitivo para la población. Su uso final en general es para calefacción residencial y cocción de alimentos. Sobre el 90% de los hogares de las regiones del Bío Bío, de La Araucanía, de Los Lagos, de Los Ríos y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo utiliza un artefacto a leña.

Por otro lado las nuevas tecnologías y los cambios en los hábitos de consumo, hacen que sea difícil determinar cómo evolucionará el consumo en el futuro y con qué fuerza penetrarán estos cambios.

Es por esto que estos desafíos no pueden ser resueltos en el corto plazo, sino que deben ser planificados como proyectos de largo plazo. Y es aquí donde recae la misión y el aporte de esta memoria, que busca apoyar las políticas energéticas para el largo plazo. Permitiendo comprender de mejor manera los hábitos de consumo y los usos finales que se les está dando a la energía en el sector Residencial. Además de analizar los efectos que pudiesen tener cambios en la cultura de consumo de los residentes y los cambios hacia tecnologías más eficientes.

### 3 OBJETIVOS

A continuación se presenta el objetivo general del proyecto y también los objetivos específicos que se pretenden alcanzar al finalizar este trabajo:

- **Objetivo General**

- ✓ Caracterizar los usos finales de la energía en el sector residencial de Chile, específicamente en la Región Metropolitana.
- ✓ Además de analizar cambios que pudiesen aplicarse en la situación actual, ya sea en la penetración de los aparatos o en cambios en el uso de estos.

- **Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar la tenencia de equipos desagregada a nivel socioeconómico, por zona térmica, rural o urbana.
- ✓ Determinar un conjunto de tecnologías y medidas de eficiencia energética posibles de aplicar en el sector residencial y analizar su impacto en la reducción del consumo de energía.
- ✓ Desarrollar distintos escenarios para el largo plazo, derivados de cambios plausibles en el escenario actual.

## 4 MARCO CONCEPTUAL

### 4.1 Modelos energéticos utilizados en el Mundo

En los últimos años se ha hecho evidente la necesidad de desarrollar una política energética en cada país. El cambio climático, la desregulación, la oferta económica de servicios energéticos, la seguridad energética y otros desafíos se traducen en iniciativas de política energética.

Los instrumentos actuales de política energética se alejan de las alternativas tradicionales de regulación monetaria (impuestos y subsidios) hacia instrumentos no monetarios. En esta línea, la eficiencia energética surge como un área de política relevante. La incorporación de energías renovables no convencionales también. Estas nuevas tendencias hacen necesario contar con herramientas adecuadas para evaluar los impactos de política energética y realizar buenos pronósticos.

Generalmente, los reguladores utilizan estudios de escenarios para evaluar ex-ante los efectos potenciales de elecciones de política particulares. Con este propósito, se utilizan distintos modelos que intentan estimar el efecto de estas elecciones, por ejemplo, en usos energéticos y en bienestar económico. Sin embargo, todos los modelos presentan virtudes y limitaciones, a continuación se presentan los diferentes tipos de modelos según un informe desarrollado por la Universidad de Chile para la comisión Nacional de Energía, llamado "*Diseño de un Modelo de Proyección de Demanda Energética Global Nacional de Largo Plazo*" (PROGRAMA DE GESTIÓN Y ECONOMÍA AMBIENTAL, 2008).

## 4.2 Clasificación y Categorías de Modelos Energéticos

El uso de modelos se explica por el deseo de lograr reflejar sistemas complejos de manera simple y comprensible. Por otra parte, los modelos contribuyen en la organización de mucha información y brindan un marco consistente para testear distintas hipótesis.

Un gran número de modelos se han desarrollado para llevar a cabo análisis de sistemas energéticos. Estos modelos se basan en enfoques distintos y utilizan una amplia gama de herramientas matemáticas. Existen diversas formas de clasificar modelos energéticos. Entre las clasificaciones principales se encuentran las siguientes:

- Clasificación según propósito/objetivo del modelo
- Clasificación según cobertura espacial
- Clasificación según enfoque de modelación
- Clasificación "bottom up" versus "top down"

### 4.2.1 Clasificación según propósito/objetivo del modelo

Usando el criterio de propósito/objetivo, los modelos energéticos pueden clasificarse en las siguientes categorías generales:

- 1.- Modelos de Demanda
- 2.- Modelos de Oferta
- 3.- Modelos de Sistemas

Los modelos de demanda son aquellos modelos cuya función principal es el pronóstico de la demanda (Por ejemplo, MEDEE-S, MAED). Por otra parte, los modelos de oferta son aquellos cuyo objetivo principal consiste en la predicción, o bien, planificación de oferta (Por ejemplo, MARKAL, EFOM-ENV, WASP, DECPAC). Finalmente, los modelos de sistemas se utilizan para analizar el sistema energético en su totalidad incluyendo tanto oferta como demanda (Por ejemplo, LEAP, ENPEP, NEMS).

#### **4.2.2 Clasificación según cobertura espacial**

En general, los modelos energéticos son desarrollados para propósitos de planificación nacional o bien de análisis de política global. Luego, una primera clasificación considera modelos nacionales (como MARKAL, LEAP, MEDEE) y globales (como POLES).

En este contexto, además de los modelos globales y nacionales existen los modelos regionales (como PRIMES modelo desarrollado para la Unión Europea). Para estimaciones de demanda eléctrica existen resoluciones espaciales mucho más finas que pueden definirse a nivel de nodo o a través de grillas que suelen ser hexagonales (Infante, 2006).

#### **4.2.3 Clasificación Según Enfoque de Modelación**

Los principales enfoques de modelos utilizados para la evaluación de políticas, planificación de sistemas energéticos y realización de pronósticos se describen a continuación:

##### ***a) Optimización***

En general, los modelos de optimización utilizan la programación lineal para identificar la configuración de mínimo costo de los sistemas energéticos y que satisfaga una demanda determinada exógenamente.

La minimización se realiza con restricciones adicionales al equilibrio de mercado (se limitan explícitamente las emisiones de CO<sub>2</sub>, las opciones tecnológicas, etc). En la resolución, se asumen típicamente condiciones de competencia perfecta.

Puede optimizar sobre el horizonte completo de la evaluación ("perfect foresight"), o bien, año a año (expectativas miopes). Este tipo de modelos suele seleccionar tecnologías en base a sus costos relativos. La solución del problema dual entrega estimaciones precios sombra de los precios de la energía.

Este tipo de modelos es especialmente útil cuando deben analizarse diversas opciones tecnológicas y se conocen los costos asociados a cada una. Sin embargo, los supuestos que se realizan para la minimización de costos pueden ser inapropiados para representar la evolución de los sistemas en el mundo real.

### ***b) Modelos de Simulación y Equilibrio Parcial***

Este tipo de modelos simula el comportamiento de consumidores y productores bajo distintos tipos de señales (precios, niveles de ingreso) y restricciones (por ejemplo, límites en la tasa de reemplazo de stock). En esta categoría de modelos, los precios y cantidades se ajustan endógenamente utilizando cálculos iterativos para encontrar los precios de equilibrio.

Luego, se iguala oferta y demanda a través de precios de equilibrio de mercado. En este tipo de modelos es más fácil incluir factores no monetarios que en los modelos de optimización. Sin embargo, las relaciones de comportamiento pueden ser controversiales y difíciles de parametrizar.

### ***c) Modelos de Uso Final o Contabilidad***

El enfoque de uso final intenta capturar el impacto de patrones de consumo de distintos sistemas y artefactos. Los modelos de uso final para demanda de electricidad se enfocan en los variados usos de sectores como residencial, comercial, agricultura, e industrial.

Por ejemplo, en el sector residencial la electricidad se utiliza para cocinar, aire acondicionado, refrigeración, iluminación mientras que en el sector agrícola se usa para regadío. Este tipo de modelos se basa en la premisa que la energía se requiere por el servicio que habilita y no como un bien de consumo final.

Este tipo de enfoque es especialmente efectivo cuando se introducen nuevas tecnologías y combustibles o cuando no existen series de tiempo adecuadas de tendencias en consumo y otras variables. Sin embargo, este tipo enfoque suele requerir un alto nivel de detalle en usos finales.

### ***d) Modelos Econométricos***

Estos métodos proyectan la relación entre elementos del sistema y puede incorporar elementos de proyecciones de tendencia. El enfoque econométrico se basa en el análisis de regresión de datos históricos y asume rigidez estructural de la economía.

Los métodos más simples en esta categoría son las de series de tiempo. En éstos se proyectan los elementos claves de un sistema (macro-variables) de manera independiente. Este tipo de construcción asume que el futuro será una extensión suave y continúa del pasado.

Estas proyecciones se basan en correlaciones empíricas y funcionan bien en ausencia de cambios estructurales del sistema. La principal deficiencia de este tipo de construcciones es que no se ocupa de identificar o explicar los catalizadores y fuerzas que alteran el sistema.

### *e) Modelos de Equilibrio General Computable*

Los modelos de equilibrio general son modelos multisectoriales que incorporan mecanismos de mercado en la asignación de recursos. Su modelación se desarrolla a través de una estructura Neo-Clásica, la que permite describir el comportamiento de los agentes. Difieren de los modelos de equilibrio parcial ya que consideran las interacciones de todos los sectores de la economía lo que permite analizar los efectos directos e indirectos.

Los modelos de CGE incorporan los precios en forma endógena, además permiten la sustitución entre los factores productivos por lo que son adecuados para realizar simulaciones de mediano y largo plazo. En O’Ryan et al. (2000) se señala que al integrar la perspectiva de mediano y largo plazo se pueden aplicar en la generación de estrategias de desarrollo asociadas a diversas sendas de crecimiento.

También se pueden aplicar desde una perspectiva de corto plazo al análisis de problemas coyunturales y política de estabilización. Estos modelos se preocupan de las consecuencias de políticas en términos de finanzas públicas, competitividad económica y empleo. Los modelos de CGE intentan representar la respuesta macroeconómica real a políticas, como la sustituibilidad de la energía por otros insumos de bienes de consumo.

### *f) Modelos de Desarrollo Reciente*

Este grupo considera aquellas metodologías que han sido desarrolladas a partir de la década de los 80, siendo hasta hoy en día un área de fuerte investigación. Lo anterior se explica principalmente producto del gran avance que ha sostenido la industria informática, permitiendo incorporar algoritmos cada vez más complejos, manejando tiempos de cálculo razonables. Dentro de este grupo, las metodologías más importantes son:

**Sistemas expertos:** Estos modelos intentan simular el razonamiento humano, a través de la incorporación del conocimiento experto, de tal manera de inferir en forma automatizada respuestas frente a casos específicos. Este tipo de metodologías han sido utilizadas satisfactoriamente tanto en estimaciones de corto como de largo plazo.

**Lógica difusa:** Este tipo de metodologías está orientado a modelar las incertidumbres, expandiendo las capacidades de los algoritmos clásicos, que sólo permiten manejar atributos determinísticos. Para esto, se reconoce la existencia de grados de pertenencia, los que con un conjunto de reglas, permiten llevar a cabo procesos sobre variables inciertas.

**Redes Neuronales:** Los modelos de redes neuronales intentan simular el proceso de razonamiento y aprendizaje humano, realizando un entrenamiento de forma iterativa y a través del uso de ejemplos o "patrones". La gran ventaja que presenta este tipo de modelos es la capacidad de modelar relaciones no lineales, a través de un proceso autónomo, sin especificar a priori alguna forma funcional del modelo. Por el contrario, la desventaja que presentan es que es necesario disponer de una cantidad de datos suficiente, de tal manera que la red logre asimilar el modelo subyacente. Este tipo de metodologías ha sido ampliamente utilizada para estimaciones a corto plazo y se han realizado algunos análisis para estimaciones a largo plazo, aunque este último caso ha estado fuertemente restringido dada la poca disponibilidad de datos.

### ***g) Modelos Híbridos***

Este tipo de modelos considera combinaciones entre los enfoques antes presentados. Existen distintas opciones, por ejemplo, enfoques que mezclan metodologías econométricas con otras de uso final. Existen modelos que funden métodos de simulación y optimización. El uso de enfoques híbridos suele recomendarse en la medida que las debilidades de un enfoque sean superadas por las fortalezas del otro creando sinergia.



#### 4.2.4 Clasificación “bottom up” versus “top down

La teoría económica dispone de distintas formas de analizar las relaciones entre consumos de energía y variables económicas como la producción y los precios. En este sentido existen metodológicos alternativos para analizar estas relaciones.

En efecto, por un lado existe el enfoque más asociado a los modelos microeconómicos conocido como “bottom up”, que disponen de una fuerte base de ingeniería y en donde en muchos casos se especifican los requerimientos energéticos de equipos y maquinarias para determinar el consumo energético.

Por otro lado, existen los modelos económicos de corte más macroeconómico, que se conocen como “top-down”. En este último caso destacan los modelos de equilibrio general computables que disponen de una importante consistencia con la teoría económica. También se cuenta con modelos de tipo econométricos que permiten incorporar de manera sistemática la información histórica disponible. La tabla siguiente muestra comparativamente características de ambas categorías de modelos:

**Tabla 4.1:** Comparación de modelos Top-Down vs Bottom up

Top-down	Bottom-Up
Usa datos económicos agregados.	Usa datos detallados en combustibles, tecnologías y políticas.
Evalúa costos/beneficios a través de impactos en producción, ingreso, PIB.	Evalúa costos/beneficios de tecnologías y políticas individuales.
Generalmente asume eficiencia de mercados.	No necesariamente asume eficiencia de mercados, sobrepasar barreras de mercado puede resultar en ahorros energéticos costo efectivos.
Captura retroalimentación e interacciones intersectoriales.	Captura interacciones entre proyectos y políticas.
No es un enfoque adecuado para examinar políticas tecnológicas específicas.	Utilizado para evaluar costos y beneficios de programas.

**Fuente:** Basado en United Nations Framework Convention on Climate Change, 2005.

## 4.3 Resumen de Categorías de Modelos

El cuadro siguiente muestra un resumen de los enfoques de modelos y su relación con los otros criterios de clasificación:

Metodologías	Horizonte Típico de Aplicación	Nivel de Agregación	Principio de Metodología	Ventajas/ Desventajas	Modelamiento Energético
<b>Modelos Econométricos (Se incluyen modelos de series de tiempo y de curva logística)</b>	Corto y Mediano Plazo (no responde a cambios estructurales)	Bottom Up/ Top Down	Métodos estadísticos	Ventajas. Simplicidad y facilidad de aplicación. Desventaja: Requerimientos de conjuntos consistentes de datos e incapacidad de incorporar cambios estructurales (como nuevas políticas).	Modelos de demanda, Curva de demanda y consumos.
<b>Modelos de Uso Final/ Contabilidad</b>	Mediano y largo Plazo	Bottom up	Foco en servicios que usan energía y luego en características tecnológicas que brindan los servicios energéticos.	Ventajas: Se incorporan fácilmente cambios tecnológicos anticipados. Desventajas: Requiere muchos detalle en información de uso final y no representa comportamiento de agentes.	Modelos de demanda, y sistemas. Consumos.
<b>Optimización</b>	Mediano y largo Plazo	Bottom up	Típicamente problema de optimización lineal restringida. Oferta debe satisfacer demanda energética exógena. Problema dual entrega valores de energéticos.	Ventajas: Especialmente útil cuando hay varias opciones tecnológicas. Consistente con análisis de backcasting. Desventajas: Supuestos de competencia perfecta, no simula comportamiento real de sistemas, modelos complejos y dato-intensivos.	Modelos de Oferta
<b>Equilibrio Parcial y Simulación</b>	Mediano y largo Plazo	Bottom up	Simula comportamiento de productores y consumidores ante señales (precios, ingresos, políticas). Típicamente usa enfoque iterativo para encontrar equilibrio de mercado. Precios de energía son endógenos.	Ventaja: No están limitados por supuestos de "comportamiento" óptimo y no asume que la energía es el único factor que afecta la decisión tecnológica. Desventajas: Complejos y dato intensivos, Relaciones de comportamiento pueden ser controversiales y de difícil parametrización.	Modelos de Sistema Energético
<b>Modelos de Equilibrio General Computable</b>	Mediano y largo Plazo	Top Down	Los modelos de EGC intentan representar la respuesta macroeconómica real a políticas, como la sustituibilidad de la energía por otros insumos de bienes de consumo.	Las críticas a este tipo de modelos es que carecen de la flexibilidad tecnológica que ofrecen otro tipo de modelos.	Modelos de Sistema Energético
<b>Modelos de Desarrollo Reciente</b>	Corto, Mediano y Largo Plazo	Bottom up	Son modelos asociados al desconocimiento del modelo de proceso, típicamente se emplean redes neuronales, sistemas expertos o sistemas fuzzy. Se realiza el entrenamiento (redes neuronales) o etiquetado (fuzzy) a través de datos. La calidad y vigencia de los datos es crucial para el buen funcionamiento de este tipo de modelos.	Presentan buen desempeño en condiciones generales, pero no responden a cambios estructurales o tecnológicos. Su estabilidad y observabilidad no está asegurada.	Modelos de Sistema Energético

**Fuente:** Diseño de un Modelo de Proyección de Demanda Energética Global Nacional de Largo Plazo, Raúl O`Ryan, 2008.

## 4.4 Discusión de resultados

Como se puede apreciar, existe una gran variedad de metodologías y distintos enfoques de modelos de proyección de demanda energética.

En particular para llevar a cabo esta memoria se utiliza un modelo de Usos Finales, el cual permite comprender mejor el consumo energético residencial. Por otro lado permite incorporar de manera sencilla mejoras tecnológicas de eficiencia energética.

Este modelo busca comprender el impacto de patrones de consumo en diferentes aparatos y sistemas. Para utilizar este tipo de modelos se requiere de información de consumo bastante específica, sin embargo, para desarrollar este estudio se cuenta con 450 encuestas realizadas a viviendas ubicadas en la Región Metropolitana con información de sus consumos energéticos. Se tiene información de los sistemas y aparatos presentes en el hogar, también de los consumos energéticos de cada uno, además de contar con información del nivel socioeconómico y se conoce si las viviendas se ubican en sectores rurales o urbanos, entre otras.

Este tipo de modelos se basa en la premisa que la energía se requiere por el servicio que habilita y no como un bien de consumo final. Además tiene un horizonte típico de aplicación de mediano y largo plazo, lo que se ajusta bien con el objetivo de esta memoria. Por otro lado, en estos modelos es fácil incorporar cambios tecnológicos anticipados, permite distintos niveles de agregación y permite capturar efectos de saturación.

## 5 METODOLOGÍA

### 5.1 Introducción

En este capítulo se pretende explicar de forma detallada los pasos que se siguieron para llevar a cabo el desarrollo de esta memoria. Incorporando tablas y cálculos que ayudaran al lector a formarse una idea de lo aquí expuesto.

Se comenzará explicando de donde se obtuvieron los datos aquí utilizados y las adaptaciones que debieron hacerse para el uso de este trabajo. Para luego continuar con el desarrollo de algunas estimaciones como el crecimiento del número de viviendas en la Región Metropolitana. Más adelante se explicaran cuáles son los aparatos y sistemas utilizados en la en la caracterización de los hogares de la región.

Para finalmente completar esta sección con una leve explicación del modelo LEAP, el cual será utilizado para modelar los consumos energéticos para el largo de plazo de diferentes escenarios.

En la sección siguiente se procede con la explicación metodológica señalada.

## 5.2 Metodología

El estudio busca, en base a una encuesta desarrollada para el "*Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile*" (Ministerio de Energía, 2010), desarrollar una caracterización energética confiable del consumo residencial en la Región Metropolitana, además de analizar distintos posibles escenarios energéticos en el largo plazo.

Los ítems que abarca la encuesta son: zona térmica, nivel de urbanización, nivel socioeconómico, datos de consumo de energía de acuerdo a las cuentas de gas, electricidad y leña, además de la tenencia de equipos consumidores de energía que son utilizados en la vivienda.

En el estudio mencionado se realizaron encuestas a un total de 3.220 viviendas, correspondientes a casas aisladas, pareadas y departamentos ubicados en todo Chile. Para el uso de esta memoria se seleccionó una muestra de 450 encuestas realizadas a los jefes de hogares de viviendas ubicadas en la Región Metropolitana, pertenecientes a 5 de las 6 Provincias de la región (Santiago, Chacabuco, Cordillera, Maipo y Talagante), excluyendo a la provincia de Melipilla. Los hogares seleccionados se distribuyen tanto en zonas urbanas como rurales. Al limitar el estudio a la Región Metropolitana, se facilita el análisis de este trabajo.

El diseño muestral aplicado es probabilístico bietápico y estratificado geográficamente por zona térmica, tanto para las viviendas urbanas como las rurales. Debido a la alta concentración de hogares en algunas zonas térmicas, específicamente en la zona térmica 3 que representa cerca del 60% de los hogares, y para asegurar representatividad y errores muestrales similares en todas las zonas térmicas, la muestra se distribuyó en forma aporportional. Considerando similar cantidad de casos entre las distintas zonas, 400 casos urbanos por cada zona térmica e incorporando además una muestra rural para cada zona térmica de 60 casos rurales. Los resultados obtenidos de la encuesta buscan ser representativos en las siete zonas térmicas de Chile, bajo los parámetros estadísticos de 95% de confianza y error máximo  $\pm 5\%$ .

Debido a que la Región Metropolitana acapara la mayoría de las viviendas de la zona térmica 3, ocurre que de las 460 encuestas realizadas para esta zona, 450 corresponden a la Región Metropolitana. Estas son justamente las encuestas que serán utilizadas en esta memoria.

Además, en el estudio mencionado se estimaron para Chile en el año 2008 un total de 5.261.252 viviendas. En donde para proyectar el número de

viviendas al 2008, se utilizó el CENSO 2002 y se consideró un aumento del parque de viviendas correspondiente a un 80% de los permisos de construcción emitidos entre el 2002 y 2007.

Se tomó solo el 80% para tener en cuenta un porcentaje de viviendas que no se construyen, aún después de tener el permiso, y otro porcentaje que se da de baja o se destruye cada año.

En particular para la Región Metropolitana en el año 2008 se estimó un total de 2.236.092 viviendas. Hay que tener en cuenta que esta estimación se realizó solo a partir del CENSO 2002, por lo que es muy probable que existan errores. Más aún si se toma en cuenta el CENSO 2012, en donde se obtuvo que en la región Metropolitana existían para el año 2012 2.096.962 viviendas.

Debido a esta discrepancia se optó por corregir el número obtenido en el estudio, utilizando la información de ambos CENSOS, el de 2002 y el de 2012. Para ello se realizó una interpolación entre el número de viviendas del año 2002 y el del 2012, asumiendo una tasa de crecimiento constante, que dio como resultado una estimación de 1.902.408 viviendas para el año 2008. A continuación se muestran las estimaciones para cada año:

**Tabla 5.1:** Estimación del número de viviendas.

<b>Año</b>	<b>Hogares R.M</b>
<b>2002</b>	<b>1.643.892</b>
2003	1.684.399
2004	1.725.904
2005	1.768.432
2006	1.812.008
2007	1.856.658
2008	1.902.408
2009	1.949.285
2010	1.997.317
2011	2.046.533
<b>2012</b>	<b>2.096.962</b>

La tasa anual de crecimiento utilizada para el periodo 2002-2012 fue de 2,4641%.

Además en el estudio mencionado se utiliza un factor de expansión que permite transformar la información obtenida de las 450 encuestas en una estimación para toda la región (2.236.092 viviendas). En donde el factor de expansión para las casas de tipo urbanas es de 5.228, esto quiere decir que cada encuesta a una casa urbana representa a 5.228 casas de ese tipo. Para

los departamentos el factor de expansión es de 5.520 y finalmente el factor de expansión de las casas rurales es de 2.819.

Sin embargo, para el desarrollo de esta memoria y en vista de que se cuenta con la información del CENSO 2012, se corrigieron estos factores de expansión para que el resultado estuviera de acuerdo con las estimaciones mencionadas en la Tabla 5.1 (1.902.408 viviendas para el año 2008) . Lo que dio como resultado los factores que se muestran a continuación en la Tabla 5.2:

**Tabla 5.2:** Factores de Expansión Corregidos.

Urbanas		Rurales
Casas	Departamentos	Casas
4.448	4.696	2.398

Es importante destacar que esta modificación no altera los resultados de las encuestas, pues solo altera la energía consumida total estimada para la región y no la energía consumida por cada vivienda. Por lo que la penetración de cada aparato y la intensidad promedio que utiliza cada sistema y artefacto presente en la vivienda, permanece invariable antes y después de la corrección del factor de expansión.

Además la distribución entre casas urbanas, departamentos y casas rurales se mantiene inalterada. En donde los departamentos representan un 23,7% del total de viviendas, las casas urbanas representan un 68,74% y finalmente las casas rurales representan un 7,56% del universo de viviendas de la Región Metropolitana. Considerando este universo de viviendas, la muestra de 450 encuestas a igual número de hogares es representativa para obtener un análisis a nivel regional.

Por otro lado se debe tener en cuenta que en una vivienda se utilizan varios tipos de energéticos para el funcionamiento de artefactos y sistemas presentes en el hogar. En este estudio se considerarán para el cálculo de consumo de energía los siguientes energéticos:

- Gas natural
- Gas licuado
- Electricidad
- Leña
- Kerosene

Además se consideran los siguientes artefactos y sistemas en el hogar, para el cálculo de los consumos de energía:

- a) Agua caliente sanitaria: agua utilizada en higiene personal, es decir, lavado de manos, ducha y tina.
- b) Cocina.
- c) Calefactores: sistemas con abastecimiento de combustible centralizado (como es la calefacción central), sistemas de abastecimiento de combustible localizado (como son las estufas).
- d) Refrigeración: Refrigerador y Freezer.
- e) Iluminación.
- f) Televisión.
- g) Otros: horno eléctrico, freezer, lavavajillas, lavado de loza a mano, secadora de ropa, plancha, computador, DVD o VHS, consola de videojuegos, equipo de música, celular, horno, hervidor, microondas, aspiradora y lavadora.

Es necesario establecer un índice de consumo de energía dentro del hogar para poder evaluar las diferencias entre los distintos energéticos, niveles de urbanización y niveles socioeconómicos. Para ello, se establecerá el siguiente índice:

Consumo total anual de energía [kWh/año].

El consumo de energía se calculará en [kWh], pero como los combustibles y electricidad tienen distintos poderes caloríficos, se requerirá primero hacer una conversión de unidades. El poder calorífico que interesa como consumidor es el poder calorífico inferior, ya que en el caso de las estufas a combustión, sólo una parte del combustible se convierte en calor útil y el resto se evapora o se pierde en los humos. En el caso de las estufas eléctricas, el 100% de la electricidad se convierte en calor útil.



La siguiente tabla muestra los poderes caloríficos inferiores de los energéticos que se utilizan para calefaccionar y su conversión a [kWh]:

**Tabla 5.3:** Poderes Caloríficos Inferiores

Energético	Poder calorífico inferior (PCI)			Fuente
	Unidad	[kcal/unidad]	[kWh/unidad]	
Gas Natural	m <sup>3</sup>	8.400 [kcal/m <sup>3</sup> ]	9,77 [kWh/m <sup>3</sup> ]	Metrogas
Gas Licuado	kg	11.000 [kcal/kg]	12,79 [kWh/kg]	Gasco
Electricidad	kWh		1 [kWh]	
Leña	kg	2.423 [kcal/kg]	2,86 [kWh/kg]	Encuesta Casen
Kerosene	kg	11.100 [kcal/kg]	12,91 [kWh/kg]	PPEE

Con estos valores, se podrá calcular el consumo de energía de la vivienda en [kWh], independiente de la fuente energética que se utilice.

Para determinar el consumo total de energía dentro de la vivienda y cómo éste se distribuye entre los distintos artefactos y sistemas, se utilizan dos criterios:

**a)** Cálculo del consumo total anual de energía de cada vivienda, por medio del detalle de cuentas de consumo de los siguientes energéticos: gas natural, gas licuado, electricidad y leña, obtenidos a partir de la encuesta.

**b)** Cálculo del consumo total anual de energía por cada artefacto y/o sistema dentro de la vivienda, mediante las estimaciones de uso de los jefes de hogar.

Es importante destacar que la información de ambos criterios fue obtenida a través de la encuesta desarrollada para el "*Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile*" (Ministerio de Energía, 2010).

En cuanto al kerosene, en el ítem de "cuentas" de la encuesta no se les pregunta a las familias cuánto gastan en este combustible, razón por la cual no se incluirá en el consumo dado por el detalle de cuentas definido como criterio a). El uso del kerosene sólo se considerará en el criterio b), incorporándolo al consumo en calefacción de las estufas a parafina.

Dado que las cuentas entregan el consumo real de energía, se ajustan los resultados del criterio b) con el criterio a), obteniendo la distribución del consumo para cada artefacto y sistema utilizado en la vivienda.

Es decir, que se utilizará el criterio a) para determinar la cantidad de energía consumida anualmente y el criterio b) para distribuir el consumo según el porcentaje que consume cada artefacto.

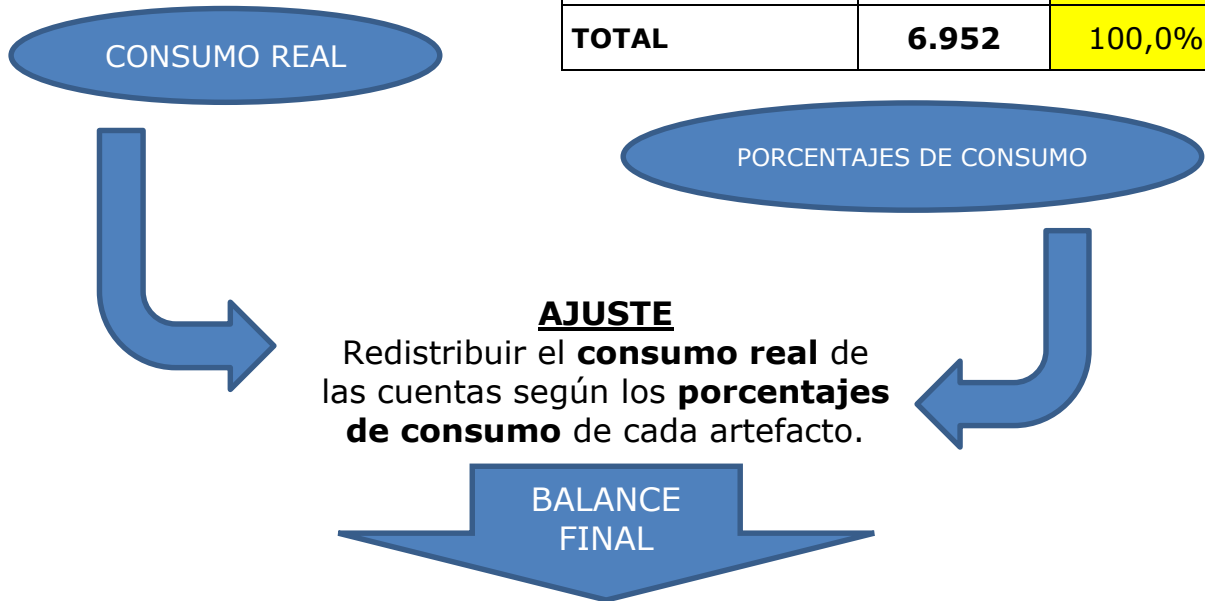
A continuación, en la Figura 5.1, se muestra un esquema del ajuste mencionado.

Criterio 1: **Cuentas**

Energético	[kWh/año]
Electricidad	1.785
Gas Natural	3.020
Gas Licuado	543
Leña	864
Kerosene	548
<b>TOTAL</b>	<b>6.761</b>

Criterio 2: **Artefactos y Sistemas**

Artefacto/Sistema	[kWh/año]	[%]
Agua Caliente	2.134	30,7%
Climatización	2.033	29,2%
Cocción	1.021	14,7%
Iluminación	339	4,9%
Refrigeración	565	8,1%
Televisión	243	3,5%
Otros	618	8,9%
<b>TOTAL</b>	<b>6.952</b>	<b>100,0%</b>



Artefacto/Sistema	[kWh/año]	[%]
Agua Caliente	2.075	30,7%
Climatización	1.977	29,2%
Cocción	993	14,7%
Iluminación	330	4,9%
Refrigeración	549	8,1%
Televisión	236	3,5%
Otros	601	8,9%
<b>TOTAL</b>	<b>6.761</b>	<b>100,0%</b>

**Figura 5.1:** Esquema de ajuste del consumo de energía.

Como consecuencia de todo lo anterior, se habrá desarrollado una metodología para evaluar energéticamente la vivienda que servirá de base para futuros estudios.

Una vez determinado el consumo energético para las distintas viviendas y niveles socio-económicos, se espera poder evaluar cómo se vería afectado este consumo si se presentaran distintos escenarios en donde se cambiarán variables del consumo, como por ejemplo, que sucedería si una alta población utilizara estufa eléctrica en vez de leña.

Para esto se desarrollará un modelo de simulación en LEAP, un programa especialmente diseñado para trabajar modelos de consumo energético en el largo plazo, en donde se puedan poner a prueba y evaluar los diferentes escenarios. También se evaluará la aplicación de distintas mejoras energéticas dentro de la vivienda, esperando poder reducir el consumo final anual y aumentar la eficiencia energética dentro de los hogares de la Región Metropolitana.

Se diseñará un modelo de usos finales, el cual estará basado en la encuesta diseñada en el "*Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile*" (Ministerio de Energía, 2010). De esta encuesta se obtendrán los datos para las tasas de penetración de cada artefacto presente en el hogar y también de las intensidades promedio, según cada nivel socioeconómico.

Con esto se comenzará diseñando un escenario de referencia, el cual permitirá luego hacer de base para comparar los desempeños de los demás escenarios, al hacer cambios en el escenario de referencia.

Se construirán tres escenarios, el primero considera mejoras en la iluminación, en donde se analizan cambios en la penetración de las distintas lámparas existentes en los hogares. El segundo escenario está enfocado en la refrigeración, en donde se pretende simular que sucedería si los refrigeradores mejoraran su eficiencia. Y finalmente el tercer escenario está focalizado en cambios en el uso de lavadoras de carga superior y de carga frontal.

Para finalizar se elaborará un cuarto escenario en el cual se analizarán en conjunto los cambios realizados en los tres escenarios anteriores. En la sección siguiente se dará a conocer en mayor detalle cómo funciona el software utilizado para desarrollar los distintos escenarios y cuáles son sus ventajas.

### 5.3 El modelo LEAP

Antes de presentar los resultados obtenidos de los modelos de proyección de demanda energética residencial de la Región Metropolitana, es necesario introducir el software que se utiliza para obtener estos resultados.

El LEAP o Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo, por sus siglas en inglés, es una herramienta que permite modelar escenarios energéticos y ambientales. Sus escenarios se basan en balances integrales sobre la forma en que se consume, convierte y produce energía en una región o economía determinada. Debido a su estructura flexible de datos, LEAP permite realizar análisis de una enorme especificación tecnológica y detalles de consumo final.

Como herramienta para realizar proyecciones, permite al usuario proyectar ofertas y demandas de energía a lo largo de un período de planificación de largo plazo; como herramienta de análisis de políticas, simula y evalúa los efectos de programas, inversiones y acciones energéticas alternativas.

La metodología utilizada en esta memoria para los modelos es sencilla, en primer lugar se utiliza un año base, en este caso el 2008 debido a que es el año en que se realizó la encuesta para usos finales. Se señalan el número de viviendas y los aparatos y sistemas que presenta cada uno de los 4 niveles socioeconómicos definidos en el capítulo anterior. Luego se determina mediante la encuesta la penetración de cada aparato en los distintos grupos y se define la intensidad promedio de cada uno de los aparatos para cada nivel socioeconómico.

Una vez completado los datos para el año base, se deben incorporar las variables que definirán el escenario de referencia. Aquí se deben incorporar los crecimientos esperados en el número de viviendas y los cambios en la distribución socioeconómica.

Finalmente se prueban distintos escenarios en donde se aplican medidas de eficiencia energética, ya sea incorporando nuevas tecnologías que permitan reducir la intensidad del consumo o cambiando los hábitos de consumo a través de cambios en la penetración de los aparatos. Además de analizar su desarrollo a lo largo del tiempo, con el fin de comparar estos resultados con los generados en el escenario de referencia.

Es importante destacar que los modelos generados en LEAP no buscan predecir cuál será el comportamiento de consumo, sino que pretende proyectar distintos escenarios que podrían llegar a ocurrir.

## 6 CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL EN LA REGIÓN METROPOLITANA

### 6.1 Introducción

En esta sección se llevará a cabo una caracterización del consumo energético residencial en la región Metropolitana de Chile, utilizando las viviendas seleccionadas tomadas del "*Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile*" (Ministerio de Energía, 2010).

Con esta caracterización se pretende comprender en donde podría ser mejor enfocar las políticas de eficiencia energética dentro del sector residencial de la región. Se analizan las diferencias entre los distintos sistemas y artefactos presentes en el hogar, como la iluminación o la calefacción. También se comparan como varían los consumos de los distintos energéticos (Electricidad, Gas Natural, Gas Licuado, Leña y Kerosene) dentro de la vivienda. Además de analizar los cambios que puedan existir en los consumos energéticos de los diferentes niveles socioeconómicos.

También se busca observar la varianza que pueda existir entre el consumo energético de los sectores rurales y el de los sectores urbanos, en donde se espera que la leña represente una diferencia considerable entre estas dos zonas.

## 6.2 Consumo Anual de Energía en una Vivienda Promedio

Se determina el consumo anual de energía de una vivienda promedio de la Región Metropolitana a partir de la muestra de 450 encuestas disponibles. Estas encuestas corresponden a hogares distribuidos en 30 comunas ubicadas en las provincias de Chacabuco, Cordillera, Maipo, Santiago y Talagante.

Se puede considerar que los resultados obtenidos son representativos en una vivienda promedio de la Región Metropolitana. Sin embargo, debiese calcularse el consumo energético de viviendas ubicadas en todas las comunas de la región para obtener resultados más precisos y representativos a nivel regional, pues el consumo energético varía según el clima. Esto no se lleva a cabo, puesto que las encuestas con las que se cuenta son limitadas y no abarcan todas las comunas.

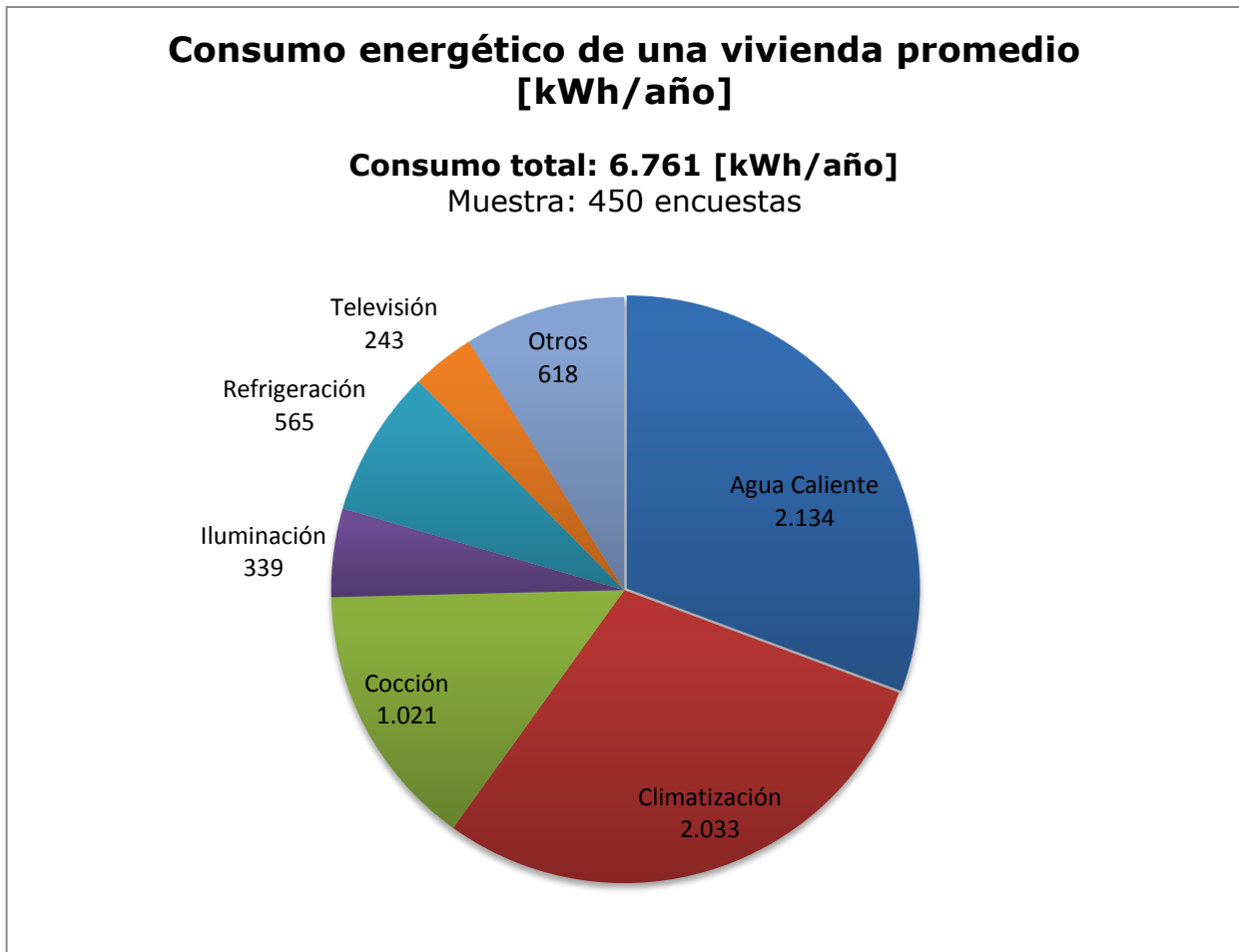
Por lo tanto, cuando se hable de una vivienda promedio se debe tener en consideración que solo se están tomando en cuenta 30 de las 52 comunas de la Región Metropolitana.

El consumo anual de energía de una vivienda promedio de la Región Metropolitana, según los resultados arrojados por las encuestas, es de **6.761 [kWh/año]**. Además este consumo se distribuye de la siguiente manera en los distintos energéticos:

**Tabla 6.1:** Uso anual de combustibles en una vivienda promedio

<b>Distribución del consumo según energéticos [kWh/año]</b>			
<b>Combustible</b>	<b>Consumo anual</b>	<b>[kWh/año]</b>	<b>[%]</b>
Electricidad	1.785 [kWh]	1.785	26,4%
Gas natural	309 [m <sup>3</sup> ]	3.020	44,7%
Gas licuado	42 [kg]	543	8,0%
Leña	302 [kg]	864	12,8%
Kerosene	42 [kg]	548	8,1%
	<b>TOTAL</b>	<b>6.761</b>	<b>100,0%</b>

A su vez el consumo promedio de energía de una vivienda de la Región Metropolitana puede distribuirse de la siguiente manera entre los distintos sistemas y artefactos presentes en el hogar:



**Figura 6.1:** Distribución del consumo de energía en el sector residencial de la Región Metropolitana.

De la figura anterior se puede apreciar que el mayor consumo de energía en la vivienda es destinado a agua caliente sanitaria con 2.134 [kWh/año], representando un 31,6% del consumo energético total de la vivienda. A continuación le sigue la climatización con 2.033 [kWh/año], representando un 30,1% del consumo total.

Por otro lado, la cocción representa un 15,1% del consumo total con 1.021 [kWh/año] consumidos, mientras que en la refrigeración se consumen 565 [kWh/año] lo que representa un 8,3% del consumo total.

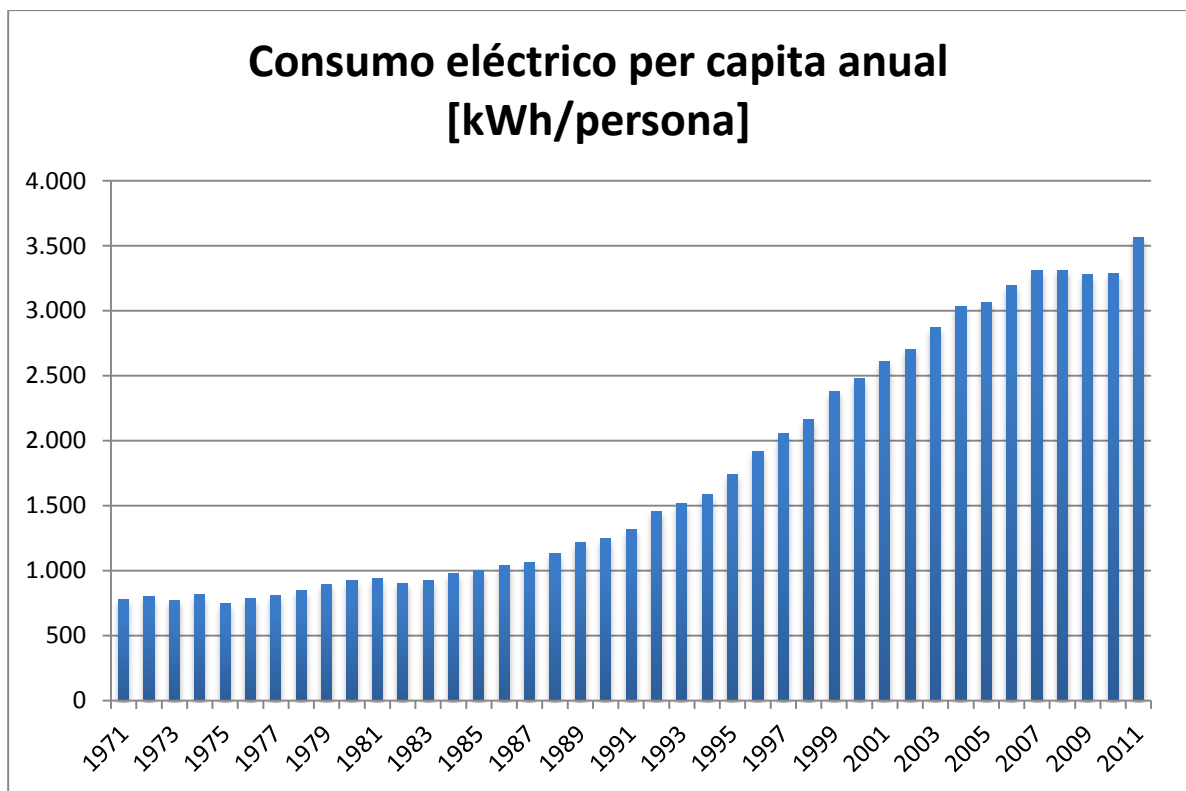
El sistema donde se destina una menor cantidad de energía en el hogar es la iluminación, con solo 339 [kWh/año] consumidos y representando un 5,0% del consumo total.



### 6.3 Consumo Anual de Electricidad en una Vivienda Promedio

Previamente, en el análisis del consumo de energía de la sección anterior, se hacía referencia al gasto representado por todo tipo de energía: gas natural, gas licuado, electricidad, leña y kerosene. Sin embargo, varios estudios acerca del consumo de energía en el sector residencial de Chile hacen referencia solo a la electricidad como energía, por lo que se analizará a continuación.

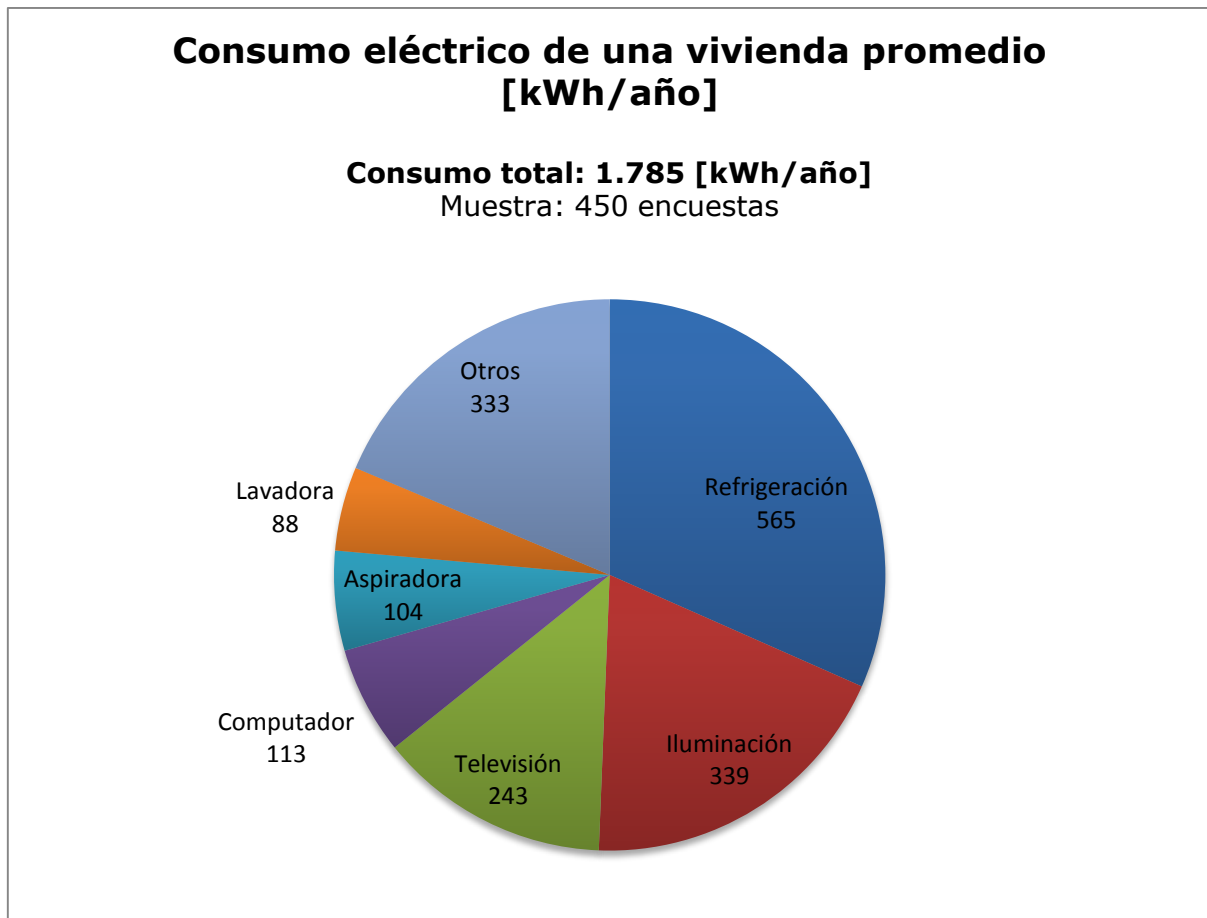
Es importante destacar que el consumo eléctrico per cápita ha ido evolucionando en un aumento sostenido durante las últimas décadas como lo demuestra la siguiente figura, obtenida a partir de datos de la Comisión Nacional de Energía:



**Figura 6.2:** Evolución del consumo eléctrico per cápita durante las últimas décadas.

Se espera que el consumo eléctrico per cápita continúe incrementándose año a año, impulsado por el desarrollo económico y la penetración de las nuevas tecnologías que utilizan electricidad. Es por esto muy importante comprender como está utilizando la población la energía eléctrica disponible, sobretudo en el actual contexto, en donde la generación eléctrica no ha tenido el desarrollo que se esperaba para poder sostener el incremento en la demanda.

Dado esto, se expone en la siguiente figura el consumo anual de electricidad en la vivienda, el cual se calculó en base a la muestra de 450 encuestas, donde solo se consideraron los sistemas y artefactos que utilizan electricidad.



**Figura 6.3:** Distribución del consumo anual eléctrico de una vivienda promedio.

Al considerar solamente el consumo en electricidad, la refrigeración surge como el principal sistema consumidor de energía con 565 [kWh/año] y representando el 31,6% del consumo eléctrico total de la vivienda. A continuación le sigue la iluminación con 339[kWh/año], representando un 19,0% del consumo eléctrico.

Luego vienen la televisión con un consumo de 243[kWh/año], el computador con 113 [kWh/año], la aspiradora con 104 [kWh/año] y la lavadora con 88 [kWh/año], representando un 13,6%, 6,3%, 5,9% y 4,9% cada uno respectivamente.

En la categoría "Otros" se destacan los consumos en microondas (57 [kWh/año], 3,2%), calefactor (57[kWh/año], 3,2%) y en hervidor de agua (53 [kWh/año], 3,0%). Ver Anexos, para más detalles sobre esta categoría.

## 6.4 Consumo de Energía según Nivel Socioeconómico

El consumo energético de la vivienda varía según los distintos niveles socioeconómicos (NSE) al cual pertenezca, puesto que si se tiene una mayor disponibilidad de ingresos, existirán mayores recursos que se podrán destinar para hacer funcionar los diferentes sistemas y aparatos presentes en el hogar. Los niveles socioeconómicos ayudan a definir los patrones de consumo y a estimar la demanda potencial en diferentes productos y servicios.

Si bien la clasificación socioeconómica no se puede medir directamente pues no es una variable observable, esta se puede determinar a través de ciertas características como nivel educacional, nivel de ocupación, ingreso total del hogar, bienes, vivienda, entre otros, cada uno con un peso distinto.

La Asociación Chilena de Empresas de Investigación de Mercado (AIM) desarrolló un índice de clasificación socio-económica conocido como Índice E&E. Este índice fue construido a partir de las variables "equipamiento del hogar" y de la "educación" alcanzada por el principal sostén del hogar.

En base a lo anterior, se definen los siguientes niveles socioeconómicos: ABC1, C2, C3, D y E (Asociación Chilena de Empresas de Investigación de Mercado (AIM), 2010). En la encuesta los niveles socio-económicos se clasifican en 4 grupos como se muestra en la Tabla 6.3:

**Tabla 6.2:** Clasificación según nivel socioeconómico

<b>Nivel Socioeconómico</b>	
NSE 1	ABC1
NSE 2	C2
NSE 3	C3
NSE 4	D y E

De acuerdo a la AIM, los criterios de corte entre un nivel socio-económico y otro, se establecen a partir de una curva acumulativa de puntajes del Índice E&E para todos los hogares del Gran Santiago. Los cortes se hacen en los cuantiles: 10, 45, 70 y 90, con los cuales se determinan los valores límites del Índice E&E para clasificar los hogares en cierto estrato. Con ello, es posible determinar la distribución socioeconómica de cualquier lugar de Chile.

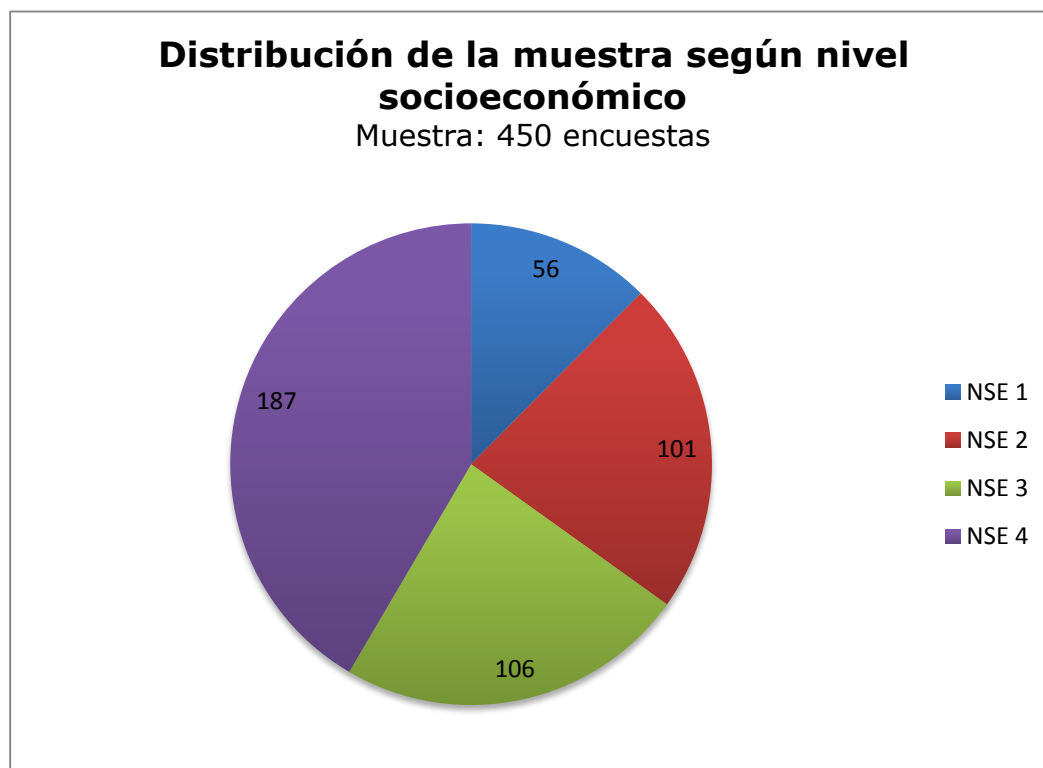
En la siguiente tabla se indican los límites exactos de puntajes entre un estrato y otro para el Gran Santiago:

**Tabla 6.3:** Distribución acumulativa (Gran Santiago) y criterios de corte para identificar los niveles socioeconómicos

GSE	Peso [%] Gran Santiago	Cuantil	Índice E&E	
			Valor Mínimo	Valor Máximo
ABC1	0,1	100-90 %	> 814	1000
C2	0,2	90-70 %	> 602	814
C3	0,25	70-45 %	> 434	602
D	0,35	45-10 %	> 257	434
E	0,1	10-0 %	> 0	257

**Fuente:** Asociación Chilena de Empresas de Investigación de Mercado, 2010.

A continuación en relación a la encuesta, la Figura 6.4 muestra la distribución de la muestra entre los distintos niveles socioeconómicos, según las declaraciones de los jefes de hogar de las viviendas encuestadas.



**Figura 6.4:** Distribución de la muestra de acuerdo al nivel socioeconómico.

Se puede apreciar que el número de encuestados aumenta a medida que disminuye el nivel socioeconómico, sin embargo la muestra se encuentra bastante bien distribuida. Del total de 450 encuestas seleccionadas, 56 corresponden al NSE1 (12,44%), 101 al NSE2 (22,44%), 106 al NSE3 (23,56%) y finalmente 187 al NSE4 (41,56%). Por lo que existe un número razonable de encuestas para los 4 niveles socioeconómicos.

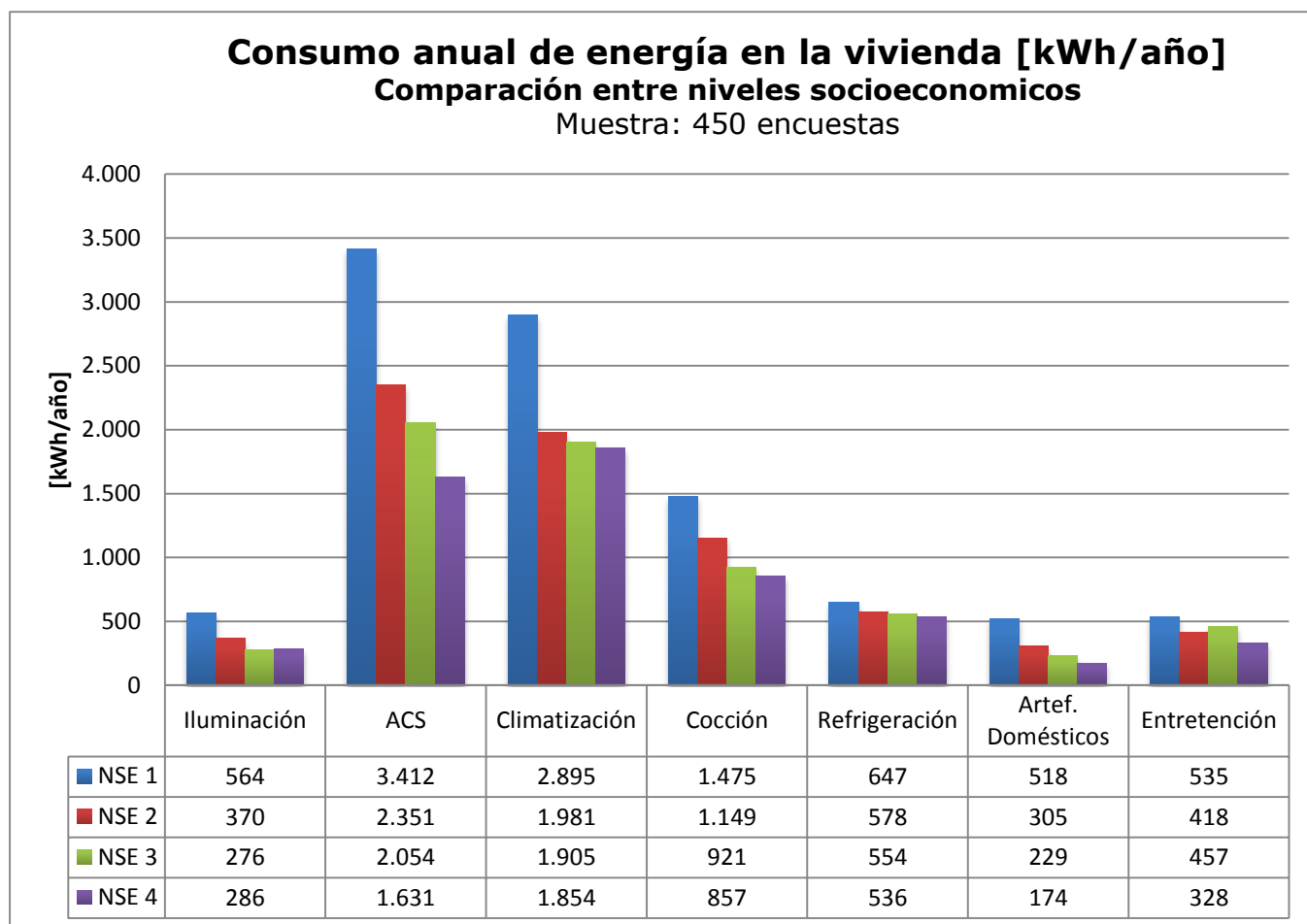
Según los datos obtenidos de la encuesta el consumo energético anual promedio según nivel socioeconómico se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 6.4:** Consumo anual de energía según nivel socioeconómico

<b>Nivel Socioeconómico</b>	<b>Consumo de energía [kWh/año]</b>
NSE 1	10.047
NSE 2	7.152
NSE 3	6.397
NSE 4	5.665

De acuerdo a los resultados anteriores, el consumo energético disminuye a medida que se desciende en los distintos niveles socioeconómicos. Esto puede deberse a que a medida que se disminuye el ingreso de la vivienda, disminuyen a su vez los recursos disponibles para ser utilizados en energía por lo que se reduce el consumo energético anual del hogar.

La distribución del consumo de energía en los diferentes sistemas presentes en la vivienda y de acuerdo a los distintos niveles socioeconómicos se expone en la Figura 6.5.

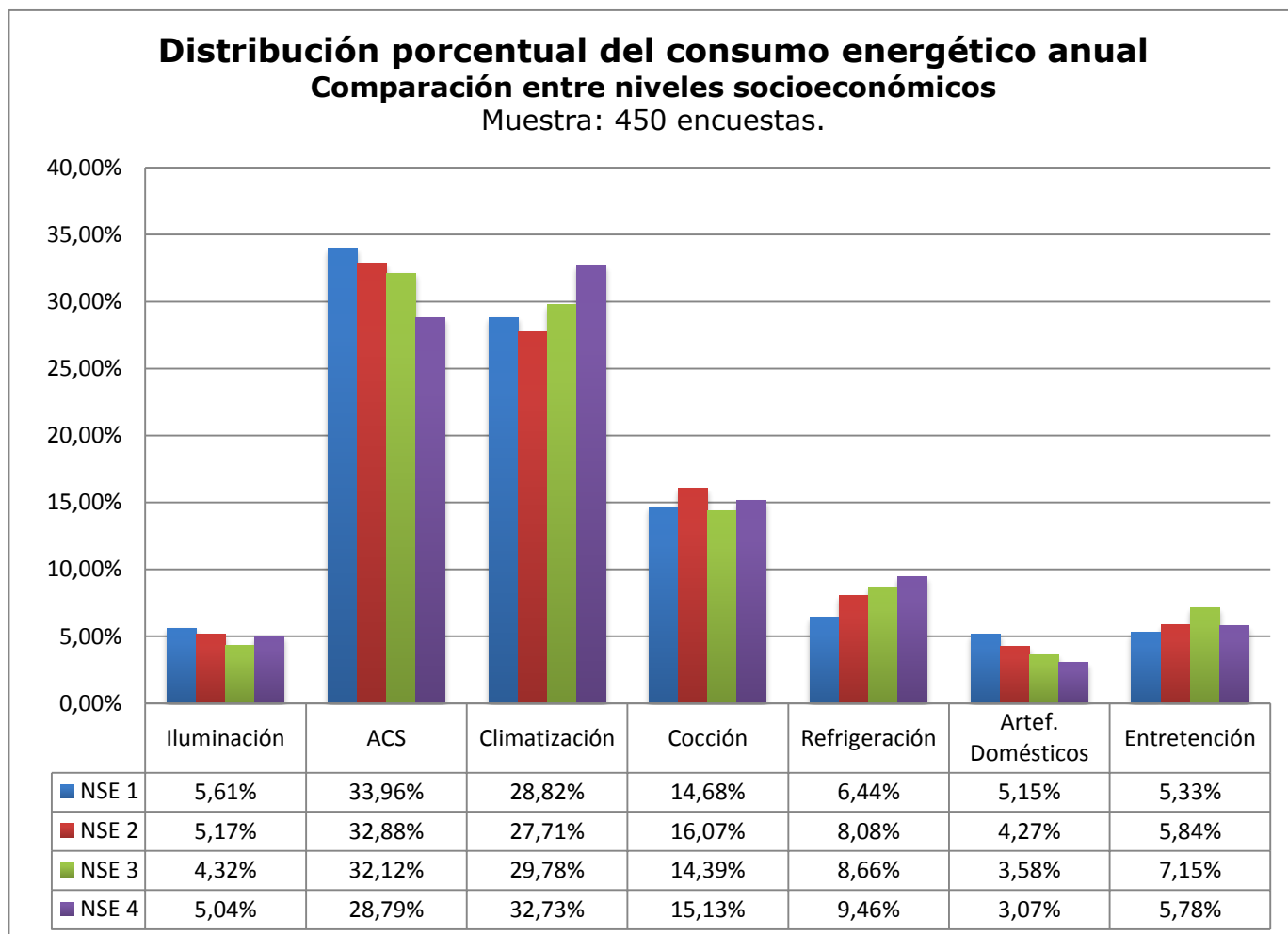


**Figura 6.5:** Comparación del consumo de energía entre los distintos niveles socioeconómicos.

Para todos los niveles socioeconómicos se mantiene la tendencia de consumo vista en la Tabla 6.4. Donde se distingue un incremento en el consumo de energía para el NS1, respecto al resto de los niveles socioeconómicos, el cual se acentúa en la climatización del hogar y en el agua caliente sanitaria.

Este incremento se acentúa en el caso de la climatización de la vivienda donde el NSE1 alcanza más de un 45% más de consumo energético (3.714 [kWh/año] sobre 2.000 [kWh/año] para el resto de los niveles socioeconómicos aproximadamente). Algo similar ocurre con el agua caliente sanitaria (ACS) donde el NS1 alcanza cerca de un 41% más de consumo anual (3.412 [kWh/año] contra 2.000 [kWh/año] aproximadamente para el resto de los estratos socioeconómicos).

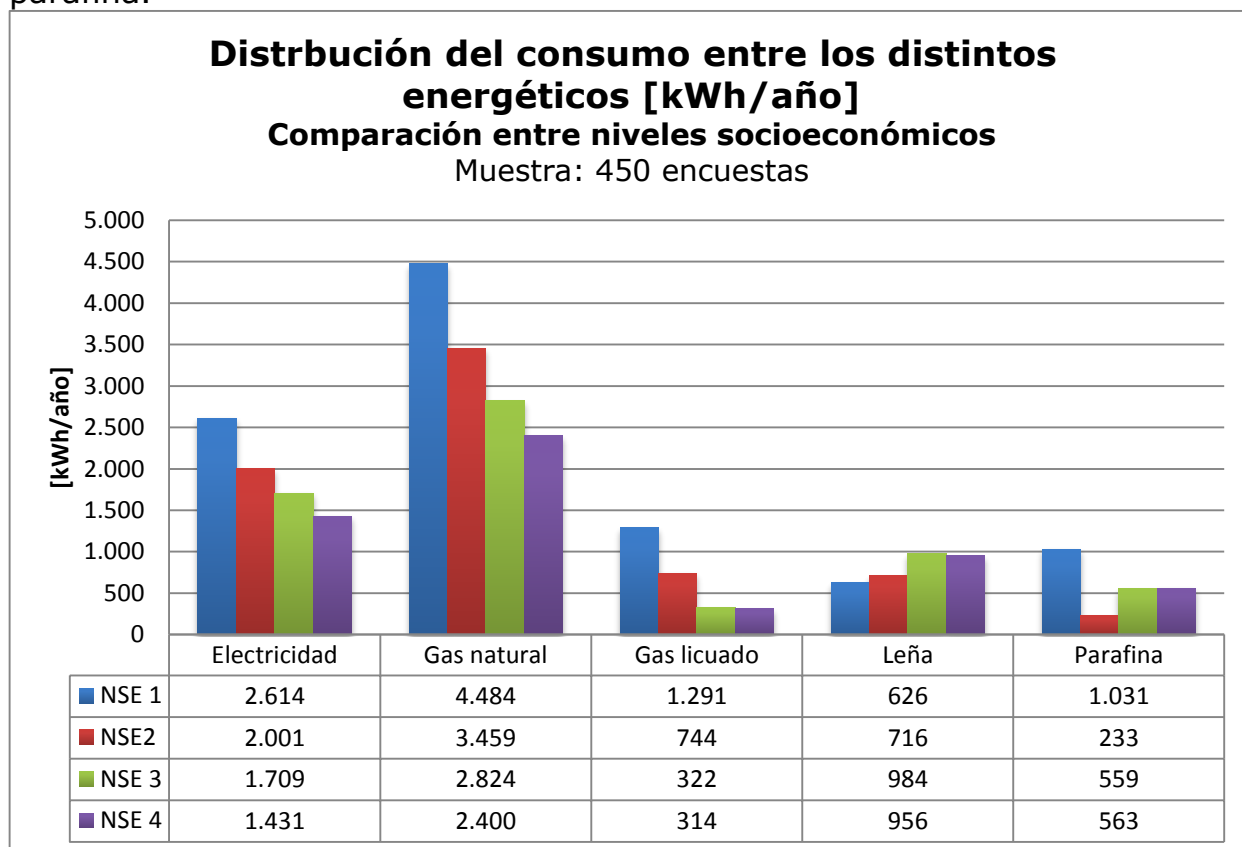
A continuación se presentan los porcentajes de consumo de cada sistema presente en la vivienda según cada nivel socioeconómico.



**Figura 6.6:** Distribución porcentual del consumo energético de la vivienda según nivel socioeconómico.

Como se puede apreciar, en general la distribución porcentual es similar entre los cuatro niveles socioeconómicos para la mayoría de los sistemas. Por lo que se puede intuir que al aumentar los ingresos de una vivienda y por lo tanto los recursos disponibles para utilizar en energía, la distribución del consumo permanecerá sin muchas variaciones y se incrementarán los consumos en todos los sistemas de manera similar.

En la Figura 6.7 se muestra la distribución del consumo entre los diversos energéticos utilizados en la vivienda. Que como ya se mencionaron anteriormente estos son: electricidad, gas natural, gas licuado, leña y parafina.



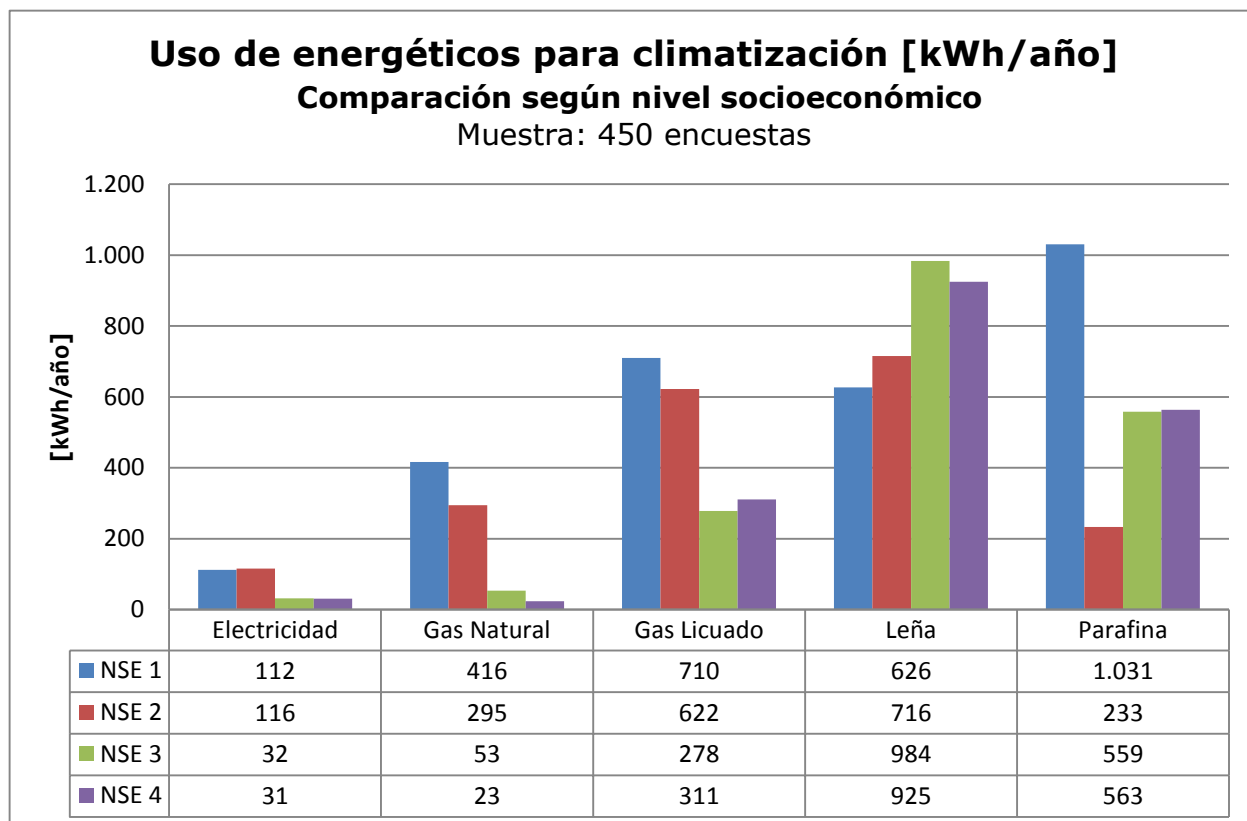
**Figura 6.7:** Distribución del consumo entre los diversos combustibles y niveles socioeconómicos.

La distribución del consumo anual de la vivienda para la electricidad, el gas natural y el gas licuado sigue la tendencia de que a mayor niveles de ingreso mayor consumo energético. Sin embargo, para la leña esta tendencia ya no se cumple e incluso se puede apreciar que el menor consumo lo posee el NSE1 y que al bajar en los niveles socioeconómicos el consumo aumenta. Esto puede deberse a que la leña es un recurso barato y de fácil acceso para las viviendas de zonas rurales, donde se encuentra un gran número de viviendas de los niveles socioeconómicos más bajos.

Para el caso de la parafina la tendencia no es tan clara, puesto que el NSE 1 tiene claramente el consumo más alto, pero luego el consumo es creciente a medida que se desciende en los niveles socioeconómicos. Es difícil determinar en base a los resultados de la encuesta a que se debe esta diferencia, puesto que podría deberse a distintos factores como el número de habitantes de la vivienda, el tamaño de la vivienda, la ubicación de la vivienda, entre otros.



Para comprender mejor a que se debe la inversión de la tendencia que se puede apreciar en el uso de la leña, donde los niveles más bajos poseen un mayor consumo. En la Figura 6.8 se muestra la distribución de los distintos energéticos que se destinan al uso de calefacción entre los diferentes niveles socioeconómicos:

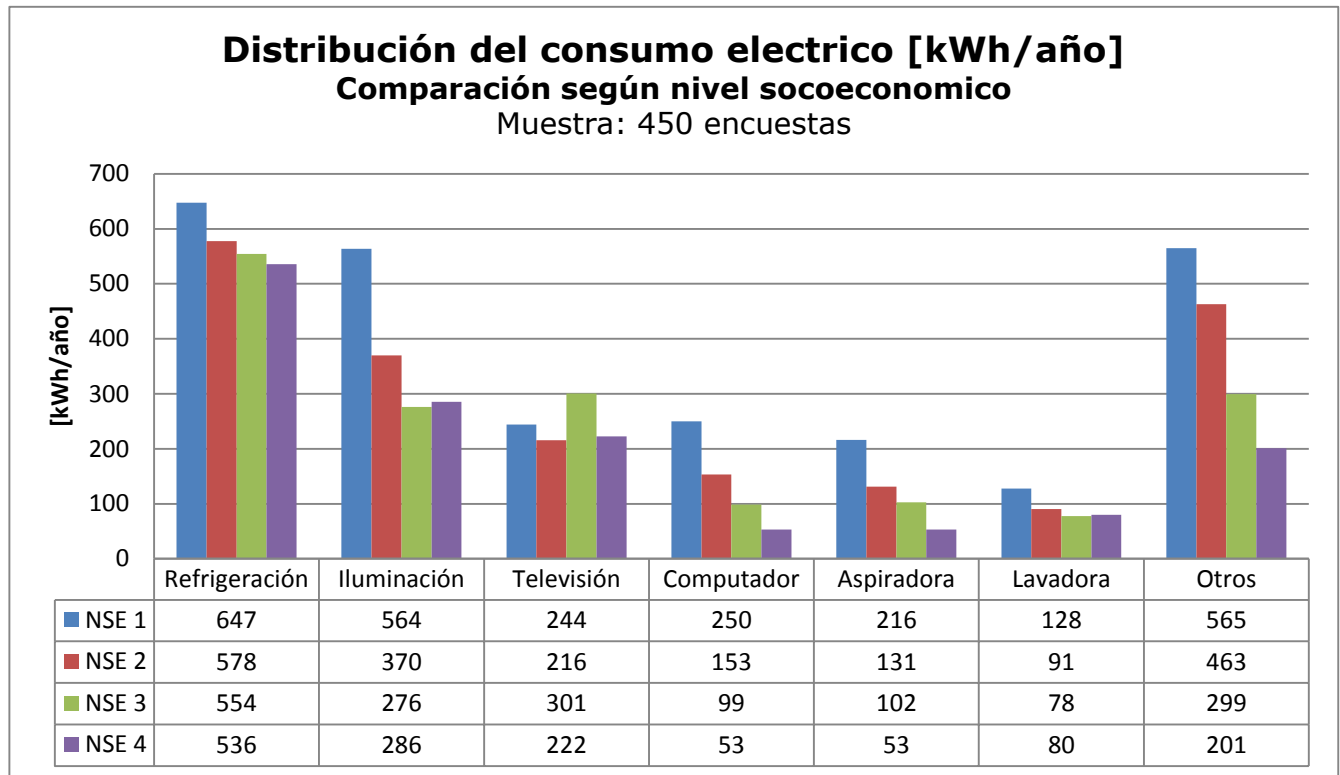


**Figura 6.8:** Utilización de energéticos para calefacción según nivel socioeconómico.

Aquí se puede observar como la electricidad y el gas natural son energéticos que se utilizan más en los niveles socioeconómicos altos (NSE 1 Y NSE 2). Algo similar ocurre con el gas licuado solo que en menor medida, puesto que el NSE 3 y NSE 4 también lo utilizan medianamente.

Además se puede apreciar como la calefacción explica por qué el uso de la leña es mayor en los niveles socioeconómicos más bajos. Sin embargo, el uso de leña en los niveles 1 y 2 es también elevado, lo que pone el foco de preocupación en por qué se utiliza tanto este recurso. Incluso en los niveles más altos, donde el poder adquisitivo debería permitirles utilizar energéticos más eficientes se está utilizando un alto consumo de leña.

Al analizar cómo se distribuye el consumo de los aparatos y sistemas que utilizan electricidad, es posible apreciar varias diferencias entre los diferentes niveles socioeconómicos, lo que se puede ver en la siguiente figura:



**Figura 6.9:** Distribución del consumo eléctrico según nivel socioeconómico.

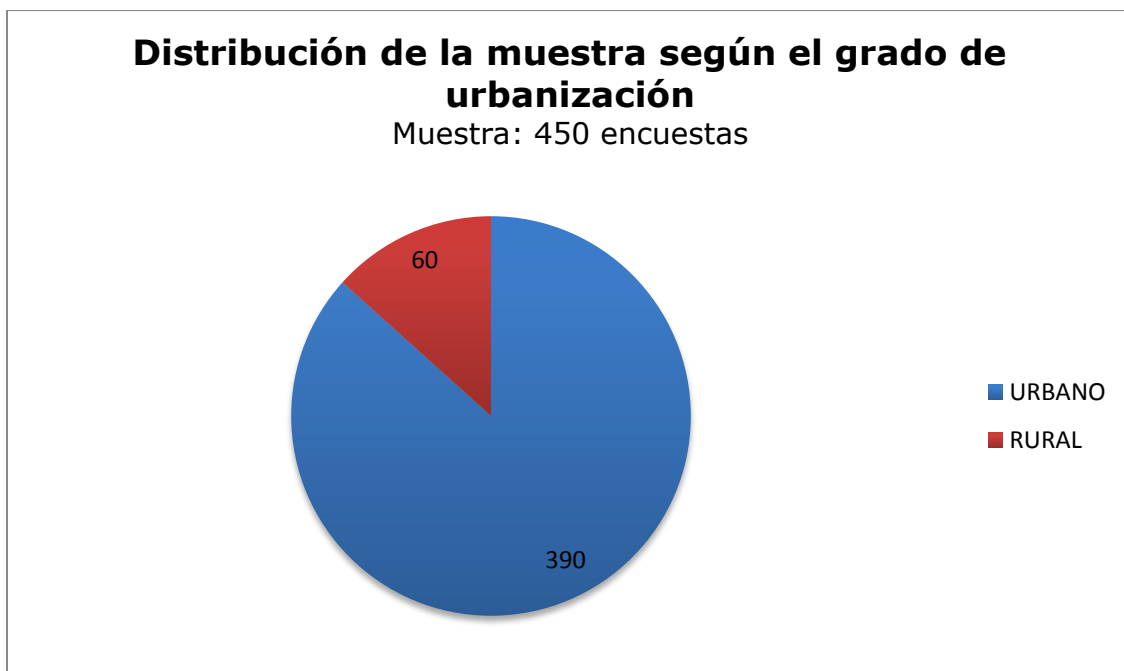
De la figura resaltan aspectos como la diferencia de consumo en iluminación que existe entre el NSE 1 y el NSE 2, y también entre el NSE 2 y los 2 niveles más bajos. Esta diferencia se debe posiblemente a la diferencia de tamaño de las viviendas y el número de ampolletas que requiere cada una. Sin embargo, hace cuestionar la necesidad de mantener tantas luces encendidas y si realmente se estarán utilizando bien.

Otro aspecto relevante es como la televisión se ha instalado de manera transversal en los 4 niveles socioeconómicos, rompiendo la tendencia que se muestra en los demás aparatos. Donde incluso se puede ver que el NSE 3 es el que destina más electricidad a este aparato, por sobre el NSE 1.

## 6.5 Consumo Energético de la Vivienda según grado de Urbanización

En esta sección se analizará el consumo energético residencial en la Región Metropolitana, comparativamente según el grado de urbanización del sector en donde se ubica la vivienda. En particular se considerarán dos grados de urbanización, sectores urbanos y sectores rurales. Para esto se utilizará, como ya se vio anteriormente, una muestra de 450 encuestas seleccionadas de un "Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile" (Ministerio de Energía, 2010).

A continuación en la relación a la encuesta se presenta en la Figura 6.8 La distribución de la muestra de acuerdo al grado de urbanización del sector en donde se ubica la vivienda.



**Figura 6.10:** Distribución de la muestra de acuerdo al nivel de urbanización.

Se puede ver que la muestra no se distribuye uniformemente entre las viviendas ubicadas en sectores urbanos y las que se encuentran en zonas rurales. En efecto, es evidente que la mayoría de las encuestas corresponden a viviendas ubicadas en zonas urbanas (más del 86% de las encuestas representan a viviendas del sector urbano).

Sin embargo, se cuenta con un buen número de encuestas para ambos sectores, puesto que se estima que el 92% de las viviendas de la región corresponden a zonas urbanas. Por lo que se puede decir que los resultados obtenidos serán representativos para la Región Metropolitana.

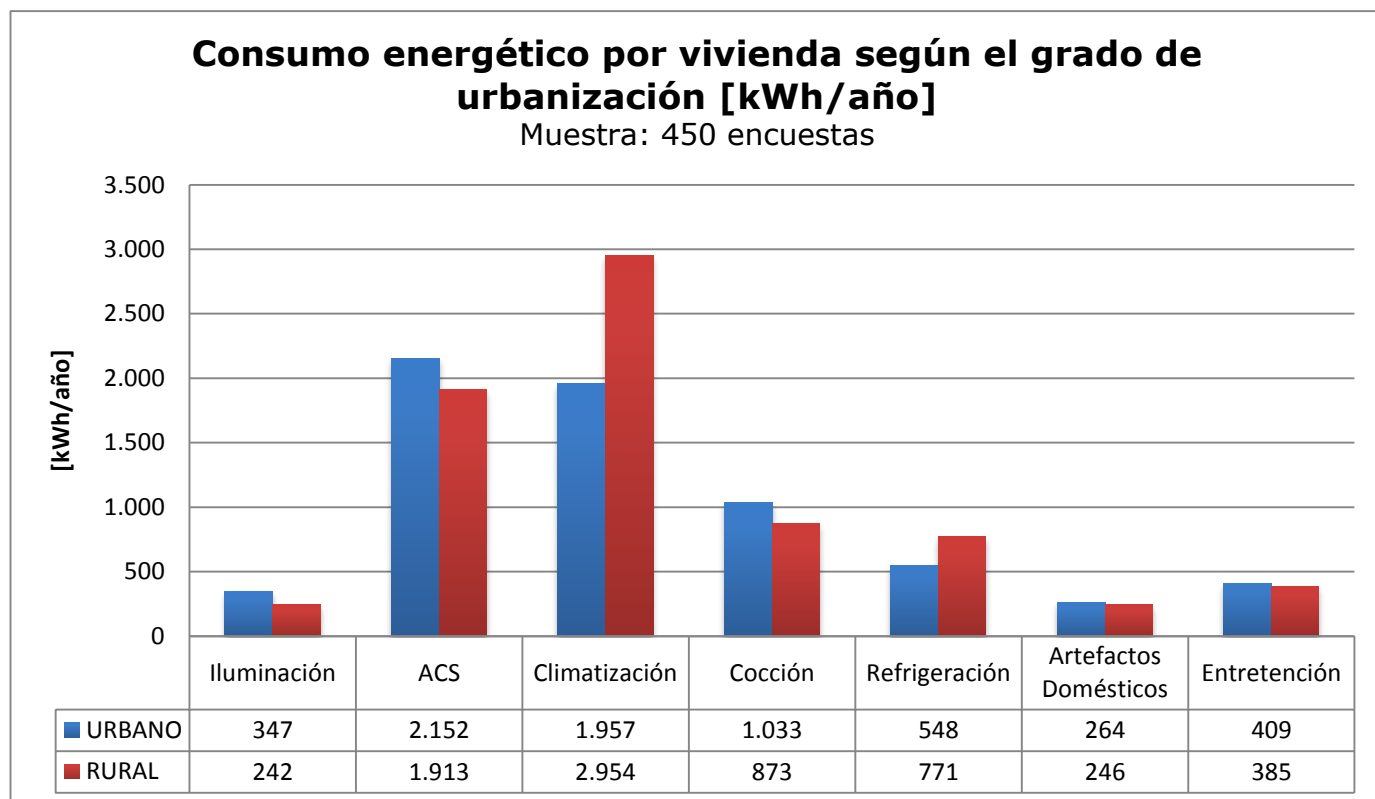
Según los resultados obtenidos de las encuestas el consumo energético anual promedio por grado de urbanización del sector en donde se ubica la vivienda se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 6.5:** Consumo de energía según grado de urbanización del sector

SECTOR	CONSUMO DE ENERGÍA [kWh/año]
URBANO	6.710
RURAL	7.384

Como se puede ver el sector rural consume cerca de 650 [kWh/año] más en energía, por sobre los 6.710 [kWh/año] que se consumen en el sector urbano.

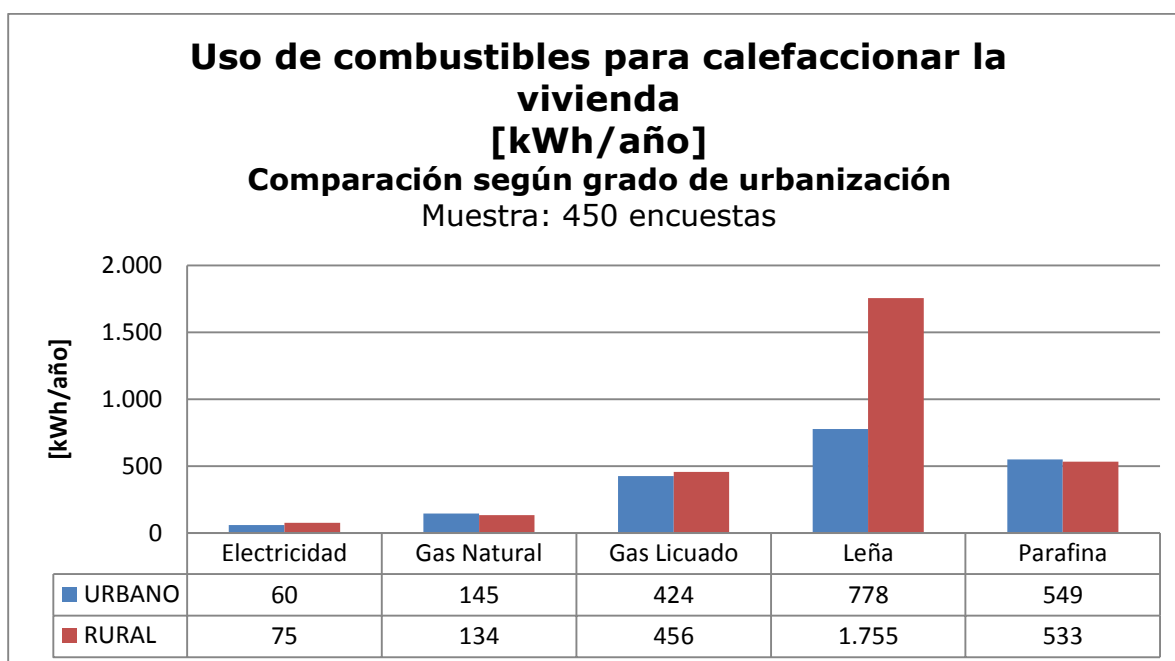
Para poder entender mejor por qué se produce esta diferencia, a continuación en la Figura 6.9 se presenta el consumo promedio por vivienda en los diversos sistemas consumidores de energía presentes en el hogar, comparando según el grado de urbanización.



**Figura 6.11:** Distribución del consumo energético por sistema y según el grado de urbanización del sector.

En general, los consumos por sistema son bastante similares entre los encuestados del sector urbano y los del sector rural, independientemente del sistema. Con excepción del consumo en climatización en donde las viviendas del sector rural consumen en promedio cerca de 1.000 [kWh/año] más que el sector urbano (2.954 [kWh/año] consumidos en el sector rural, contra 1.957 [kWh/año] en el sector urbano).

Esta diferencia podría deberse a varios factores como la diferencia de ingresos, número de habitantes, disponibilidad de recursos energéticos, entre otros. En particular se analizarán las diferencias de consumo entre los distintos energéticos utilizados para calefaccionar el hogar, según el grado de urbanización de la vivienda. Esta comparación se presenta en la Figura 6.10.



**Figura 6.12:** Distribución del consumo en calefacción según los distintos combustibles y según el grado de urbanización del sector de la vivienda.

Se puede apreciar que los consumos anuales de energía para calefacción en electricidad, gas natural, gas licuado y parafina, no presentan diferencias significativas. Sin embargo, existe una notable diferencia entre los consumos en leña, en donde las viviendas del sector rural consumen en promedio casi un 1.000 [kWh/año] más que las viviendas del sector urbano.

Esta diferencia en el consumo de leña puede explicar por qué el consumo energético en calefacción del sector rural supera tan fuertemente al consumo en esta misma categoría del sector urbano. Lo que pudiera deberse a su vez a que la leña es un recurso que se puede encontrar con mayor facilidad en los sectores más rurales de la región, donde además existen menos restricciones para su utilización.

## 6.6 Discusión de Resultados

Luego de completar la caracterización del consumo energético residencial de la Región Metropolitana es posible hacer hincapié en varios aspectos. En primer lugar se destaca el gas natural como el principal energético que se utiliza en la vivienda, el cual alcanza un 44,7% del consumo energético. A continuación le sigue la electricidad con un 26,4% del consumo energético total del hogar.

Las mejoras en gas natural son difíciles de implementar, pues requieren instalaciones complejas y costosas de nuevos aparatos, o la implementación de nuevas prácticas de consumo, las que no siempre son fáciles de evaluar. Es por esto que las mejoras que se implementaran en el capítulo siguiente están enfocadas en el consumo eléctrico de la vivienda, puesto que además es justamente en esta materia en donde se puede encontrar más información.

Si bien la leña es un recurso extremadamente utilizado en Chile, sobre todo al sur del país para la calefacción, en la Región Metropolitana no alcanza a representar un 13% del consumo energético. Por lo que si bien, en un principio se pensó en considerar como energético para la implementación de mejoras, finalmente se terminó dejando fuera del alcance de esa sección. Además porque es en las zonas más pobres donde es más frecuentemente utilizado, y aún no se ha encontrado un sustituto más eficiente pero que sea a la vez igual de económico.

Por otro lado, es importante observar que cerca de un 62% del consumo energético de una vivienda promedio es destinado a climatización y agua caliente sanitaria.

Si se considera solo la energía eléctrica la refrigeración representa un 31,6% y el consumo en iluminación alcanza un 19%. Por lo que ambos sistemas son buenos candidatos para la implementación de mejoras en la vivienda. Lo que sería muy relevante, pues se espera que el consumo eléctrico continúe incrementándose en el futuro, impulsado por el desarrollo económico y la penetración de las nuevas tecnologías que utilizan electricidad. Es por esto que es muy importante comprender como está utilizando la población la energía eléctrica disponible, sobretodo en el actual contexto, en donde la generación eléctrica no ha tenido el desarrollo que se esperaba para poder sostener el incremento en la demanda.

Al analizar los consumos según el nivel socioeconómico de la vivienda se puede apreciar una gran diferencia entre el nivel de mayor poder adquisitivo, el nivel socioeconómico 1, y el resto de los niveles de menores recursos.

Mientras que el primer grupo tiene un consumo energético 10.047 kWh por hogar, el segundo grupo posee un consumo de 7.152 kWh, el tercero un consumo de 6.397 kWh y finalmente el cuarto grupo posee un consumo de solo 5.665 kWh. Es evidente que la diferencia entre el primero y el segundo grupo es considerablemente más pronunciada que la diferencia entre el segundo y el tercero, o el tercero y cuarto. Este resultado muestra la brecha de desigualdad existente en Chile, la cual también se ve reflejada en el consumo energético. Esta diferencia entre el nivel 1 y el resto de los niveles socioeconómicos, se explica principalmente por los altos consumos en climatización y agua caliente sanitaria por parte del primer grupo, los cuales rompen con la tendencia que existe en el resto de los sistemas presentes en los hogares.

El nivel socioeconómico 1 alcanza más de 900 [kWh/año] más de consumo energético en climatización que el resto de los niveles socioeconómicos aproximadamente. Algo similar ocurre con el agua caliente sanitaria donde el nivel socioeconómico 1 alcanza casi 500 [kWh/año] más de consumo.

Al analizar las comparaciones entre el consumo energético residencial de las zonas urbanas versus el de las zonas más rurales, se distingue rápidamente que existe una diferencia significativa. Mientras que el consumo energético promedio de los hogares urbanos se aproxima a los 6.71 [kWh/año], el de las viviendas de zonas rurales alcanza los 7.384 [kWh/año]. Esta diferencia se explica principalmente debido a la diferencia de consumo en climatización en donde las viviendas del sector rural consumen en promedio cerca de 1.000 [kWh/año] más que en el sector urbano.

Y a su vez esta diferencia en el consumo en calefacción puede explicarse por una notable diferencia entre los consumos en leña, en donde las viviendas del sector rural consumen en promedio casi 1.000 [kWh/año] más que las viviendas del sector urbano. Esta diferencia puede deberse a diferentes factores, pero se estima que principalmente se deba a la disponibilidad de este recurso en las zonas rurales y al bajo precio que se asocia a este energético. Además de que en las zonas urbanas existen restricciones que disuaden el uso de este recurso para la calefacción.

Desde esta mirada las políticas de los sectores más rurales debiesen apuntar a mejorar las condiciones de consumo en calefacción de esas zonas. Una forma podría ser regulando la calidad de la leña, que este lo suficientemente seca o restringiendo los tipos de leña que puedan ser utilizados para calefacción. Y otra manera pudiese ser incentivando un cambio en la cultura de consumo, promoviendo el uso de otros energéticos que puedan reemplazar la leña.

## 7 PROYECCION DE LA DEMANDA ENERGETICA PARA EL LARGO PLAZO Y DESARROLLO DE ESCENARIOS

### 7.1 Introducción

Con el fin de apoyar las políticas energéticas para el largo plazo en el sector residencial de la Región Metropolitana, se plantea desarrollar un modelo que permita proyectar la demanda energética del sector.

La eficiencia energética como practica tiene el objetivo de mejorar la forma en que la energía es utilizada, pero manteniendo los mismos servicios energéticos, cosa de mantener el confort y la calidad de vida. El uso eficiente de la energía implica reducir la cantidad de energía consumida, o bien, desplazarla de la hora de mayor consumo del sistema, aumentar el uso de energías más eficientes y disminuir la cantidad de combustibles que se utilizan, pero siempre conservando la calidad y el acceso a la misma.

Es importante destacar que la eficiencia energética como concepto no debe ser asociado exclusivamente con un ahorro de energía, puesto que esto último podría lograrse reduciendo la realización de ciertas actividades, disminuyendo el bienestar social. Por otro lado, Tampoco debe entenderse la eficiencia energética como una mayor participación de las energías renovables en la matriz energética nacional. La energía renovable es un tipo de fuente de energía, mientras que la eficiencia energética es un análisis de todo el sistema.

Desde este punto de vista la eficiencia energética puede ser vista desde 2 focos:

**Eficiencia energética por el lado de la demanda:** comprende una serie de acciones y prácticas dirigidas a reducir la demanda de electricidad y/o intentar desviar la demanda de las horas de punta a horas de menor consumo.

**Eficiencia energética por el lado de la oferta:** consiste en un conjunto de medidas adoptadas para garantizar la eficiencia a lo largo de la cadena de suministro, y fomentar la utilización de fuentes energéticas más eficientes - aquellas fuentes con un menor consumo de Kcal por KW producido-.

En este capítulo se realiza una proyección del consumo energético residencial de la Región Metropolitana según nivel socioeconómico para el periodo 2008-2022, y además se busca analizar diferentes escenarios que podría enfrentar Chile en el largo plazo, poniendo énfasis en la eficiencia energética por el lado de la demanda.



## 7.2 Elaboración del Año Base

Para construir la demanda energética residencial de la región Metropolitana se utiliza como año base el 2008, esto debido a que fue en ese año que se realizó el *"Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile"* (Ministerio de Energía, 2010), el cual sirve de apoyo para desarrollar los modelos de proyección.

De la encuesta se pudo obtener los datos de la penetración de cada artefacto en los distintos niveles socioeconómicos mencionados en capítulos anteriores, así como también los datos de las intensidades medias por aparato en estos grupos. Donde la penetración corresponde a que porcentaje de cada nivel socioeconómico declara utilizar cada aparato, mientras que la intensidad representa el valor promedio de consumo anual para cada aparato y para cada grupo socioeconómico. Esta información se encuentra en los anexos del Capítulo 8 en las Tablas numeradas desde la 8.1 a la 8.14.

Para obtener el número de viviendas de la Región Metropolitana se utilizaron las estimaciones presentadas en el *"Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile"* (Ministerio de Energía, 2010). En donde se utilizaron datos del censo 2002, y actualizaciones periódicas en terreno y oficina. Para proyectar el número de viviendas al 2008, se consideró un aumento del parque de viviendas correspondiente a un 80% de los permisos de construcción emitidos entre el 2002 y 2007. Se tomó solo el 80% para tener en cuenta un porcentaje de viviendas que no se construyen, aún después de tener el permiso, y otro porcentaje que se da de baja o se destruye cada año.

Para diferenciar entre casas y departamentos se consideró por un lado el porcentaje de casas y departamentos por regiones declarados por el CENSO del 2002 y la diferenciación en los permisos de construcción entre casas y departamentos para el periodo 2002 – 2007, también por regiones.

El universo perteneciente a la Región Metropolitana representado corresponde a 2.236.092 viviendas, proyección realizada por el INE. En donde el número de departamentos alcanza las 529.920 viviendas. Las casas de sectores urbanos representan 1.537.032 viviendas, y finalmente las casas de sectores rurales alcanzan las 169.140 viviendas.

Sin embargo, y como ya se mencionó en el Capítulo 5 (Metodología), hay que tener en cuenta que esta estimación se realizó solo a partir del CENSO 2002, por lo que es muy probable que existan errores. Más aún si se toma en cuenta el CENSO 2012, en donde se obtuvo que en la región Metropolitana existían para el año 2012 2.096.962 viviendas.

Debido a esta discrepancia se optó por corregir el número obtenido en el estudio, utilizando la información de ambos CENSOS, el de 2002 y el de 2012. El Capítulo 5 cuenta con una explicación detallada de cómo se realizó la corrección, la que dio como resultado la estimación que se presenta a continuación:

**Tabla 7.1:** Estimación del número de viviendas.

<b>Año</b>	<b>Hogares R.M</b>
<b>2002</b>	<b>1.643.892</b>
2003	1.684.399
2004	1.725.904
2005	1.768.432
2006	1.812.008
2007	1.856.658
2008	1.902.408
2009	1.949.285
2010	1.997.317
2011	2.046.533
<b>2012</b>	<b>2.096.962</b>

Sujeto a esta estimación se considera en esta memoria que el número de viviendas para el año base, es decir el año 2008, es de 1.902.408. La tasa anual de crecimiento utilizada para el periodo 2002-2012 fue de 2,4641%.

Además en el estudio mencionado se utiliza un factor de expansión que permite transformar la información obtenida de las 450 encuestas en una estimación para toda la región (2.236.092 viviendas).

Sin embargo, para el desarrollo de esta memoria y en vista de que se cuenta con la información del CENSO 2012, se corrigieron estos factores de expansión para que el resultado estuviera de acuerdo con las estimaciones mencionadas en la Tabla 7.1 (1.902.408 viviendas para el año 2008). Lo que dio como resultado los factores que se muestran a continuación en la Tabla 7.2, donde la explicación de cómo se obtuvieron estos factores queda expresada en el Capítulo 5:

**Tabla 7.2:** Factores de Expansión Corregidos.

Urbanas		Rurales
Casas 4.448	Departamentos 4.696	Casas 2.398

Es importante destacar que esta modificación no altera los resultados de las encuestas, pues solo altera la energía consumida total estimada para la región y no la energía consumida por cada vivienda. Por lo que la penetración de cada aparato y la intensidad promedio que utiliza cada sistema y artefacto presente en la vivienda, permanece invariable antes y después de la corrección del factor de expansión.

Además la distribución entre casas urbanas, departamentos y casas rurales se mantiene inalterada. En donde los departamentos representan un 23,7% del total de viviendas, las casas urbanas representan un 68,74% y finalmente las casas rurales representan un 7,56% del universo de viviendas de la Región Metropolitana. Considerando este universo de viviendas, la muestra de 450 encuestas a igual número de hogares es representativa para obtener un análisis a nivel regional.

### 7.3 Elaboración del escenario de referencia

El escenario de referencia corresponde al escenario base sobre el cual se pretende comparar las medidas de eficiencia energética que serán evaluadas. Representa un escenario en que los hábitos de consumo y las tecnologías no varían, por lo que los cambios solo se producen por el incremento del número de viviendas.

Como primer parámetro se fija el periodo de evaluación desde el 2008, año en que se desarrolla la encuesta sobre la cual se fija esta memoria, hasta el año 2022.

Para la expansión del número de viviendas a lo largo del periodo de estudio se utiliza la tasa proyectada en el "ANÁLISIS DE CONSUMO ELÉCTRICO EN EL CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO, TOMO II" (Comisión Nacional de Energía, 2014). En este informe se estima que la tasa de crecimiento del número de clientes (viviendas) de la Región Metropolitana es de un 1,9% para los años 2013 a 2017, y de un 1,8% para los años 2018 a 2022. Es difícil estimar cómo será el comportamiento de consumo más adelante, puesto que se desconoce que nuevas tecnologías podrían surgir o que leyes regirán el consumo energético, motivo por el cual se mantendrá el horizonte de este estudio para el año 2022.

Para efectos del modelo utilizado en esta memoria, se utilizaron las tasas de crecimiento del número de viviendas que se muestran a continuación:

**Tabla 7.3:** Tasas anuales de crecimiento para la R.M

Periodos		
2008 -2012	2013-2017	2018-2022
2,464%	1,900%	1,800%

Donde la tasa obtenida para el periodo 2008-2012 es la que se estimó anteriormente a partir de los CENSOS 2002 Y 2012. Como cabría esperar se supuso que la tasa de crecimiento de la región disminuye en el tiempo, siguiendo la tendencia de países más desarrollados donde existe un envejecimiento de la población.

Es importante destacar que la tasa de crecimiento del número de viviendas no se corresponde con la tasa de crecimiento de la población en general.

Puesto que existen otras variables que influyen en el aumento del número de viviendas. Como por ejemplo la cantidad de habitantes por vivienda, la cual ha ido disminuyendo a lo largo del último tiempo. Si en el Censo 1992 el promedio de personas por vivienda era de 3,96, para el Censo 2002 el promedio de habitantes por vivienda disminuyó a 3,44.

En el escenario de referencia se asume que la penetración de cada aparato y también su intensidad se mantienen constantes a lo largo del periodo de estudio (2008-2022) para los 4 niveles socioeconómicos. Con el fin de poder comparar como cambian los resultados de este escenario al agregar diferentes cambios en la penetración e intensidad, lo que se hará en los siguientes escenarios.

Para estimar los movimientos de las distintos niveles socioeconómicos y como cambia la distribución de la población de la Región Metropolitana entre los 4 niveles, se utilizaron los resultados de las Encuestas CASEN 2009, 2011 y 2013 para el Gran Santiago. Los resultados de estas encuestas se presentan a continuación:

**Tabla 7.4:** Evolución de distribución de la población del Gran Santiago [%]

<b>NSE</b>	<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>
A	0,4	0,3	0,2
B1	0,7	0,8	0,6
B2	1,6	1,9	1,9
C1a	3,5	3,8	3,9
C1b	6,9	7,1	8,2
C2	14,5	14,5	16,7
C3	22,4	23,8	28,6
D	25	25	25,5
E1	14,2	13,5	9,9
E2	10,8	9,3	4,5
	100	100	100

En esta memoria se está trabajando con 4 niveles socioeconómicos, por lo que a continuación se muestra la adaptación realizada:

**Tabla 7.5:** Adaptación para los cuatro niveles socioeconómicos

	<b>Grupo</b>	<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>
NSE 1	ABC1	13,1	13,9	14,8
NSE 2	C2	14,5	14,5	16,7
NSE 3	C3	22,4	23,8	28,6
NSE 4	D y E	50	47,8	39,9
		100,00	100,00	100,00

Para el año 2008 se utilizará la distribución obtenida de las encuestas realizadas para el "*Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile*" (Ministerio de Energía, 2010).

**Tabla 7.6:** Distribución socioeconómica de la R.M para el año 2008

Nivel Socioeconómico		%
NSE 1	ABC1	13,18
NSE 2	C2	22,86
NSE 3	C3	24,39
NSE 4	D y E	39,56

Luego a partir de estos datos se estimaron los cambios porcentuales para cada nivel socioeconómico durante el periodo 2008-2013. Asumiendo que dentro de cada periodo los cambios porcentuales se realizan de forma constante cada año. Es decir que para el periodo 2009-2011, cada nivel socioeconómico aumenta o disminuye su participación en porcentajes iguales cada año. Lo mismo sucede para el periodo 2011-2013. Es decir que el cambio porcentual del periodo se distribuyó de igual forma entre los años que abarca. A continuación se muestran los cambios porcentuales anuales para cada período:

**Tabla 7.7:** Cambios porcentuales anuales por periodo [%]

NSE	2008-2009	2009-2011	2011-2013
NSE 1	-0,08	0,40	0,45
NSE 2	-8,36	0,00	1,10
NSE 3	-1,99	0,70	2,40
NSE 4	10,44	-1,10	-3,95

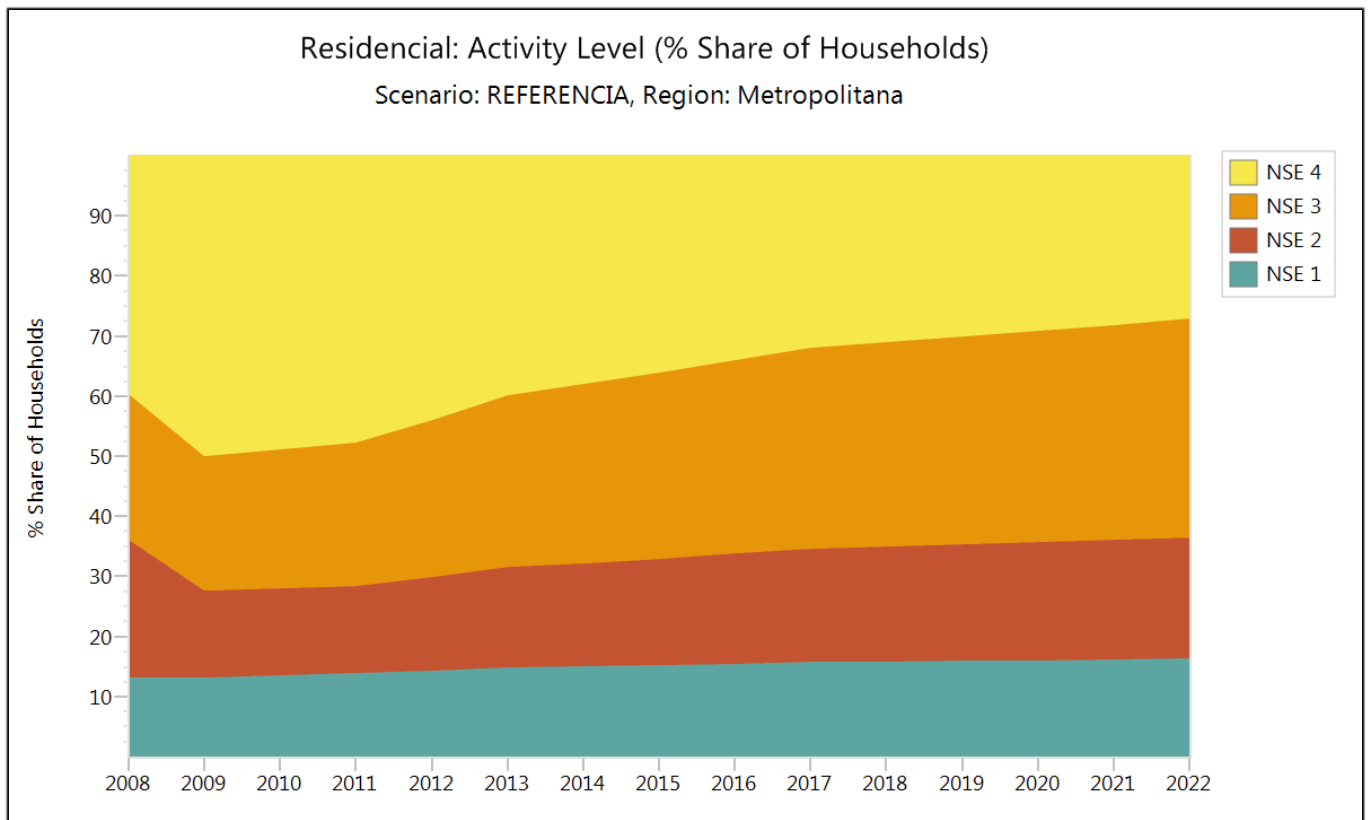
Como se puede apreciar existe en el periodo 2008-2009 una disminución de los NSE 1, 2 y 3, donde en particular el NSE 2 disminuye su participación en más de un 8%, en desmedro de un aumento de más de un 10% del NSE 4. Este empobrecimiento de la población puede estar fuertemente relacionado con la crisis que se desató en el año 2008. Sin embargo durante los años siguientes se puede observar cómo se va revirtiendo esta situación, en donde para el periodo 2011-2013 cada año el NSE 1 aumenta un 0,45%, el NSE 2 aumenta un 1,1% cada año y el NSE 3 se incrementa en un 2,4% cada año durante el periodo.

Para los años siguientes al 2013 no se cuenta con información, por lo que se asumirá que la tendencia de mejora se mantiene, pero que se va atenuando en el tiempo. Así para el periodo 2013-2017 se utilizarán como variaciones porcentuales anuales de cada nivel socioeconómico, la mitad de los obtenidos para el periodo 2011-2013. Y para el periodo 2017-2022 se utilizará la mitad del periodo anterior. Los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 7.8:** Cambios porcentuales anuales por periodo [%]

NSE	2014-2017	2017-2022
NSE 1	0,23	0,11
NSE 2	0,55	0,28
NSE 3	1,20	0,60
NSE 4	-1,98	-0,99

En la Figura 7.1 se muestra la evolución de la distribución socioeconómica de las viviendas de la Región Metropolitana.

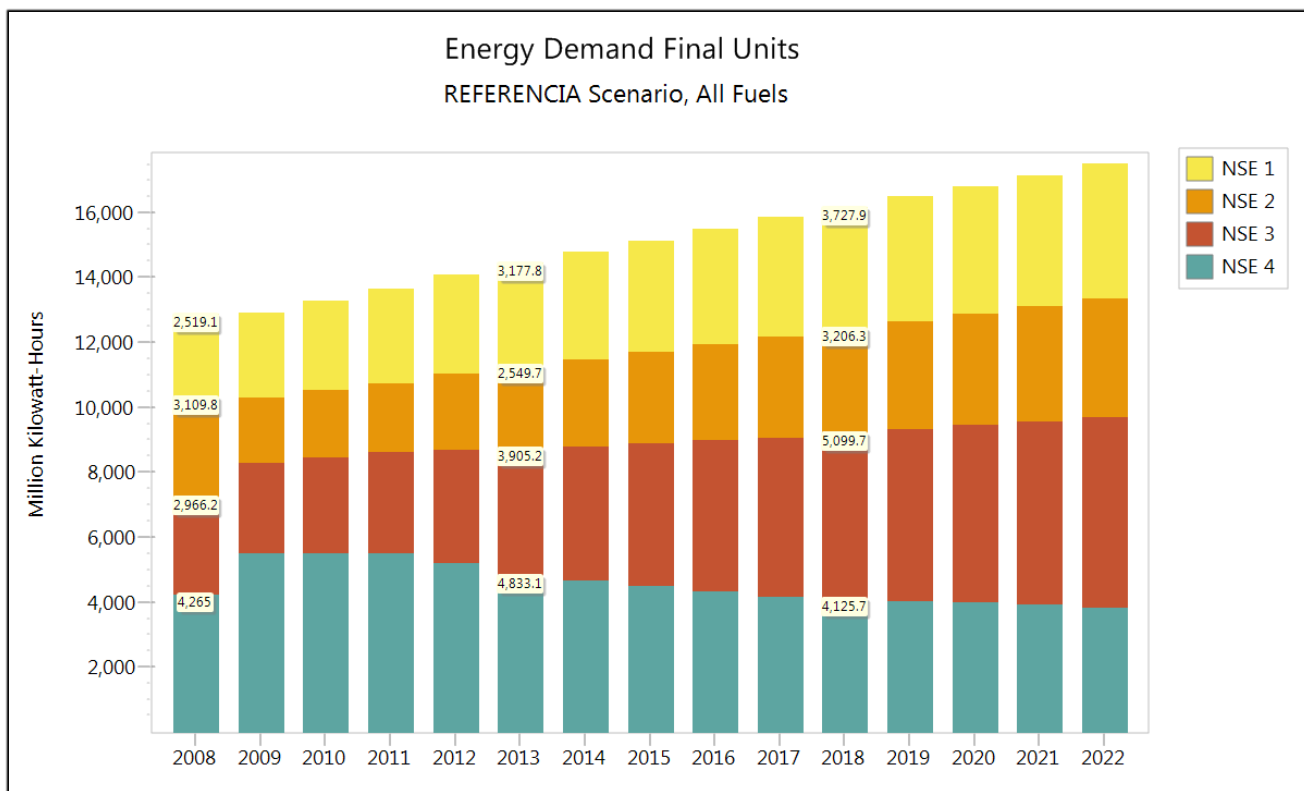


**Figura 7.1:** Estimación de la evolución de la distribución socioeconómica en la R.M

Aquí se puede apreciar como el nivel más bajo comienza a perder participación en tiempo, pasando de un 39,57% de participación en el año 2008 a un 27,13% en el 2022. Mientras que los demás grupos se van incrementando. En particular el NSE 3, representando a la clase C3, se ve potenciando fuertemente al pasar de un 24,39% en el año 2008 a un 36,38% para el año 2022.

A continuación en la Figura 7.2 se presentan los resultados para la proyección de demanda energética residencial en el Escenario de Referencia hacia el año 2022, en donde se distribuyó la energía demandada según los distintos niveles socioeconómicos.





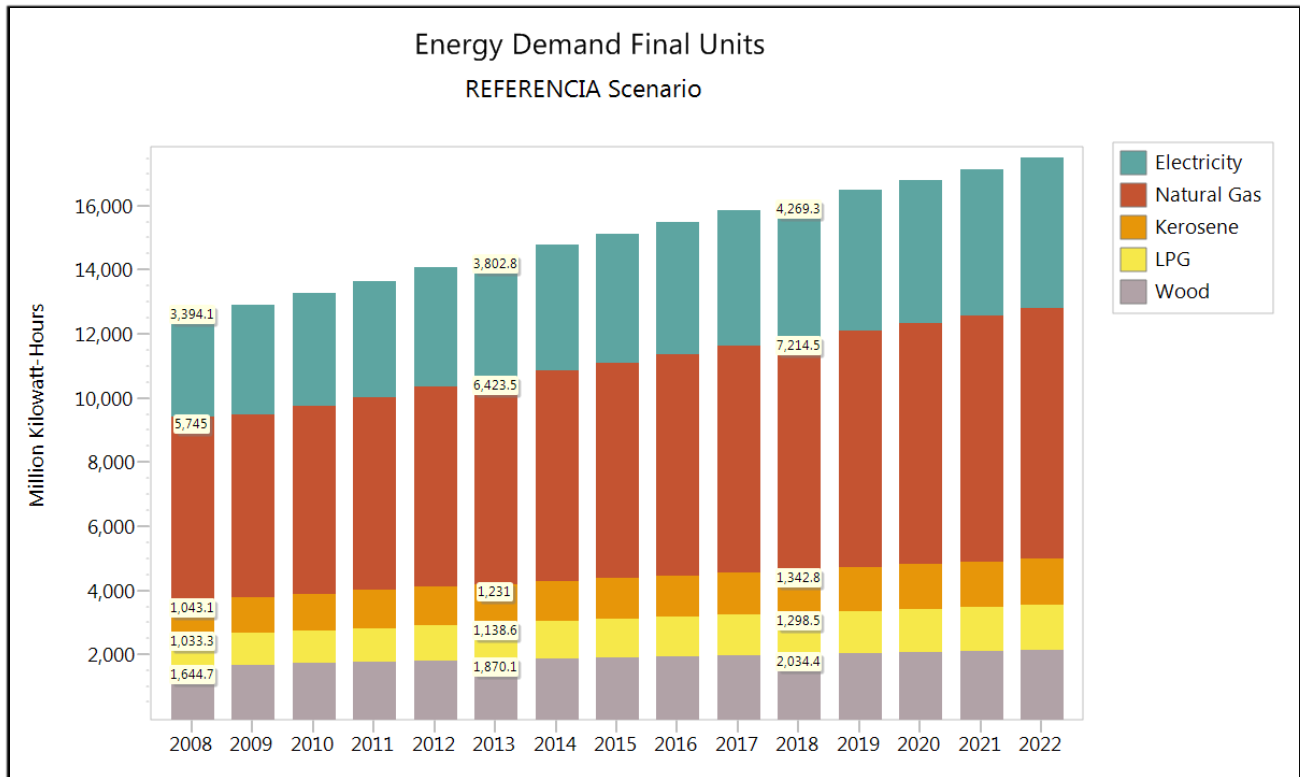
**Figura 7.2:** Proyección del escenario de Referencia según nivel socioeconómico

Lo primero que se observa es como la crisis del 2008 modifica las participaciones de cada grupo socioeconómico, reduciendo al NSE 2 y aumentando al NSE 4. Sin embargo, con el transcurso del tiempo es el NSE 3 el que crece con mayor potencia, al mismo tiempo que se reduce la participación del NSE 4.

Es importante destacar que en la Figura 7.2 se muestra la demanda energética agregada de cada nivel socioeconómico y no los consumos promedio por vivienda. Por lo tanto es totalmente esperado que el nivel socioeconómico 4 sea el que tenga una mayor proporción del consumo total, puesto que este grupo representa casi un 40% del total de viviendas de la Región Metropolitana.

Se puede apreciar como los cambios en la distribución entre los distintos niveles, observados en la Figura 7.1, afectan la distribución de la demanda energética.

A continuación en la Figura 7.3 se muestran los resultados del Escenario de Referencia al distribuir el consumo entre los distintos tipos de energéticos utilizados en la vivienda.



**Figura 7.3:** Proyección del escenario de referencia según los distintos energéticos

Aquí se puede observar cómo va incrementándose el consumo energético a lo largo del tiempo. Si para el año 2008 el consumo estimado es de 12.860.128.170 [kWh/año], en el 2015 este consumo se incrementa hasta alcanzar los 15.136.512.310 [kWh/año]. Y para el año 2022 alcanza los 17.488.581.500 [kWh/año].

Es notorio también como el energético que más contribuye con el consumo es el gas natural, el cual en el año 2008 alcanza un 44,7% del consumo total. Y que para el año 2022 se estaría manteniendo casi con igual participación, alcanzando un 44,75%, lo que incentiva a buscar alternativas que permitan reducir el consumo de gas natural y hacerlo más eficiente.

Se debe comprender que la proyección en el aumento de energía demandada en este escenario no corresponde a una predicción de lo que debiese ocurrir en la realidad. Sino que tan solo pretende mostrar cómo sería el consumo si la penetración e intensidad de los aparatos permanecieran constantes, y con los aumentos del número de viviendas de la región y los cambios en la

participación de los diferentes niveles socioeconómicos, mencionados anteriormente.

## 7.4 Escenario 1: Cambios en la Iluminación

En este primer escenario se pretende incorporar tendencias en la penetración de algunos artefactos. En primer lugar se analizarán cambios en la penetración de los diferentes tipos de lámparas presentes en las viviendas de la Región Metropolitana.

Según la encuesta realizada para el "*Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile*" (Ministerio de Energía, 2010), se utilizan 6 tipos de lámparas: ampollitas corrientes de más de 60W, ampollitas corrientes de menos de 60W, ampollitas fluorescentes compactas (también llamadas ampollitas eficientes), tubos fluorescentes, dicroicos y finalmente ampollitas LED.

No se cuenta con información específica de la cantidad de lámparas de cada tipo que se utilicen en las viviendas de la Región metropolitana, puesto que no se pudo obtener tales resultados para su utilización en esta memoria.

Sin embargo, si se conoce esta distribución a nivel país, gracias al estudio anteriormente mencionado. Además al no contar con información sobre el nivel socioeconómico E se asumió este idéntico al D, puesto que este es el más parecido en términos de poder adquisitivo.

A continuación se presentan los números promedio de lámparas de cada tipo que poseen las viviendas a nivel nacional, distinguido según nivel socioeconómico:

**Tabla 7.9:** Número de ampollitas por hogar según nivel socioeconómico

	ABC 1	C2	C3	D
Ampollitas Fluorescentes Compactas	10.1	6.5	4.8	4.2
Ampollitas Corrientes de Menos de 60 W	3.8	3.2	2.8	3.6
Ampollitas Corrientes de Mas de 60 W	4.5	3.7	2.4	3
Tubos Fluorescentes	1.1	0.9	0.8	1
Dicroicos	1.4	0.5	0.1	0.3
Ampollitas LED	0.4	0.1	0.1	0.2
<b>Número de Ampollitas por Hogar</b>	<b>21.3</b>	<b>14.9</b>	<b>11</b>	<b>12.3</b>

Se considera que la tenencia de ampollitas corrientes de menos de 60W y también las de más de 60W debiese evolucionar hacia las ampollitas eficientes, puesto que estas últimas han obtenido una proporción importante del mercado y se espera que siga aumentando. Debido a que a partir del año 2013 se implementó una política de la Estrategia Nacional de Iluminación Eficiente, que busca realizar un reemplazo masivo de ampollitas incandescentes por ampollitas eficientes en los sectores de menores recursos. Y que además a partir del año 2016, se prohíbe la venta de este tipo de ampollitas en todo el país, lo que debiese acelerar esta tendencia.

Se considera para este escenario que los niveles socioeconómicos más altos, al poseer un mayor poder de consumo, tendrán una tendencia más acelerada de cambio hacia ampollitas más eficientes. Esto debido a que las ampollitas más eficientes suelen tener precios de adquisición más altos, y a pesar de que consumen menos energía y a la larga esto termina siendo más económico, representa una dificultad para que los hogares de menores ingresos realicen la transición.

Es por esto que en este escenario se asumió que los NSE 1 y 2 habrán cambiado por completo la utilización de ampollitas corrientes incandescentes, por las ampollitas fluorescentes compactas (ampollitas eficientes) para el año 2018. En el caso del NSE 3 se asumió esta transición para el año 2019. Y finalmente para el NSE 4 esta transición se realizaría para el año 2020. Además se asume que para cada uno de estos años, su respectivo NSE habrá pasado a tener una penetración de un 100% en las ampollitas eficientes. Además, si bien es cierto que a partir del año 2016 no debiesen venderse más ampollitas incandescentes, en este escenario se toma en consideración que la transición no será instantánea y que en algunas zonas se seguirán vendiendo este tipo de lámparas por un tiempo.

Según las estimaciones de crecimiento del número de viviendas para la Región Metropolitana realizadas anteriormente, para el año 2018 se estiman un total de 2.345.359 viviendas. Para calcular como sería la transición de ampollitas corrientes a ampollitas eficientes se utilizará la información de la Tabla 7.9, en donde se presentaba el promedio de lámparas de cada tipo en los distintos niveles socioeconómicos. A partir de esa información y de los porcentajes de penetración los niveles de intensidad de uso para cada lámpara que se muestran a continuación en las Tablas 7.10 y 7.11, se podrá realizar este cálculo.

**Tabla 7.10:** Penetración de lámparas según NSE [%]

	PENETRACIÓN EN ILUMINACIÓN					
	Menor 60W	Mayor 60W	Amp. Eficiente	C Fluorecente	C Led	C Dicroico
NSE 1	62,87%	67,48%	74,67%	48,39%	8,87%	27,00%
NSE 2	52,99%	62,53%	80,24%	45,90%	6,19%	12,41%
NSE 3	52,71%	60,98%	66,20%	43,99%	4,85%	5,31%
NSE 4	62,42%	65,61%	67,86%	40,20%	5,49%	8,86%

**Tabla 7.11:** Intensidad de lámparas según NSE [kWh/año]

	INTENSIDAD EN ILUMINACIÓN					
	Menor 60W	Mayor 60W	Amp. Eficiente	C Fluorecente	C Led	C Dicroico
NSE 1	138	396	178	58	14	177
NSE 2	104	345	85	40	5	95
NSE 3	85	261	74	47	8	43
NSE 4	84	266	50	47	9	60

Entonces, si por ejemplo se quiere calcular para el año 2018 cuantas lámparas incandescentes se estarían dejando de usar en el NSE 1, y por lo tanto cuantas ampolletas eficientes en total se estarán usando en ese año.

Primero se calculan cuantas lámparas de menos de 60W se dejan de usar, para eso se multiplica el número de viviendas para el año 2018 por el porcentaje que representa el NSE1 para ese año, luego esto se multiplica por el nivel de penetración de este tipo lámparas para el NSE 1, y finalmente se multiplica por la cantidad promedio de lámparas de menos de 60W que se utilizan en el NSE 1. Esto quedaría así:

$$LC_{<60W}(\text{NSE 1, 2018}) = 2.345.359 \times 15,821\% \times 62,87\% \times 3,8$$

Esto da como resultado que se están cambiando y dejando de usar:

$$LC_{<60W}(\text{NSE 1, 2018}) = 886.548 \text{ lámparas}$$

Al realizar este mismo cálculo para las lámparas corrientes de más de 60W del NSE 1 que existían el año 2018, da como resultado que se están dejando de usar:

$$LC_{>60W}(\text{NSE 1, 2018}) = 1.126.720$$

Por otro lado, ya existía una cantidad de ampolletas eficientes en uso antes de la transición, esta cantidad se calcula a continuación:

$$AE (NSE 1, 2018) = 2.345.359 \times 15,821\% \times 74,67\% \times 10,1$$

En donde se multiplico el número de viviendas estimado para el año 2018 por el porcentaje perteneciente al NSE 1. Luego se multiplico por el porcentaje de penetración de ampolletas eficientes que existía antes de la transición. Y finalmente se multiplica por el número de lámparas eficientes promedio usadas por el NSE 1. Esto da como resultado:

$$AE (NSE 1, 2018) = 2.798.475$$

Al analizar las ampolletas corrientes (de más y menos de 60W) que deben ser sustituidas más la cantidad de ampolletas eficientes que ya existían, podemos ver que suman:

$$LC_{<60W}(NSE 1, 2018) + LC_{>60W}(NSE 1, 2018) + AE (NSE 1, 2018) = 4.811.742$$

Esto quiere decir que para el año 2018 se estarán utilizando 4.811.742 lámparas eficientes. En donde se debe recordar que se aumentó el nivel de penetración de esta lámpara a un 100%. Por lo tanto para calcular el nivel de intensidad que tendrá la utilización de estas lámparas, se debe primero calcular cuántos [kWh/año] gasta cada una de estas lámparas en promedio dentro del NSE 1.

Para esto se usa el número de ampolletas eficientes que estaban en uso en promedio antes de la transición y se utiliza para dividir la intensidad promedio de cada ampolleta. Esto queda de la siguiente manera:

**Tabla 7.12:** Consumo promedio por ampolleta [kWh/año]

	NSE 1	NSE 2	NSE 3	NSE 4
Amp. Efic	18	13	15	12
Amp. Menos 60W	36	33	37	23
Amp. Más de 60W	88	93	109	89

Luego se calcula el nuevo número de ampolletas eficientes utilizadas en promedio por el NSE 1 después de la transición. Lo que sería dividir el número total de ampolletas eficientes entre el número de viviendas pertenecientes al NSE 1. Esto se muestra en la Tabla 7.13.

**Tabla 7.13:** Número promedio de ampollas eficientes utilizadas por vivienda luego de la transición.

NSE 1	12,97
NSE 2	9,22
NSE 3	6,12
NSE 4	7,07

Una vez obtenido esto se puede calcular la nueva intensidad media de las ampollas eficientes, lo que se muestra a continuación:

**Tabla 7.14:** Intensidades para las ampollas eficientes según NSE [kWh/año]

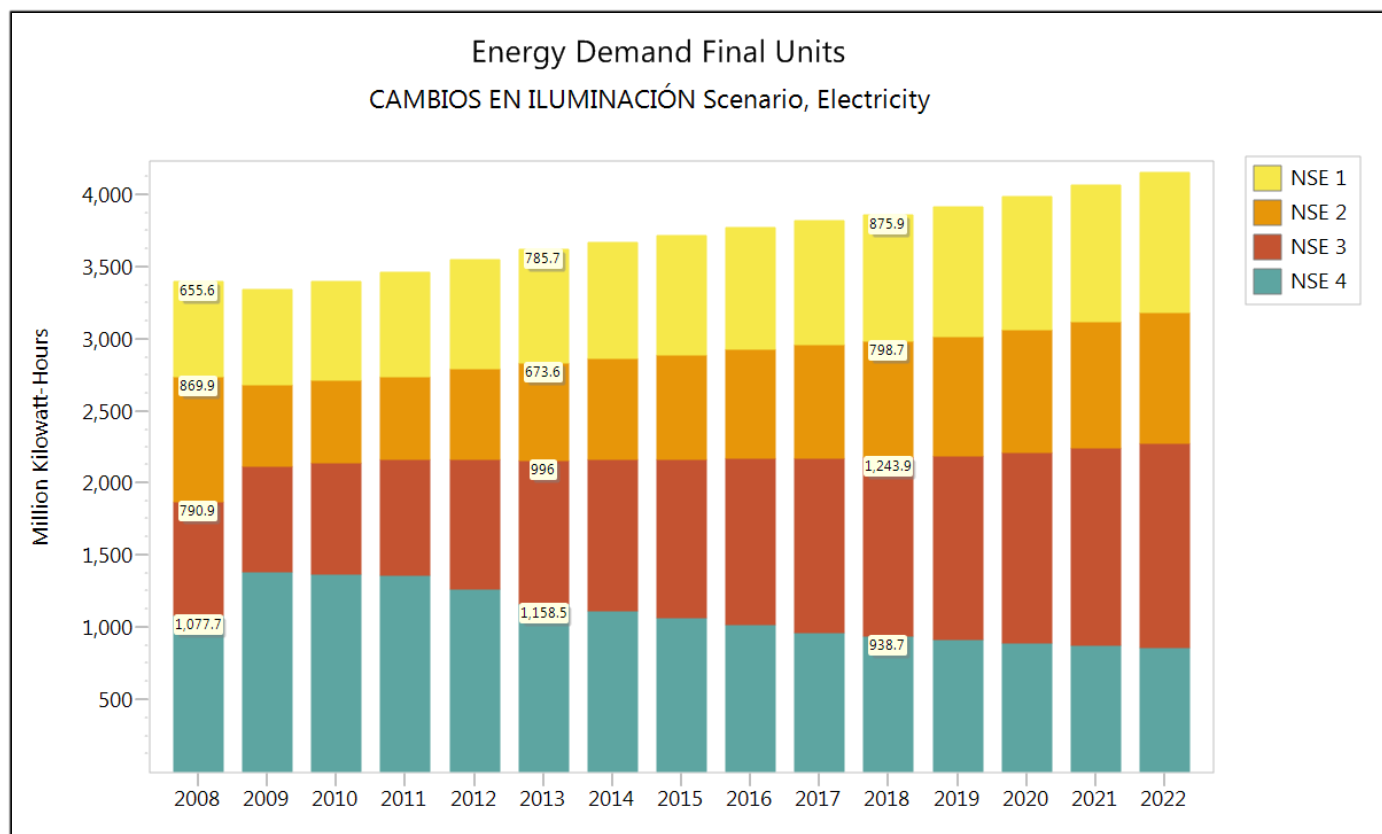
	NSE 1	NSE 2	NSE 3	NSE 4
Intensidad	233	120	92	85

Esto representa cuánto gasta en promedio una vivienda al año en electricidad por el uso de sus ampollas eficientes.

La penetración de tubos fluorescentes, dicróicos y ampollas LED se mantuvieron constantes debido a falta de información para desarrollar estimaciones de cambios en penetración o intensidad.

A continuación se presentarán las diferencias en el consumo de este escenario con los cambios en iluminación y las comparaciones con el escenario de referencia. En primer lugar se muestra en la Figura 7.4 el consumo eléctrico, diferenciado según NSE, luego de las implementaciones en iluminación.





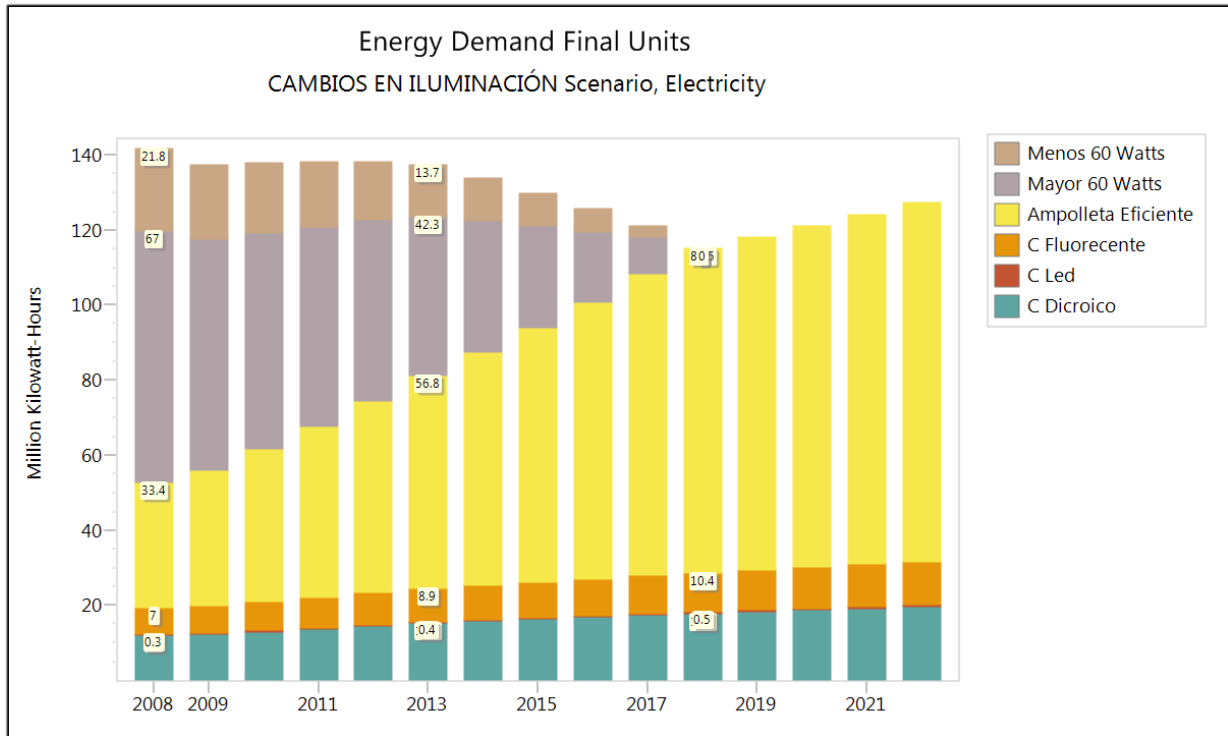
**Figura 7.4:** Consumo Eléctrico según nivel socioeconómico.

Se puede apreciar que para este escenario las proyecciones de electricidad para el año 2022 se ven disminuidas en comparación con el escenario de referencia. Producto de los cambios introducidos en la penetración de ampolletas más eficientes y el desuso de las ampolletas incandescente. En el escenario de referencia las proyecciones de demanda eléctrica para el año 2022 alcanzan los 4.630.382.800 [kWh] demandados. En cambio, en el nuevo escenario las cifras de consumo eléctrico para el año 2022 llegan a 4.147.035.250 [kWh/año]. Lo que muestra una reducción de 483.347.550 [kWh/año] para el año 2022.

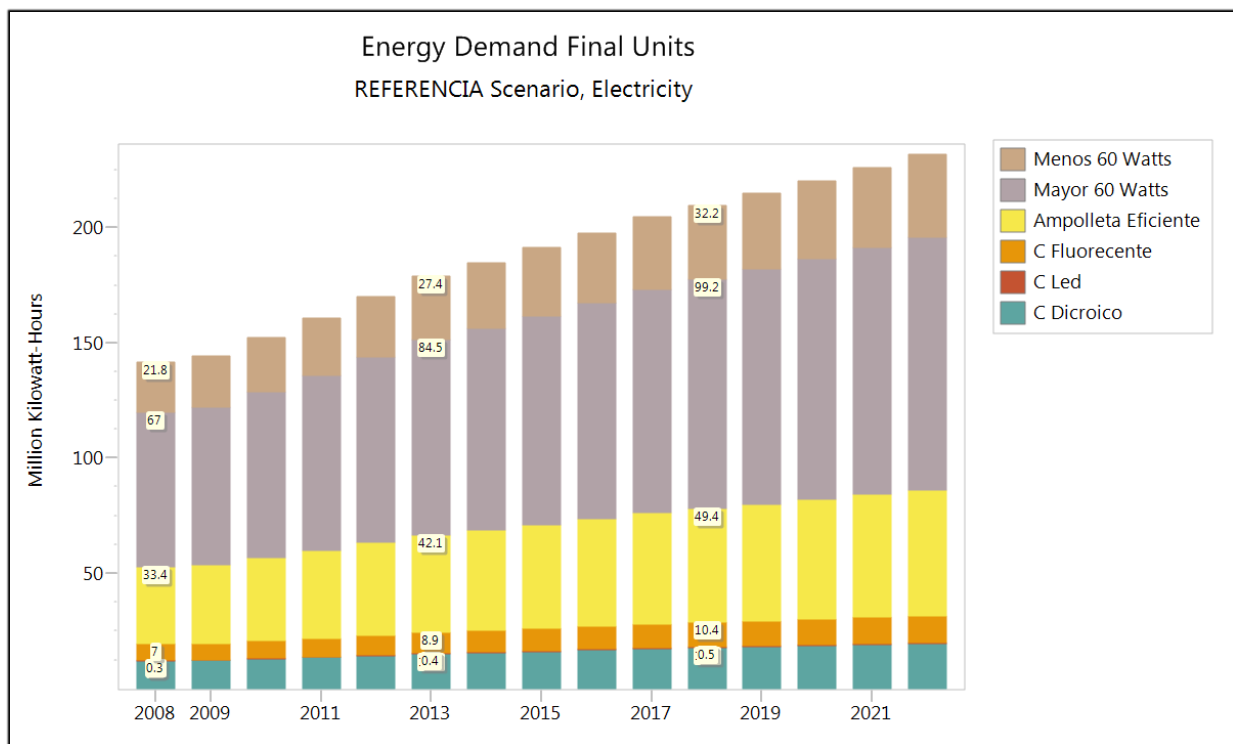
Al comparar esta disminución en electricidad respecto del consumo total de todos los energéticos, se puede ver que esta disminución representa un 2,84% con respecto al consumo energético proyectado al año 2022 en el escenario de referencia.

Al analizar la reducción año a año, se puede apreciar una reducción total de 4.020.448.590 [kWh/año] en consumo de electricidad a lo largo de todo el periodo 2008-2022, en comparación con el escenario de referencia.

El impacto dentro del NSE 1 se puede apreciar en las siguientes figuras, donde se compara el escenario de referencia con el escenario con mejoras en iluminación.



**Figura 7.5:** Cambios en iluminación reflejados en el NSE 1.



**Figura 7.6:** Consumo eléctrico del NSE 1 en el escenario de referencia.

Aquí se aprecia claramente la disminución de las ampollas incandescentes y el aumento de las ampollas eficientes, lo que genera la disminución del consumo energético final. Se puede ver como a medida que se va realizando la transición el consumo va descendiendo, hasta el año 2018 cuando ya se reemplazan todas las ampollas incandescentes y el consumo comienza a subir. Para los NSE 2,3 y 4 los resultados son similares por lo que no serán explicados en detalle. Sin embargo en el Anexo, en las Figuras 9.1 a 9.6 se muestran las gráficas para estos niveles.

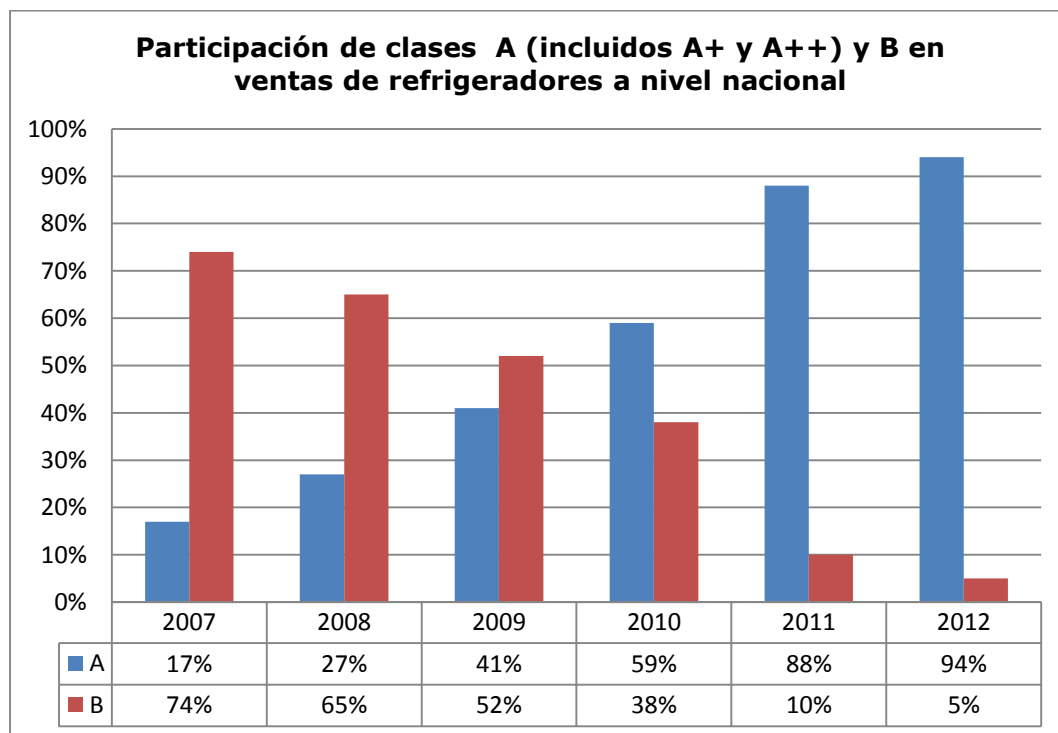
En la sección siguiente se desarrollará un nuevo escenario, pero donde las mejoras se focalizaran en la refrigeración.

## 7.5 Escenario 2: Cambios en la Refrigeración

Para elaborar este escenario, que pretende capturar la tendencia de cambio en el consumo energético generado por la refrigeración en los hogares, se utilizaron datos obtenidos del "Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de la República de Chile" (Ministerio de Energía, 2014).

En este informe se muestran datos sobre los cambios que ha experimentado la participación de refrigeradores de clase A (A, A+, A++) y los de clase B. Los cuales son expuestos en la Figura 7.7, obtenido de información de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, Gobierno de Chile.

Si bien los datos muestran la participación de las ventas de todo Chile y no de la Región Metropolitana, esta información puede ayudar a entender como está cambiando este mercado y por lo tanto en esta sección se asume que en la Región Metropolitana la evolución ha seguido una ruta similar.



**Figura 7.7:** Evolución de la participación de las clases A y B en las ventas de Refrigeradores.

De la figura se puede apreciar cómo ha cambiado la tendencia de ventas de refrigeradores, en donde la participación conjunta de las clases A y B ha tenido un aumento, pasando de cerca de un 90% en el año 2007 a un 99% de la participación en el año 2012.

Se observa también que durante el periodo 2007 a 2012 la participación de la clase B ha sufrido una notable disminución, mientras que la clase A aumento hasta alcanzar un 94% para el final de este periodo.

En particular en el año 2008 las participaciones de las clases A y B eran relativamente similares, año que se utiliza como base en este modelo, pero luego hacia el año 2012 la participación de la clase B se reduce significativamente llegando a cerca de un 5% de la venta de refrigeradores.

Por lo tanto, como la eficiencia de los refrigeradores ha ido en mejoría luego de que se tomó la encuesta que se utiliza en esta memoria, se puede suponer que las intensidades promedio obtenidas a través de la encuesta debiesen disminuir significativamente a lo largo del tiempo. Las intensidades promedio en el año 2008, para el sector residencial de la Región Metropolitana en refrigeración según cada nivel socioeconómico se presentan a continuación en la Tabla 7.15.

**Tabla 7.15:** Intensidades promedio en refrigeración por vivienda según nivel socioeconómico

		INTENSIDAD EN REFRIGERACION [kWh/año]	
		Refrigerador	Freezer
NSE	1	609	266
NSE	2	545	266
NSE	3	549	257
NSE	4	528	304

Por otro lado, según el Manual de Etiquetado energético desarrollado por el *Programa País: Eficiencia Energética*, un refrigerador de clase A tiene un consumo similar a 350 kWh por año, mientras que uno de clase B posee un consumo más o menos de 550 kWh por año. Si se combina los datos sobre la evolución de la participación de los refrigeradores y los consumos aproximados de las clases A y B, entonces es posible estimar el consumo anual eléctrico promedio de los nuevos refrigeradores que se venden cada año. Este resultado se muestra en la Tabla 7.16.

**Tabla 7.16:** Consumo anual promedio de los refrigeradores nuevos

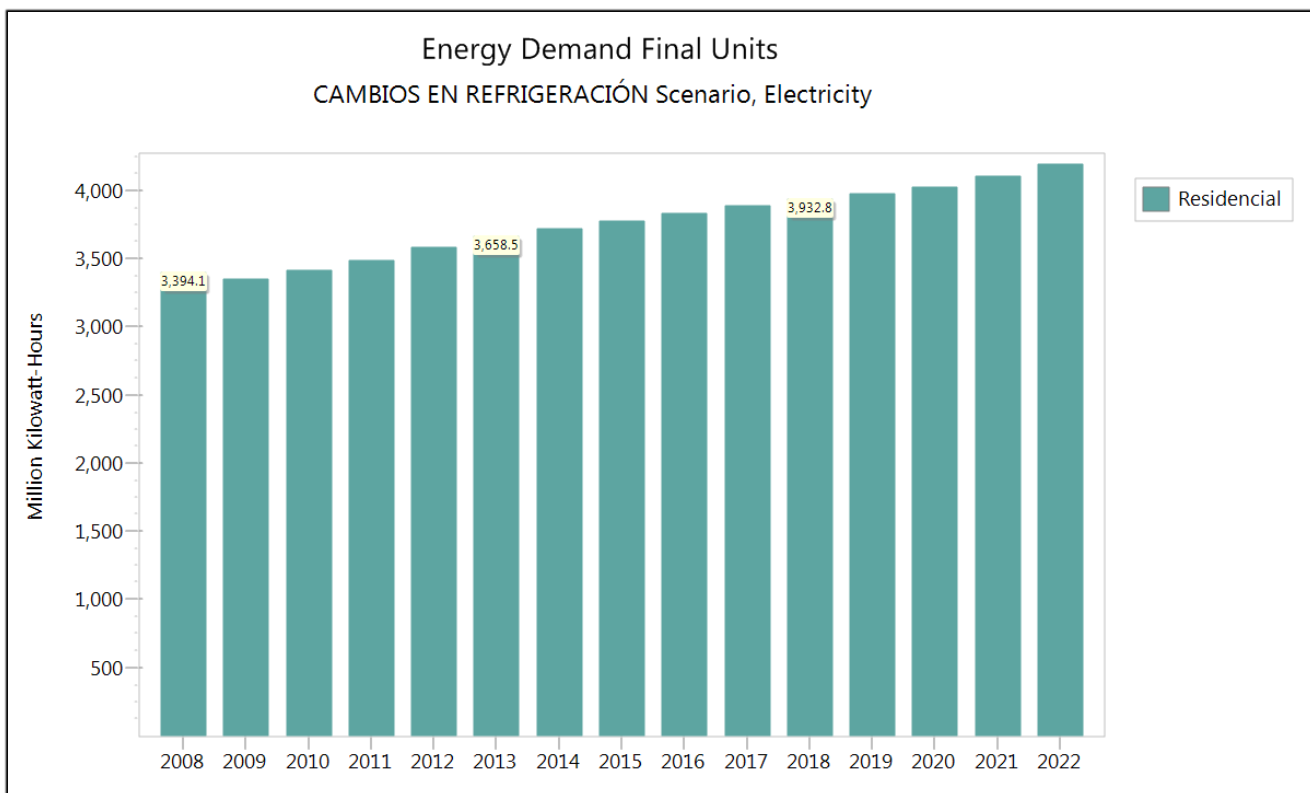
Consumo Promedio refrigeradores nuevos [kWh/año]		
2010	2011	2012
407	363	351

Además las ventas de refrigeradores reportadas para Chile en el año 2010 son cercanas a 450.000, por lo tanto si se considera que estas ventas se distribuyen de forma equitativa a lo largo de Chile entonces la Región Metropolitana debiese contener un 42,5% de las ventas, es decir 191.250 ventas de refrigeradores.

La vida útil de un refrigerador es de alrededor de 6 a 7 años, luego se tiene que para el año 2020 ya se habrán renovado prácticamente todos los refrigeradores, y por lo tanto, al menos el 94% de estos serán de tipo A. Lo que significa que un buen supuesto sería que para el año 2020 la intensidad anual de los refrigeradores sería aproximadamente de 350 [kWh/año], en especial para el caso del nivel socioeconómico 1 se fijó la intensidad en 400 [kWh/año] debido a que en general utilizan refrigeradores de mayor volumen. Además se supone que para el año 2015 el refrigerador alcanzará una penetración del 100% en todos los niveles socioeconómicos (para el año 2008 el nivel socioeconómico 4 tenía una penetración del 95%, la más baja de los 4 niveles).

Con respecto a los freezer no se cuenta con la información suficiente, por lo que se dejaron las intensidades y penetraciones constantes a lo largo de este escenario.

A continuación se muestran los resultados de incorporar la renovación de los refrigeradores para el año 2020.

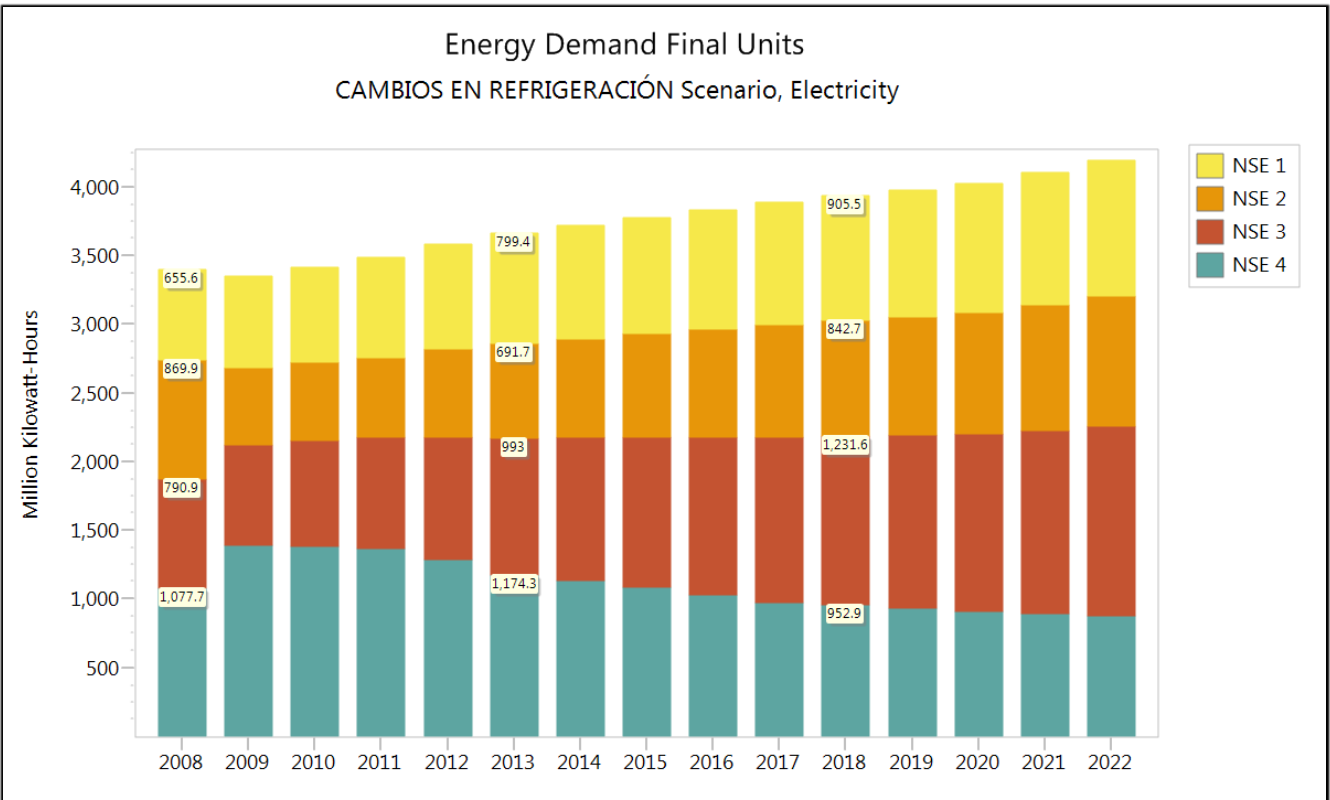


**Figura 7.8:** Demanda eléctrica luego de cambios en la refrigeración

De la Figura 7.8 se puede observar que el consumo eléctrico en este escenario, aumento desde 3.487.606.3490 [kWh/año] en el año 2008, a 4.188.996.060 [kWh/año] para el año 2022. Si se compara con el escenario de referencia, donde las proyecciones de demanda eléctrica para el año 2022 alcanzan los 4.630.382.800 kWh, se puede apreciar una reducción de 441.386.748 [kWh/año] de electricidad. Por lo que el nuevo escenario refleja una disminución de un 9,53% con respecto a las proyecciones de electricidad del escenario de referencia para el año 2022.

Si se analiza la reducción acumulada generada año a año por la renovación de refrigeradores hacia tecnologías más eficientes, para el final del periodo se alcanza un ahorro de 3.367.457.031 [kWh/año]. Lo que equivale aproximadamente a lo que el sector residencial de la Región Metropolitana consume en un año en electricidad.

A continuación en la Figura 7.9 se muestran los resultados del consumo energético en el escenario con mejoras en refrigeración, desagregado por los distintos niveles socioeconómicos.



**Figura 7.9:** Demanda eléctrica estratificada según nivel socioeconómico.

Aquí se puede apreciar como la tendencia la marca la evolución de la participación de las diferentes clases, donde la forma de la gráfica es muy similar a la del escenario de referencia, influenciada al comienzo por la crisis del 2008.



## 7.6 Escenario 3: Cambios en las lavadoras

Para el Censo de 1992 se estimaba que el número de hogares que poseían lavadoras en Chile era del orden de 1.586.064 viviendas, lo que representaba tan solo un 48,15% del número total de viviendas. Luego para el Censo de 2002 este número aumentó casi 3.262.005 de viviendas con lavadoras, representando un 78,77% del universo de hogares.

Finalmente para el año 2008 se obtuvo, mediante el "*Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile*" (Ministerio de Energía, 2010), que el número estimado de lavadoras solo en la Región Metropolitana para ese año era de casi 1.776.590, alcanzando un 93,38%. Lo que refleja el fuerte aumento que se ha observado a lo largo de los últimos años en este ítem. A partir de la encuesta que se realizó en el estudio antes mencionado se pudo apreciar las tasas de penetración que poseen los artefactos domésticos dentro de los hogares de cada nivel socioeconómico dentro de la región. Estas se presentan en la Tabla 7.17.

**Tabla 7.17:** Tasas de penetración de los artefactos domésticos según nivel socioeconómico en la R.M

		PENETRACIÓN EN ARTEFACTOS DOMÉSTICOS					
		Carga Superior	Carga Frontal	Lavavajilla	Secadora de Ropa	Plancha	Aspiradora
NSE	1	78.22%	12.61%	19.71%	51.12%	91.75%	88.20%
NSE	2	88.91%	2.73%	7.32%	28.61%	97.95%	73.99%
NSE	3	90.05%	5.88%	0.96%	13.76%	92.28%	51.86%
NSE	4	84.27%	9.41%	3.82%	12.81%	88.37%	28.92%

En particular la penetración de las lavadoras (carga superior y frontal) aumenta a medida que se baja en los niveles socioeconómicos, con excepción del niveles socioeconómico 3 en donde la penetración aumenta levemente en comparación con el nivel 4. Esto podría deberse a que algunos edificios cuentan con lavanderías o que quizás en las viviendas unipersonales la gente suele llevar su ropa a lavar. En la Tabla 7.18 se aprecia la diferencia mencionada.

**Tabla 7.18:** Penetración conjunta de lavadoras de carga superior e inferior en la R.M

Penetración de lavadoras		
NSE	1	90.83%
NSE	2	91.64%
NSE	3	95.93%
NSE	4	93.68%

En este escenario se supone un aumento del número de lavadoras de carga frontal, y por consiguiente también se estima una disminución de los modelos de carga superior para estos niveles.

Como las lavadoras de carga frontal son un bien de consumo costoso, se asumirá que la transición es más fuerte en los niveles socioeconómicos más altos, en particular se enfocará principalmente en el nivel socioeconómico 1, puesto que este es el que al 2008 tenía una mayor penetración de lavadoras de carga frontal y es donde se debería esperar que el cambio fuera más brusco.

Además las lavadoras de carga frontal tienden a utilizar un mayor volumen en la vivienda, por lo que esto retrasaría la incorporación de lavadoras de carga frontal por parte de los niveles socioeconómicos más bajos. Sin embargo, al observar las tasas de penetración obtenidas de las encuestas se puede apreciar que el NSE 4 posee una tasa de penetración de lavadoras de carga frontal de casi un 10%. Es por esto que se optó por mantener la tendencia aquí reflejada.

En la siguiente tabla se muestran las tasas de penetración que alcanzan las lavadoras de carga frontal y superior para el año 2022, asumidas en este escenario.

**Tabla 7.19:** Tasas de penetración asignadas a lavadoras de carga frontal y superior según nivel socioeconómico a finales del 2022

		Carga Superior	Carga Frontal
NSE	1	60%	30%
NSE	2	85%	10%
NSE	3	90%	7%
NSE	4	85%	10%

Como se puede apreciar el cambio a lavadoras de carga frontal se instauró principalmente en el NSE 1, además se observa que se mantuvo una penetración alta de este tipo de lavadoras en el NSE 4.

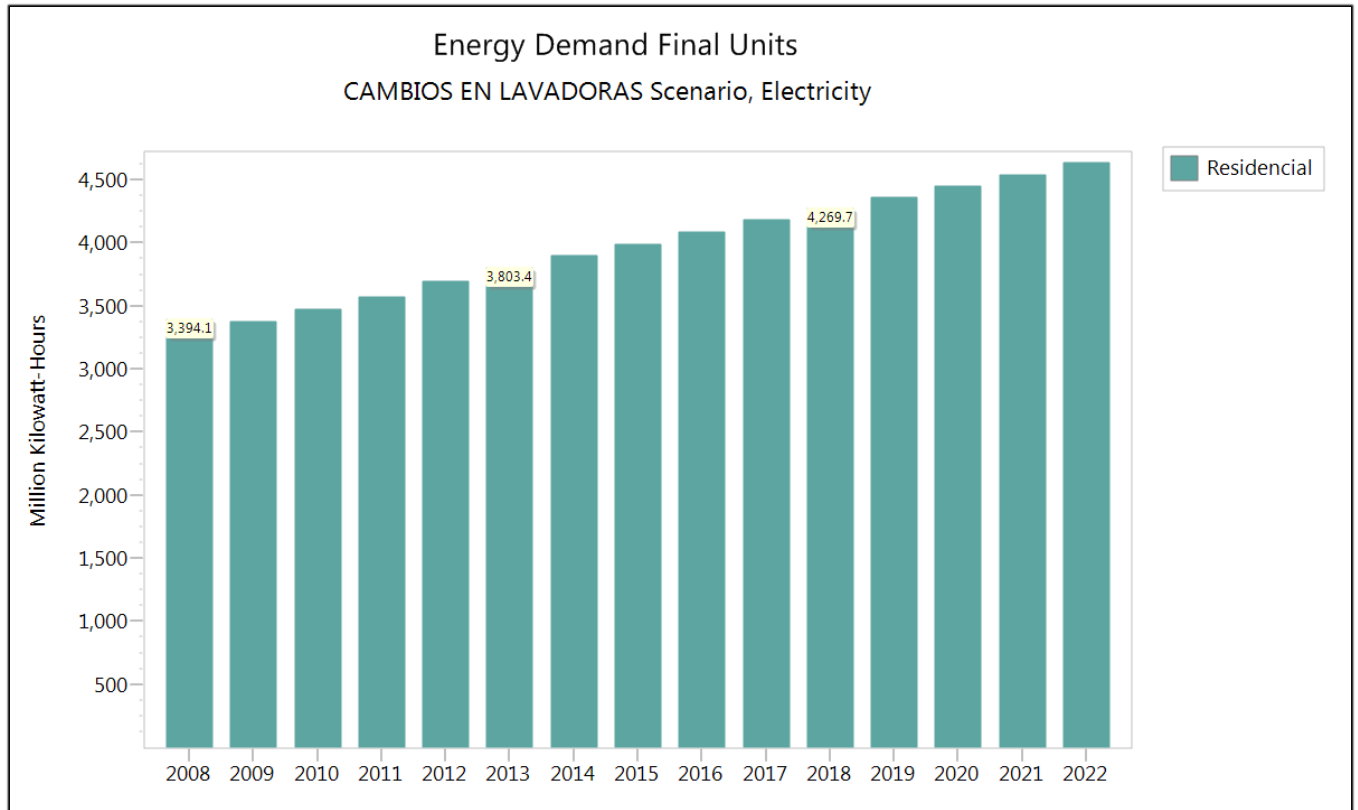
Es interesante destacar que las lavadoras de carga frontal poseen una mayor eficiencia que las de carga superior, esto se debe a que necesitan menos agua por cada carga de lavado, lo que sumado a que cerca del 90% de la energía consumida se utiliza en calentar el agua hace que las lavadoras de carga frontal sean más eficientes. En la Tabla 7.20 se muestra la comparación entre las intensidades de las lavadoras de carga frontal y las de carga superior para la Región Metropolitana.

**Tabla 7.20:** Comparación de intensidad entre lavadoras de carga superior y carga frontal [kWh/año]

		Carga Superior	Carga Frontal
NSE	1	154	57
NSE	2	98	118
NSE	3	82	77
NSE	4	83	101

Estas intensidades están ponderadas por la cantidad de uso que se les da a las lavadoras, es por eso que no siempre las lavadoras de carga frontal aparecerán con una intensidad menor.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del desarrollo de este escenario, mediante los supuestos ya mencionados.



**Figura 7.10:** Consumo eléctrico proyectado al 2022 de acuerdo a cambios en el uso de lavadoras.

De la figura se desprende que el consumo eléctrico aumento desde 3.394.092.570 [kWh/año] en el año 2008, a 4.623.933.930 [kWh/año] para el año 2022. Con respecto al escenario de referencia, en este las proyecciones de demanda eléctrica para el año 2022 alcanzan los 4.630.382.800 [kWh/año]. Lo cual es muy similar a lo obtenido incluyendo los cambios en la utilización de lavadoras, obteniéndose una disminución comparativa de solo 6.448.870 [kWh/año]. Por lo que podría decirse que la entrada de más lavadoras de carga frontal en el NSE 1, y la reducción de lavadoras de carga superior que ello conlleva, no logran bajas significativas en la demanda de la electricidad.

A continuación se analizara el comportamiento del NSE 1, puesto que el que sufre un cambio más drástico. Se analizará tanto en el escenario de referencia como en este escenario de cambios en las lavadoras, con el fin de comparar diferencias.

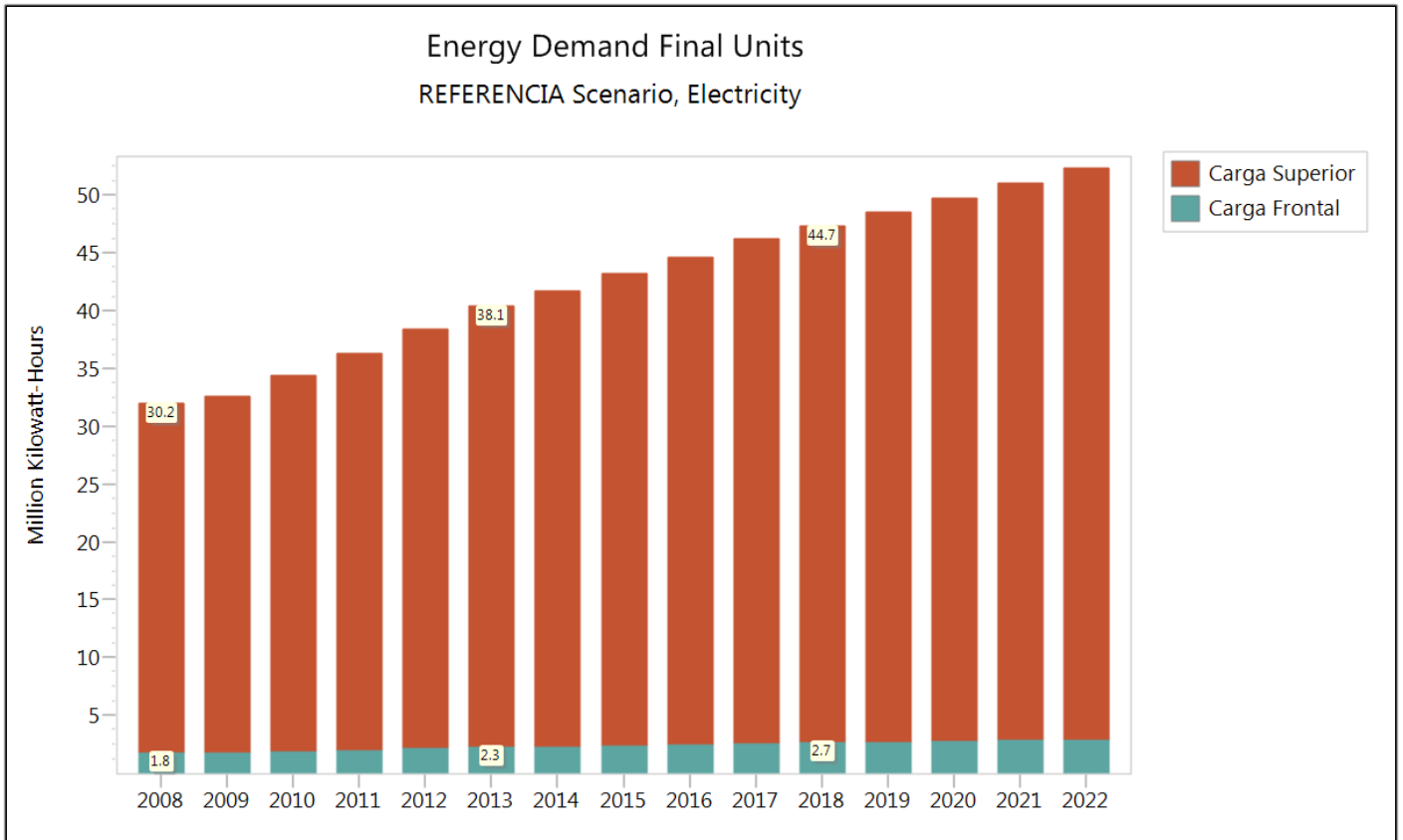
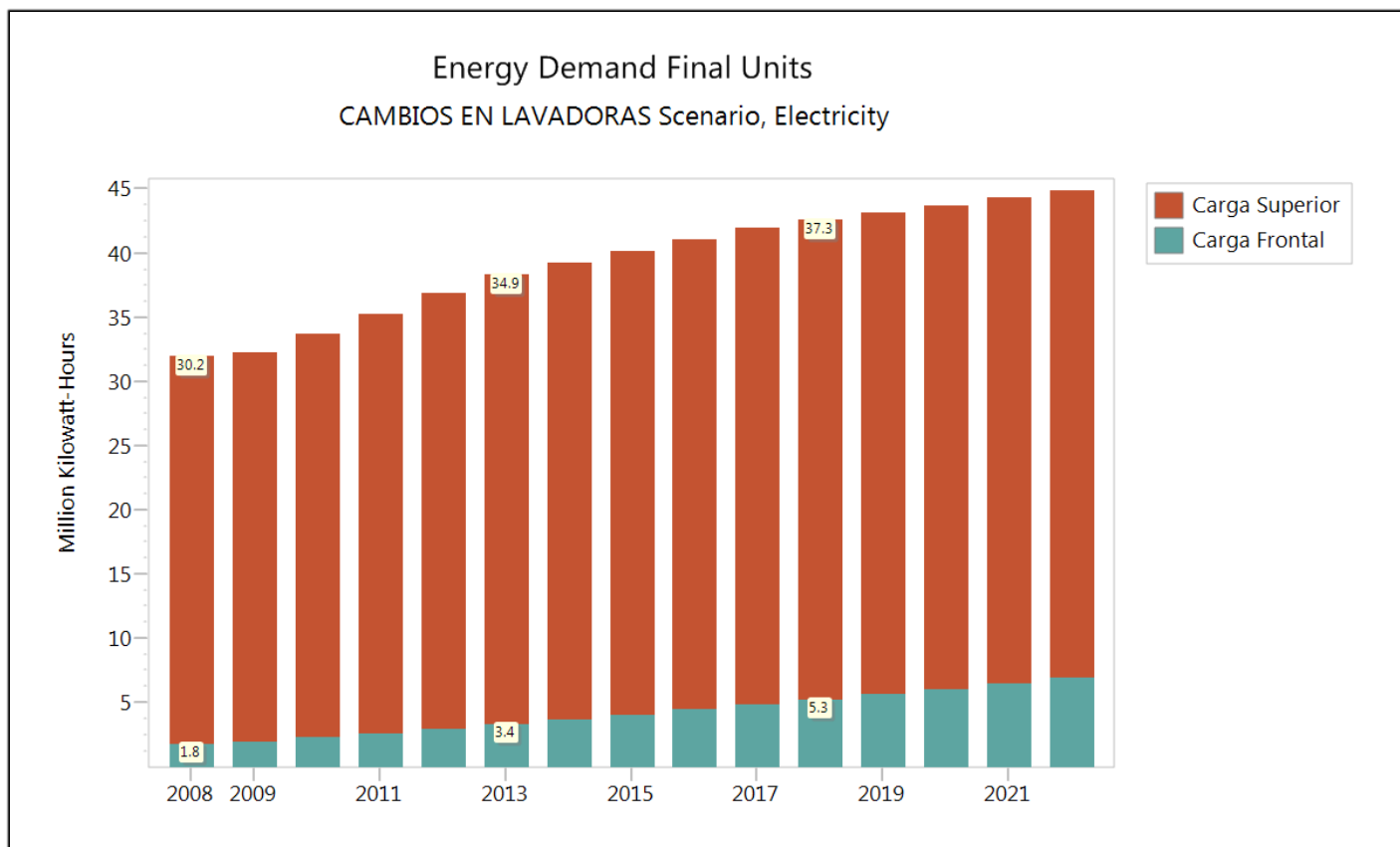


Figura 7.11: Consumo eléctrico de las lavadoras del NSE 1 en el escenario de referencia

Del escenario de referencia se puede ver que el consumo eléctrico de la lavadora de carga superior, al tener una intensidad mucho mayor que la de carga frontal, sufre aumentos mayores a lo largo del tiempo. Puesto que las penetraciones de ambas lavadoras se mantienen constantes en aquel escenario. Mientras que la electricidad consumida por las lavadoras de carga frontal aumentan levemente.

Cuando se compara con el escenario de cambios en las lavadoras, se puede observar que para el NSE 1 ahora las lavadoras de carga frontal van obteniendo una mayor participación, por lo que su consumo relativo aumenta. Como se aprecia en la figura 7.12.



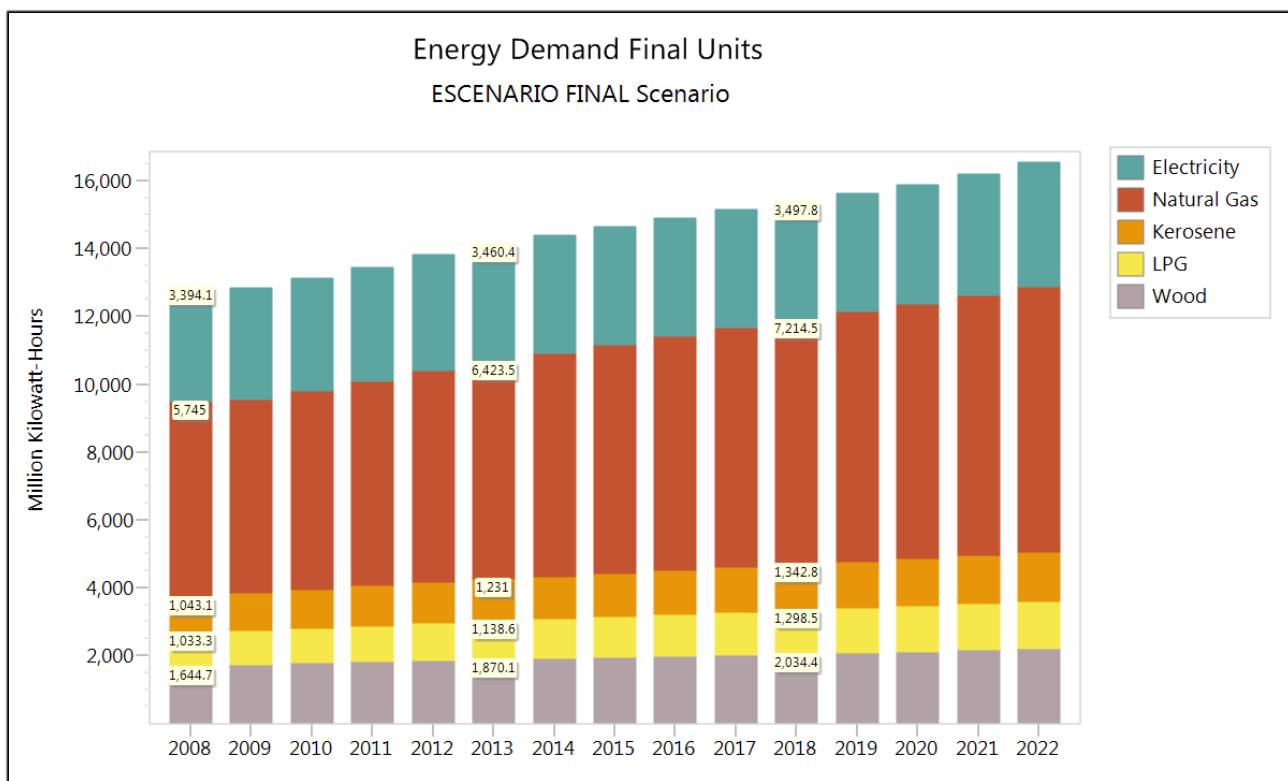
**Figura 7.12:** Consumo eléctrico de las lavadoras del NSE 1 en el escenario de cambios en la penetración de lavadoras

Además se puede ver que, si bien el consumo de las lavadoras de carga superior disminuye en comparación con el escenario de referencia para el año 2022. Esto se ve compensado con un aumento en el consumo eléctrico de las lavadoras de carga frontal, lo que termina aminorando el efecto de reducción de energía. Aun así, se pasa de un consumo de 52.306.600 [kWh/año] para el año 2022 en el escenario de referencia, a 44.870.580 [kWh/año] para el nuevo escenario en el mismo año. Lo que significaría una reducción comparativa de 7.436.020 [kWh/año], lo que es más que la reducción obtenida para toda la región, donde ya se vio más arriba que era de solo 6.448.870 [kWh/año]. Por lo que en el resto de los niveles socioeconómicos la reducción es muy baja, y en algunos casos se produce un aumento de consumo luego de los cambios implementados.

## 7.7 Escenario 4: Integración de los escenarios anteriores

En esta sección se incorporan en un mismo escenario los cambios en iluminación, refrigeración y también los cambios implementados en las lavadoras. Con el fin de evaluar los efectos conjuntos de estos cambios en un mismo escenario y compararlos con el escenario de referencia. Se espera que al analizar los cambios en conjunto se pueda apreciar una disminución significativa en el uso de electricidad de las viviendas de la Región Metropolitana.

En primer lugar se presenta la evolución del consumo anual de energía para todos los energéticos analizados en este estudio. Esto se puede ver a continuación.



**Figura 7.13:** Consumo energético para el escenario final, según tipo de energético.

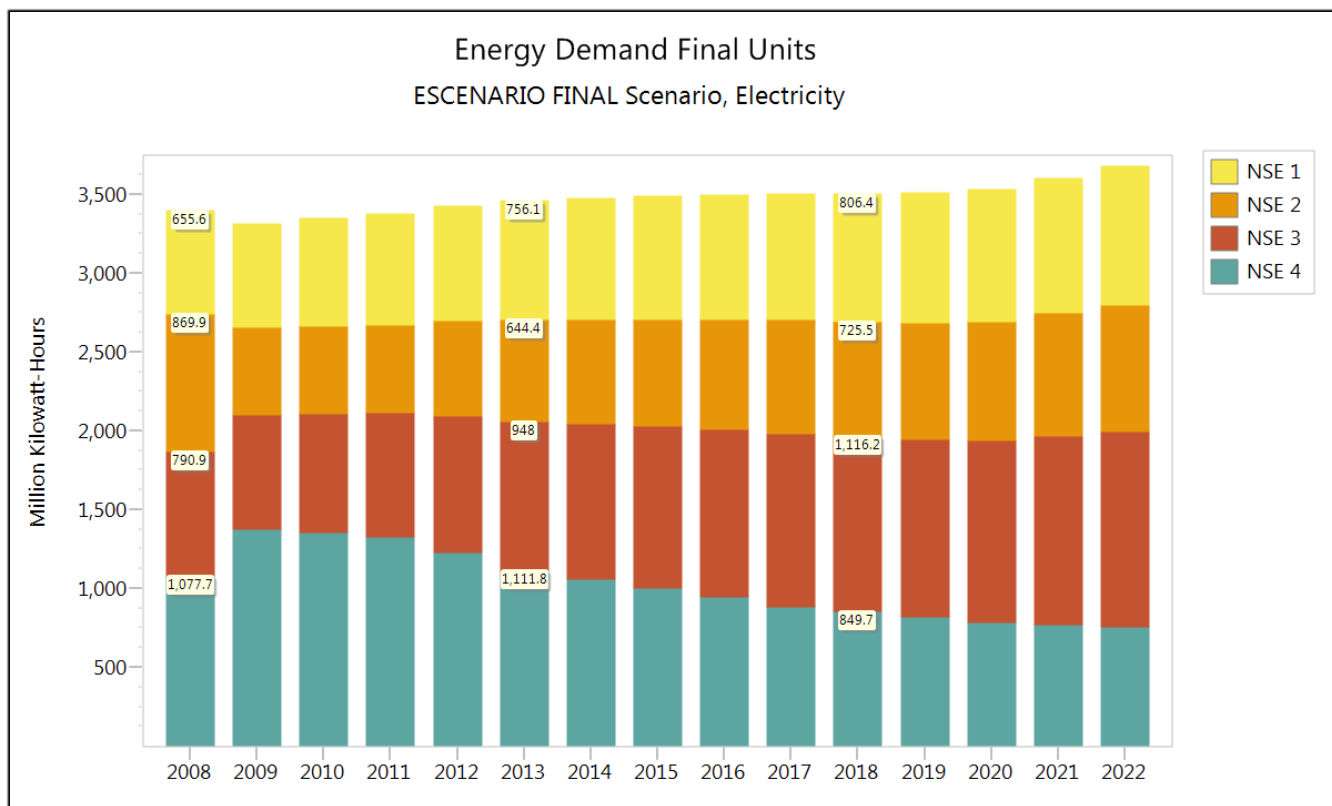
Al analizar la Figura 7.13 es posible percatarse de que para el año 2008 la energía eléctrica representaba un 26,39% del consumo energético total de la vivienda, sin embargo, al completar el periodo la electricidad representa solo un 22,2% del consumo energético anual. Lo que refleja que este tipo de mejoras pueden llegar a influenciar de manera significativa en el desacople entre la curva de crecimiento del PIB y la curva de consumo energético.

En particular el consumo energético anual para el año 2008, donde comienza el periodo de estudio, es de 12.860.128.170 [kWh/año]. Y para el año 2022 la demanda energética anual alcanza 16.531.944.110 [kWh/año]. Si se compara con el escenario de referencia, en este al finalizar el periodo su consumo energético anual alcanza los 17.488.581.500 [kWh/año]. Lo que muestra una disminución de 956.637.398 [KWh/año] para el año 2022.

Más aún, al analizar la reducción agregada de energía para todo el periodo de estudio se logra una reducción de 7.614.753.871[kWh], lo que representa más de la mitad del consumo energético anual para el año 2008.

El gas natural sigue siendo claramente el energético de mayor participación dentro del consumo residencial de la Región Metropolitana.

En la Figura 7.14 se puede observar como afectan las mejoras implementadas en los escenarios anteriores, la demanda de electricidad para el sector residencial y su distribución según los niveles socioeconómicos.



**Figura 7.14:** Demanda eléctrica según nivel socioeconómico

Lo primero que llama la atención es disminuye la tasa a la que aumenta el consumo eléctrico. Si en el escenario de referencia durante el periodo 2008-2022 el consumo aumentaba en un 36,42% en base al año 2008, para el escenario final este incremento es solo del 8,23%.



Donde la diferencia más grande la explican los NSE 1 y 2, donde en el escenario de referencia el NSE 1 tenía un aumento de un 63,42% en base al año 2008. Pero que en el escenario final tiene un incremento de solo un 33,34% en base a ese mismo año. Mientras que para el NSE 2, en el escenario de referencia existía un aumento de un 97,52% y en el escenario final este aumento es de solo un 56,51%.

## 7.8 Discusión de resultados

Luego de desarrollar el escenario de referencia y los distintos escenarios mediante cambios en la iluminación, refrigeración y en las lavadoras, es posible corroborar que una serie de políticas energéticas bien elaboradas e implementadas podrían llevar a una reducción considerable del consumo energético residencial. Como se aprecia en el escenario final, donde la energía eléctrica pasa de representar un 26,39% del consumo energético total de la vivienda en el año 2008, a representa solo un 22,2% del consumo energético anual para el año 2022.

El consumo residencial representa alrededor de un 76,9% del consumo total generado por el Comercio, el sector Público y el sector Residencial. A su vez que estos tres sectores demandan el 26% de la energía nacional consumida.

Por lo tanto, el sector residencial representa cerca de un 20% del consumo energético total del país. Lo que muestra la importancia de desarrollar políticas eficientes en este sector. Esto podría entregarle seguridad y confianza al sistema de oferta energética, puesto que al reducir la fuerte tendencia a la expansión que está presentando el consumo energético nacional, la generación de energía podría por fin hacerle frente y controlar las necesidades energéticas.

Por otro lado, para que Chile pueda cumplir el objetivo de alcanzar el desarrollo que poseen los países de la OCDE, primero es necesario que exista un desacople entre la producción del país y los incrementos en el consumo de energía.

Al desarrollar el ultimo escenario de la sección anterior, se hizo evidente como algunos cambios en la iluminación, refrigeración y en las lavadoras, pueden llevar a una disminución considerable en comparación con el escenario de referencia, donde este nuevo escenario representa una disminución del consumo de 956.637.398 [kWh/año] para el año 2022. Y de 7.614.753.871[kWh] a lo largo de todo el periodo de estudio. También permitieron corroborar la importancia de la refrigeración y la iluminación dentro del consumo de los hogares.

Si bien es cierto que los modelos presentados no representan una proyección real del consumo, si permiten hacerse una idea del poder y la importancia de la eficiencia energética en el sector residencial. Sin embargo, también permiten entender que las tecnologías evolucionan día a día, por lo que no siempre es fácil anticiparse a los aumentos de demanda energética o a los cambios de tecnología.

Es por esto que se debe mantener un monitoreo constante de la demanda energética que se está enfrentando, el nivel de eficiencia y como se desglosa ese consumo. Cosa de poder mantener las políticas alineadas con los objetivos de eficiencia energética.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial, Ministerio de Energía, 2010.
- [2] Análisis de consumo eléctrico en el corto, mediano y largo plazo, Informe Final Tomo I, Mercados Energéticos Consultores, 2014.
- [3] Análisis de consumo eléctrico en el corto, mediano y largo plazo, Informe Final Tomo II, Mercados Energéticos Consultores, 2014.
- [4] N. Romero, Consumo de energía a nivel residencial en Chile y análisis de eficiencia energética en calefacción, 2011.
- [5] Estrategia nacional de iluminación eficiente, Ministerio de Energía, 2012.
- [6] H. Sepúlveda, Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de la república de Chile, Ministerio de Energía, 2014.
- [7] Plan de acción de eficiencia energética 2020, Ministerio de Energía, 2013.
- [8] Manual del usuario para la versión 2004 de LEAP, Stockholm Environment Institute, 2004.
- [9] R. O`Ryan, Diseño de un modelo de proyección de demanda energética global nacional de largo plazo, Programa de Gestión y Economía Ambiental, Universidad de Chile, 2008.
- [10] M. Bennett y H. Pérez, Cambio de la matriz energética chilena en relación a la señal de precios, 2009.
- [11] Distribución y consumo energético en Chile, Instituto Nacional de Estadística, 2008.
- [12] Calificación energética de viviendas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2013.
- [13] Chile en perspectiva comparada con los países de la OCDE, Equipo Expansiva UDP, 2010.
- [14] Grupos socioeconómicos, Asociación Chilena de Empresas de Investigación de Mercado, 2008.
- [15] Radiografía a la demanda de electricidad en Chile, 2010.

## 9 ANEXOS

### CAPITULO 9: ANEXOS

En primer lugar se presentan las penetraciones e intensidad para los sistemas y aparatos estudiados, y según los niveles socioeconómicos desarrollados.

**Tabla 9.1:** Penetración en Iluminación según nivel socioeconómico

		PENETRACION EN ILUMINACION [%]					
		Menor 60W	Mayor 60W	Amp. Eficiente	C Fluorecente	C Led	C Dicroico
NSE	1	62.87%	67.48%	74.67%	48.39%	8.87%	27.00%
NSE	2	52.99%	62.53%	80.24%	45.90%	6.19%	12.41%
NSE	3	52.71%	60.98%	66.20%	43.99%	4.85%	5.31%
NSE	4	62.42%	65.61%	67.86%	40.20%	5.49%	8.86%

**Tabla 9.2:** Intensidad en Iluminación según nivel socioeconómico

		INTENSIDAD EN ILUMINACION [kWh/año]					
		Menor 60W	Mayor 60W	Amp. Eficiente	C Fluorecente	C Led	C Dicroico
NSE	1	138	396	178	58	14	177
NSE	2	104	345	85	40	5	95
NSE	3	85	261	74	47	8	43
NSE	4	84	266	50	47	9	60

**Tabla 9.3:** Penetración en Agua Caliente Sanitaria según nivel socioeconómico

		PENETRACION EN ACS [%]			
		Calefont	Caldera	Termo a Gas	Termo Eléctrico
NSE	1	80.09%	16.36%	0.00%	3.55%
NSE	2	86.42%	6.36%	0.00%	6.19%
NSE	3	96.11%	0.96%	0.00%	0.00%
NSE	4	82.98%	0.59%	0.00%	0.00%

**Tabla 9.4:** Intensidad en Agua Caliente Sanitaria según nivel socioeconómico

		INTENSIDAD EN ACS [kWh/año]			
		Calefont	Caldera	Termo a Gas	Termo Eléctrico
NSE	1	3504	3556	0	671
NSE	2	2500	1914	0	1112
NSE	3	2092	4611	0	0
NSE	4	1961	537	0	0

**Tabla 9.5:** Penetración en Climatización según nivel socioeconómico

		PENETRACION EN CLIMATIZACION [%]						
		Calef. Eléctrico	Calef. GLP	Calef. GN	Calef. Parafina	Calef. Leña	Calef. Pellet	Aire Acond
NSE	1	24.31%	59.43%	16.26%	37.55%	10.64%	0.00%	5.32%
NSE	2	29.33%	61.98%	18.97%	20.29%	6.77%	0.00%	1.08%
NSE	3	7.39%	41.05%	1.01%	43.27%	11.79%	0.00%	0.96%
NSE	4	9.89%	43.78%	1.77%	35.66%	14.29%	0.00%	0.00%

**Tabla 9.6:** Intensidad en Climatización según nivel socioeconómico

		INTENSIDAD EN CLIMATIZACION						
		Calef. Electrico	Calef. GLP	Calef. GN	Calef. Parafina	Calef. Leña	Calef. Pellet	Aire Acond
NSE	1	404	1194	2559	2745	5886	0	262
NSE	2	374	1003	1554	1148	10574	0	606
NSE	3	355	677	5248	1291	8343	0	609
NSE	4	314	711	1318	1580	6474	0	0

**Tabla 9.7:** Penetración en Cocción según nivel socioeconómico

		PENETRACION EN COCCION [%]							
		Hornillo Eléctrico	Horno Gas	Horno Eléctrico	Horno Leña	Cocina Gas	Cocina Leña	Microondas	Hervidor
NSE	1	48.59%	69.97%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	85.41%	82.16%
NSE	2	35.58%	62.93%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	81.26%	69.59%
NSE	3	17.70%	64.99%	0.00%	0.00%	98.99%	0.00%	79.51%	65.86%
NSE	4	24.25%	51.30%	0.00%	1.23%	99.41%	0.59%	50.45%	43.49%

**Tabla 9.8:** Intensidad en Cocción según nivel socioeconómico

		INTENSIDAD EN COCCION [kWh/año]							
		Hornillo Eléctrico	Horno Gas	Horno Eléctrico	Horno Leña	Cocina Gas	Cocina Leña	Microondas	Hervidor
NSE	1	92	338	0	0	1025	0	117	84
NSE	2	68	143	0	0	913	0	80	81
NSE	3	77	73	0	0	720	0	104	98
NSE	4	59	133	0	1329	685	2520	46	90

**Tabla 9.9:** Penetración en Refrigeración según nivel socioeconómico

		PENETRACION EN REFRIGERACION [%]	
		Refrigerador	Freezer
NSE	1	100.00%	14.39%
NSE	2	100.00%	12.25%
NSE	3	99.04%	3.96%
NSE	4	95.21%	11.05%

**Tabla 9.10:** Intensidad en Refrigeración según nivel socioeconómico

		INTENSIDAD EN REFRIGERACION [kWh/año]	
		Refrigerador	Freezer
NSE	1	609	266
NSE	2	545	266
NSE	3	549	257
NSE	4	528	304

**Tabla 9.11:** Penetración en Artefactos Domésticos según nivel socioeconómico

		PENETRACION EN ARTEFACTOS DOMESTICOS					
		Carga Superior	Carga Frontal	Lavavajilla	Secadora de Ropa	Plancha	Aspiradora
NSE	1	78.22%	12.61%	19.71%	51.12%	91.75%	88.20%
NSE	2	88.91%	2.73%	7.32%	28.61%	97.95%	73.99%
NSE	3	90.05%	5.88%	0.96%	13.76%	92.28%	51.86%
NSE	4	84.27%	9.41%	3.82%	12.81%	88.37%	28.92%

**Tabla 9.12:** Intensidad en Artefactos Domésticos según nivel socioeconómico

		INTENSIDAD EN ARTEFACTOS DOMESTICOS					
		Carga Superior	Carga Frontal	Lavavajilla	Secadora de Ropa	Plancha	Aspiradora
NSE	1	154	57	354	126	43	245
NSE	2	98	118	317	94	34	177
NSE	3	82	77	562	78	35	198
NSE	4	83	101	151	70	31	184

**Tabla 9.13:** Penetración en Entretenimiento según nivel socioeconómico

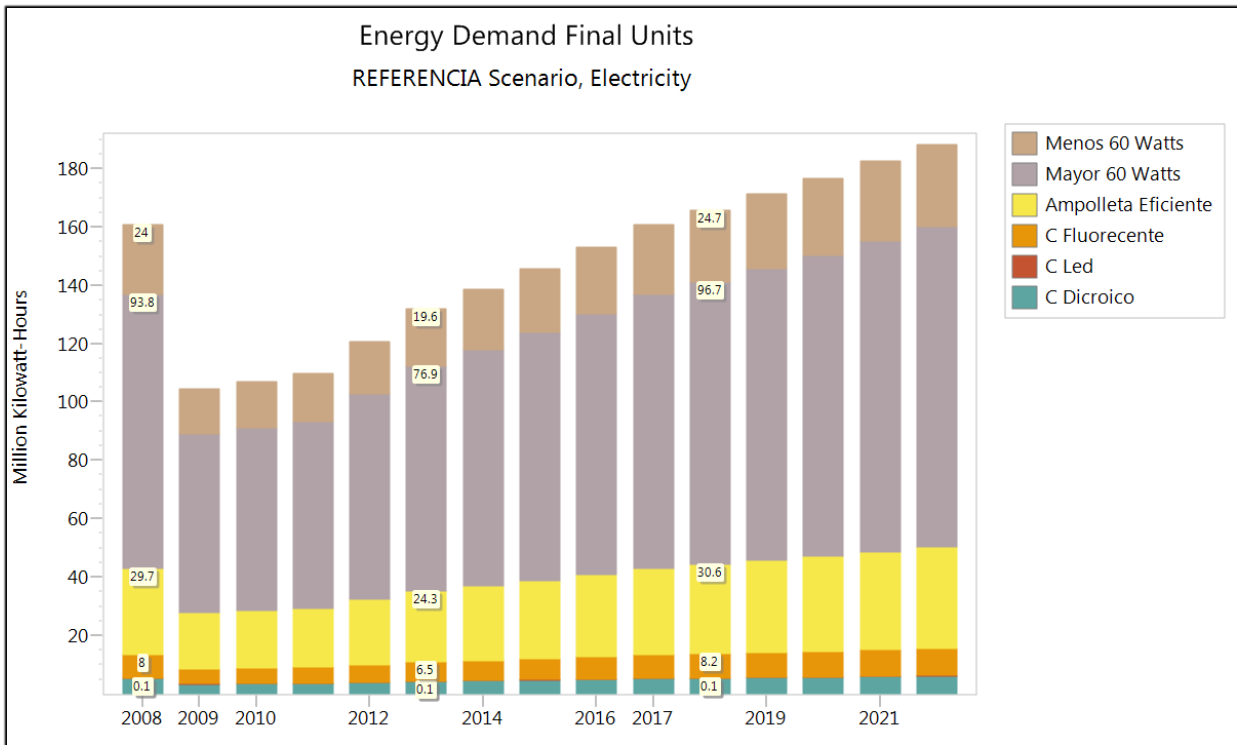
		PENETRACION EN ENTRETENCION				
		TV	DVD	Equipo de Música	Computador	Consola
NSE	1	100.00%	77.46%	87.48%	93.72%	34.59%
NSE	2	96.88%	70.86%	94.34%	81.78%	19.62%
NSE	3	100.00%	79.62%	96.06%	66.47%	40.42%
NSE	4	100.00%	57.21%	90.96%	49.99%	23.33%

**Tabla 9.14:** Intensidad en Entretenimiento según nivel socioeconómico

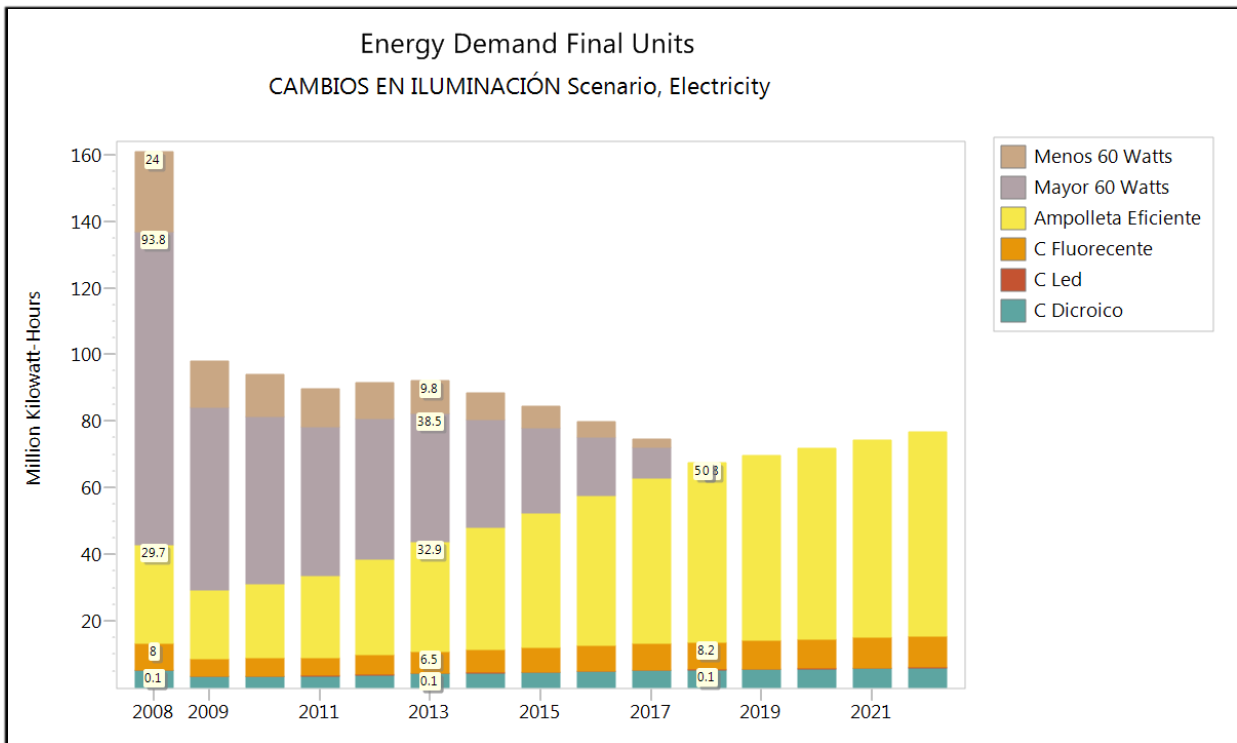
		PENETRACION EN ENTRETENCION				
		TV	DVD	Equipo de Música	Computador	Consola
NSE	1	244	4	38	267	16
NSE	2	223	5	46	187	10
NSE	3	301	5	50	149	14
NSE	4	222	5	51	106	13

A continuación se muestran los resultados obtenidos en los distintos escenarios que no fueron mostrados a lo largo de esta memoria, incluyendo algunos del escenario de referencia.

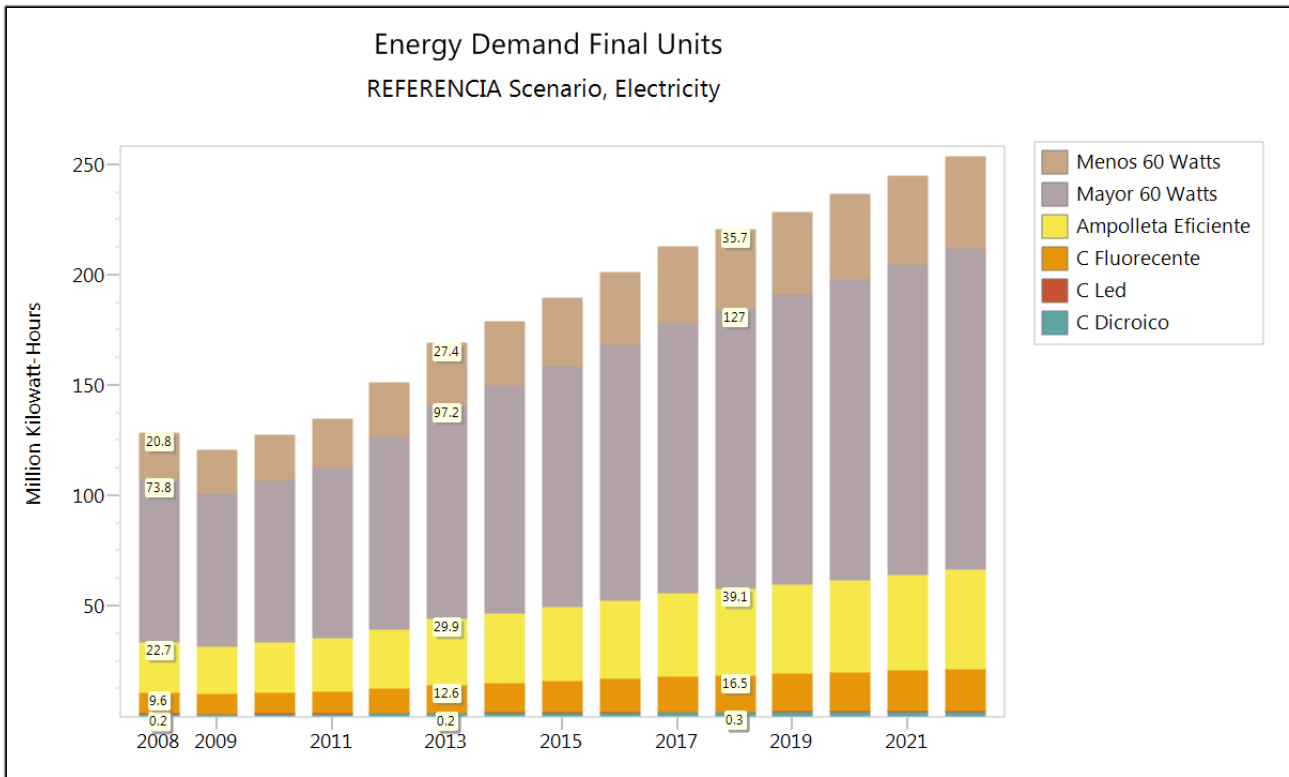




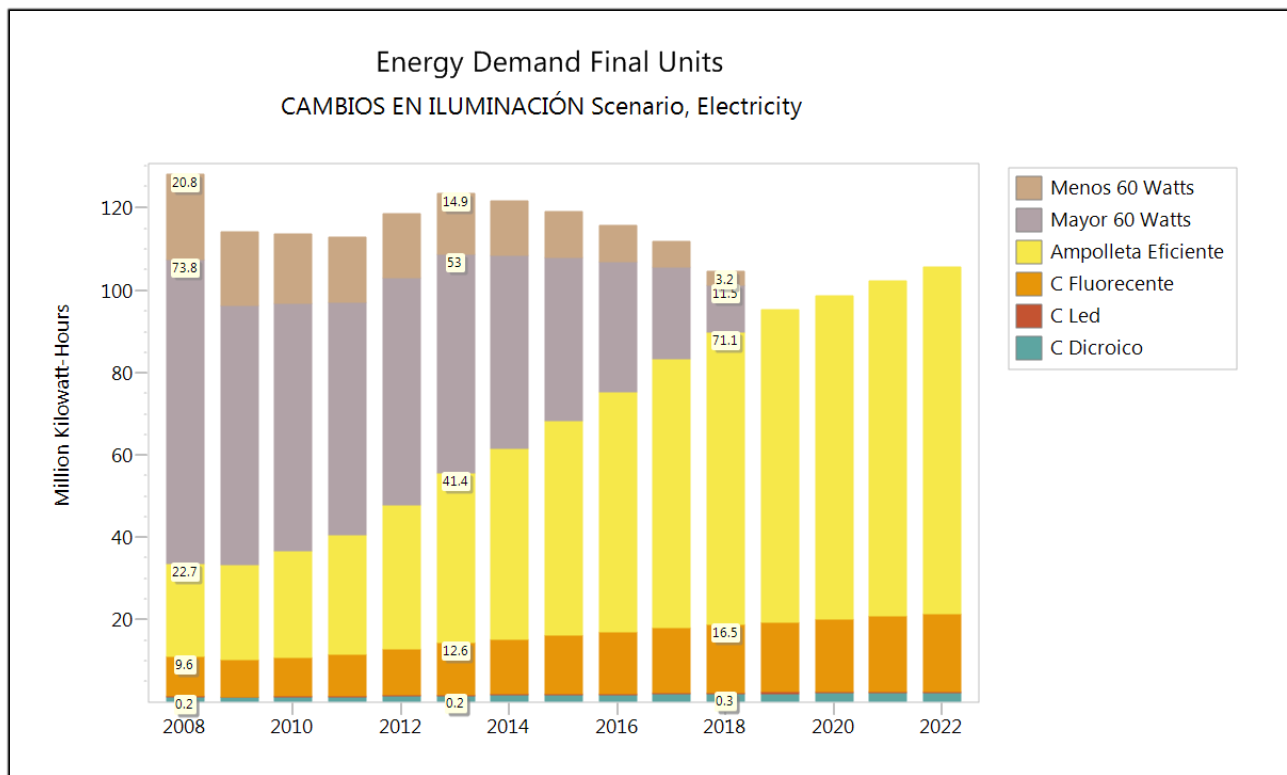
**Figura 9.1:** Evolución de la demanda eléctrica del NSE 2 en el escenario de referencia.



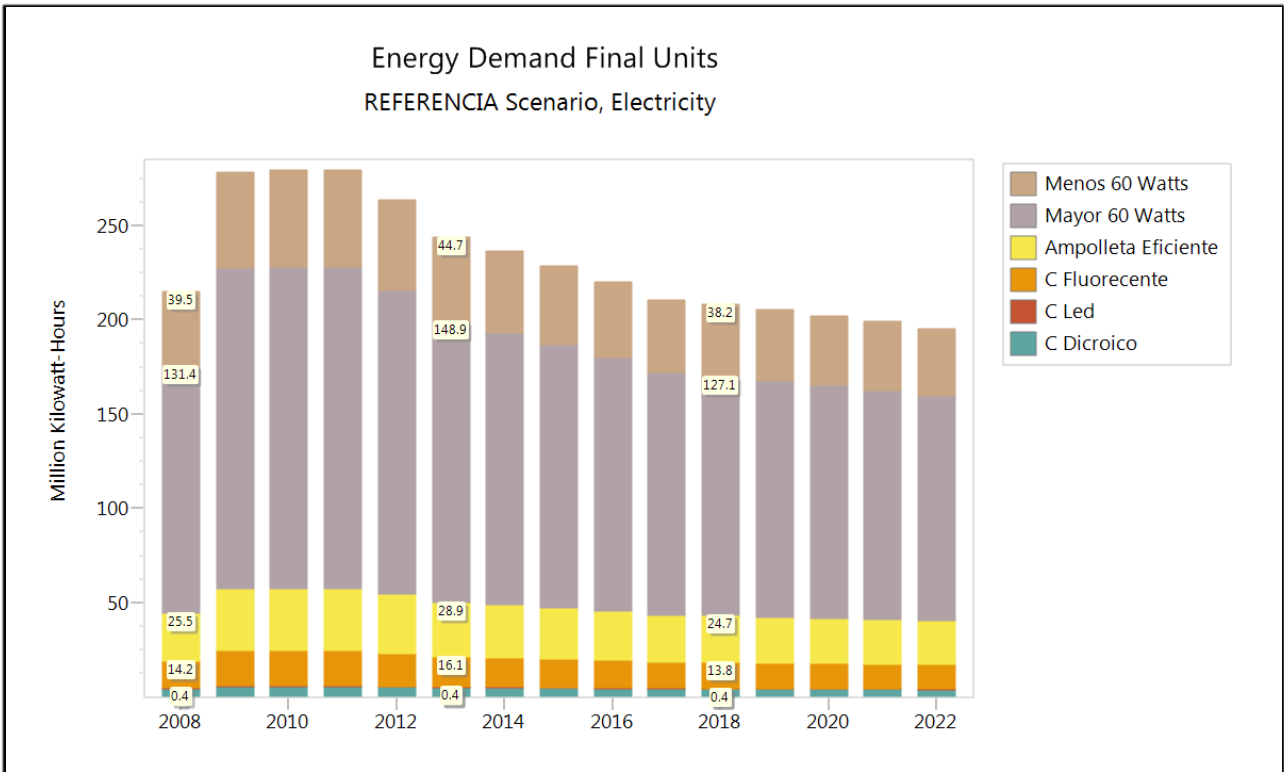
**Figura 9.2:** Evolución de la demanda eléctrica del NSE 2 en el escenario con cambios en iluminación.



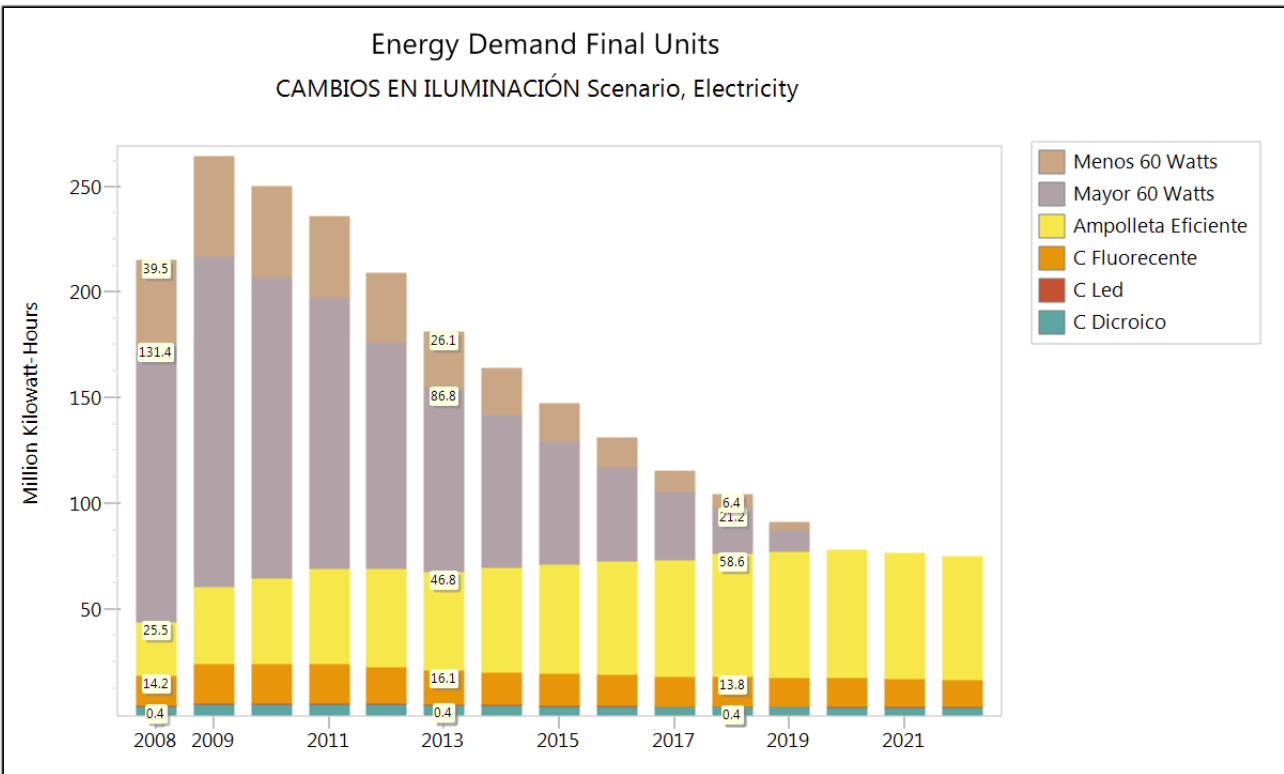
**Figura 9.3:** Evolución de la demanda eléctrica del NSE 3 en el escenario de referencia.



**Figura 9.4:** Evolución de la demanda eléctrica del NSE 3 en el escenario con cambios en iluminación.



**Figura 9.5:** Evolución de la demanda eléctrica del NSE 4 en el escenario de referencia.



**Figura 9.6:** Evolución de la demanda eléctrica del NSE 4 en el escenario con cambios en iluminación.

