

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Nº 4

MATERIA 4: PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Proyecto de investigación 4: Investigación para la prevención de la contaminación en edificaciones urbanas: rehabilitación, regeneración, autoconsumo de energía, generación de empleo verde y desarrollo de herramientas.

Objetivo 4: Análisis de necesidades y desarrollo de herramientas para la cuantificación de las emisiones de diferentes subsectores urbanos: residencial, sistema sanitario y sector terciario.

Subsector 1: Análisis en el ámbito residencial.

Desarrollo de un modelo de cálculo de gasto eléctrico teórico en los hogares españoles

Noviembre 2020

tiempo de actuar

Autores

Elaborado por Eva Arenas Pinilla, Roberto Barrella, Álvaro Cosín López-Medel, José Ignacio Linares Hurtado y José Carlos Romero Mora de la **Cátedra de Energía y Pobreza de la Universidad Pontificia** de Comillas con la coordinación y apoyo técnico de Cecilia Foronda Díez y Leire Díez Alzueta de **ECODES-Fundación Ecología y Desarrollo**

Titularidad y responsabilidad

El derecho de autor corresponde a los miembros del equipo investigador y redactor, los cuales deberán ser citados en cualquier uso que se haga del resultado de su trabajo.

Conforme a los usos de la comunidad científica, las conclusiones y puntos de vista reflejados en los informes y resultados son los de sus autores y no comprometen ni obligan en modo alguno a ECODES- Fundación Ecología y Desarrollo y a la Universidad Pontificia Comillas

Por tanto, cualquier cita o referencia que se haga de este documento deberá siempre mencionar explícitamente el

Edita: ECODES-Fundación Ecología y Desarrollo.

Fecha: Noviembre de 2020

ÍNDICE

ÍNDICE.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	7
2. MODELO DE GASTO TEÓRICO SIMPLIFICADO.....	8
2.1 MODELO DE GASTO MÍNIMO.....	9
2.1.1 COCINA.....	9
2.1.2 LAVADORA.....	10
2.1.3 FRIGORÍFICO.....	10
2.1.4 HORNO.....	11
2.1.5 ILUMINACIÓN.....	11
2.1.6 LAVAVAJILLAS.....	14
2.1.7 OTROS.....	14
2.1.8 CONSUMO MEDIO TOTAL SEGÚN EL MODELO DE GASTO MÍNIMO.....	15
2.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE GASTO TEÓRICO SIMPLIFICADO.....	17
2.2.1 COCINA.....	18
2.2.2 LAVADORA.....	20
2.2.3 SECADORA.....	21
2.2.4 FRIGORÍFICO.....	22
2.2.5 CONGELADOR.....	23
2.2.6 HORNO.....	23
2.2.7 ILUMINACIÓN.....	24
2.2.8 LAVAVAJILLAS.....	29
2.2.9 TELEVISIÓN.....	29
2.2.10 ORDENADOR.....	30
2.2.11 OTROS.....	31
2.2.12 STAND-BY.....	33
2.2.13 CONSUMO MEDIO POR HOGAR ESTIMADO POR EL MODELO TEÓRICO SIMPLIFICADO.....	34
2.3. COMPARACIÓN CON OTROS MODELOS/DATOS.....	36
2.3.1. COMPARACIÓN DEL MODELO TEÓRICO SIMPLIFICADO CON SECH-SPAHOUSEC.....	36
2.3.2. COMPARACIÓN DEL MODELO TEÓRICO SIMPLIFICADO CON EL MODELO DE ESCOBAR ET AL. 38	
2.3.3. COMPARACIÓN DEL MODELO DE GASTO TEÓRICO SIMPLIFICADO CON DATOS ESTADÍSTICOS OFICIALES.....	39
2.3.4. COMPARACIÓN DEL MODELO DE GASTO TEÓRICO SIMPLIFICADO CON EL MODELO DE GASTO MÍNIMO.41	
3. APLICACIÓN DEL MODELO SIMPLIFICADO A LA BASE DE DATOS DEL PROYECTO “NI UN HOGAR SIN ENERGÍA”.....	42
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	42
3.2 RESULTADOS OBTENIDOS.....	43
3.3 CONCLUSIONES.....	44
4. MODELO DE GASTO TEÓRICO AVANZADO.....	45
4.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	45

4.1.1	COCINA Y HORNO	46
4.1.2	LAVAVAJILLAS.....	47
4.1.3	LAVADORA	48
4.1.4	SECADORA	49
4.1.5	TELEVISIÓN	50
4.1.6	ORDENADOR	51
4.2	CONSUMO MEDIO POR HOGAR ESTIMADO POR EL MODELO AVANZADO.....	52
4.3	COMPARACIÓN CON OTROS MODELOS/DATOS.....	53
4.3.1	COMPARACIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE MIEMBROS DEL HOGAR	53
4.3.1.1	COCINA Y HORNO	53
4.3.1.2	LAVAVAJILLAS	54
4.3.1.3	LAVADORA.....	55
4.3.1.4	SECADORA	56
4.3.1.5	TELEVISIÓN	56
4.3.1.6	ORDENADOR.....	57
4.3.2	COMPARACIÓN DEL MODELO AVANZADO CON SECH-SPAHOUSEC	57
4.3.3	COMPARACIÓN DEL MODELO AVANZADO CON EL MODELO DE ESCOBAR ET AL.....	58
4.3.4	COMPARACIÓN DEL MODELO AVANZADO CON LOS DATOS DEL IEE	59
4.3.5	COMPARACIÓN DEL MODELO AVANZADO CON EL MODELO SIMPLIFICADO	59
4.3.6	COMPARACIÓN DEL MODELO AVANZADO CON EL MODELO MÍNIMO	60
5.	<u>APLICACIÓN DEL MODELO AVANZADO A LA BASE DE DATOS DEL PROYECTO “NI UN HOGAR SIN ENERGÍA”</u>	<u>61</u>
5.1	RESULTADOS OBTENIDOS.....	61
5.2	COMPARATIVA ENTRE LA APLICACIÓN A LA MUESTRA DE HOGARES DEL MODELO SIMPLIFICADO Y DEL AVANZADO.....	62
5.3	CONCLUSIONES	64
6.	<u>OBTENCIÓN DEL GASTO ELÉCTRICO A PARTIR DEL CONSUMO.....</u>	<u>65</u>
6.1	GASTO ELÉCTRICO TEÓRICO MEDIO ESTIMADO POR EL MODELO MÍNIMO	66
6.2	GASTO ELÉCTRICO TEÓRICO MEDIO ESTIMADO POR EL MODELO POR EL MODELO SIMPLIFICADO 66	
6.3	GASTO ELÉCTRICO TEÓRICO MEDIO ESTIMADO POR EL MODELO AVANZADO	67
7.	<u>RESUMEN Y CONCLUSIONES.....</u>	<u>68</u>
8.	<u>TRABAJO FUTURO</u>	<u>69</u>
9.	<u>NOMENCLATURA.....</u>	<u>70</u>
10.	<u>REFERENCIAS.....</u>	<u>70</u>

1. Introducción

Un uso eficiente de la energía en los hogares españoles es esencial para hacer frente al cambio climático y a la pobreza energética en nuestro país, dos de las dimensiones más importantes en el reto de la sostenibilidad global que afrontamos. Así mismo, la Constitución Española reconoce en su artículo 47 el derecho a gozar de una vivienda digna y adecuada y en el artículo 43.1 el derecho a la protección de la salud. Para poder salvaguardar esos derechos, es fundamental garantizar un nivel de suministro de energía adecuado, asequible y limpio en aras de cumplir, además, con el ODS 7 de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

Para elaborar estrategias y planes que permitan tanto garantizar esos derechos como afrontar la pobreza energética y el cambio climático, es necesario, tal y como indica la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética (EN) [1], profundizar en el conocimiento del consumo energético requerido por los hogares españoles atendiendo a variables como la tipología de vivienda, las características constructivas, el equipamiento para climatización, iluminación y agua caliente sanitaria, los aparatos electrodomésticos, la zona climática, las características socioeconómicas: número de ocupantes, edad, renta, etc.

Por tanto, es prioritario realizar una caracterización energética de los hogares españoles y el desarrollo de modelos de predicción del gasto energético en sus viviendas. En línea con este objetivo, en 2019 se realizó por parte de ECODES y la Cátedra de Energía y Pobreza de la Universidad Pontificia Comillas el estudio denominado “Caracterización del comportamiento energético en una muestra de hogares españoles” [2], subvencionado por el MITECO.

Utilizando la base de datos del programa «Ni un hogar sin energía», desarrollado por ECODES, y que recoge información sobre las características y usos de la energía de una muestra de hogares españoles, se obtuvo un modelo de demanda térmica que permite calcular el gasto térmico teórico (GTT), así como el requerido definido según la Estrategia Nacional (GTR). Respecto a la componente eléctrica del gasto energético, los datos facilitados en la muestra permitieron obtener correlaciones con las que poder realizar una estimación en función de parámetros de composición del hogar y superficie de la vivienda.

Sin embargo, se considera necesario realizar un modelo que, en paralelo al de gasto térmico teórico ya desarrollado, permita obtener el gasto eléctrico teórico (GELT) que, sumándolo al anterior, lleve a disponer del gasto energético teórico, que permitirá tener una referencia del gasto en el que debería incurrir un hogar para poder tener sus necesidades energéticas cubiertas.

Este estudio responde a ese objetivo y fue encargado por ECODES a la Cátedra de Energía y Pobreza de la Universidad Pontificia Comillas con el propósito de desarrollar un modelo que permita obtener el gasto eléctrico teórico en un hogar y utilizar los datos recabados bajo el proyecto «Ni un hogar sin energía» para realizar un análisis basado en el modelo.

Además, para remediar la situación de vulnerabilidad energética en la que se encuentran atrapados un porcentaje significativo de los hogares españoles (entre un 7.2% y un 16.9% en 2018, según los diferentes indicadores), la Estrategia Nacional contra la Pobreza energética plantea otras líneas de actuación. Concretamente, la línea 4 versa sobre la mejora de los mecanismos de subsidio existentes. Estos subsidios se dividen en la actualidad en dos: (1) un bono social eléctrico, que consiste en un descuento en la factura eléctrica en función del nivel de vulnerabilidad (25% normal y 40% severo) y que aplica a un determinado nivel de consumo en función de la tipología de unidad familiar; y (2) un bono

social térmico que, en este caso, se vehicula como una transferencia directa por una cuantía que depende de la zona climática.

El presente estudio se puede enmarcar también dentro de esta línea de actuación número 4, y más concretamente en la mejora del bono social eléctrico. Confiamos en que el análisis que aquí se desarrolla ayude a afinar el diseño de esta herramienta paliativa, reconvirtiéndola quizás en una garantía de suministro mínimo vital definida sobre la base del consumo teórico de los hogares.

1.1. Objetivos del proyecto

Así como el Código Técnico de la Edificación (CTE) [3] establece un estándar para definir la demanda térmica de una vivienda, y ha sido utilizado para desarrollar el modelo de gasto térmico ya citado, no existe tal estándar para la demanda eléctrica.

Por ello, el objetivo general del proyecto es la obtención de un modelo que permita calcular el gasto teórico que debería tener un hogar español para poder cubrir sus necesidades energéticas de carácter eléctrico, en función de los parámetros más representativos del mismo.

Se entiende como gasto eléctrico teórico el gasto en electricidad necesario para poder satisfacer las necesidades de un hogar derivadas de todos aquellos aparatos que funcionan con energía eléctrica. Quedan excluidos del estudio los destinados a calefacción/refrigeración o producción de ACS, aunque sean eléctricos, porque ya se incluyen en el modelo de gasto térmico. Se estarían considerando, por tanto, aparatos como lavadora, lavavajillas, horno, frigorífico, cocina, televisores, ordenadores, etc.

Los objetivos específicos del proyecto se pueden resumir en:

- Definición de consumo mínimo eléctrico y determinación de dispositivos básicos y tiempo de uso en función de características del hogar.
- Formulación del modelo de gasto eléctrico teórico a partir de las conclusiones del objetivo anterior.

Respecto al segundo objetivo, se ha trabajado en la formulación de dos modelos: un primer modelo que se ha denominado modelo simplificado y un segundo modelo que se denomina modelo avanzado, que se basa en la obtención de factores de uso de los distintos dispositivos a través de la Encuesta de Empleo de Tiempo (EET) del INE [4].

El procedimiento general para obtener los modelos ha sido similar: primero se ha trabajado en la definición del consumo eléctrico, cada uno a través de sus hipótesis correspondientes, para después, aplicando la tarifa regulada de PVPC, pasar al cálculo del gasto. Realmente todo el peso de los modelos radica en el estudio del consumo, porque el paso del consumo a gasto es inmediato a través de la tarifa. Además, la base de datos del programa “Ni un hogar sin energía” contiene precisamente ese dato de consumo, lo que permite compararlo con los resultados del modelo.

El informe se ha organizado de la siguiente forma: en el capítulo 2 se describe el modelo simplificado, empezando por un primer modelo que se ha denominado de gasto mínimo y siguiendo por un modelo más elaborado, que se ha denominado modelo de gasto teórico, aplicándose el modelo teórico simplificado a la muestra de hogares disponible en el capítulo 3 y describiendo las conclusiones obtenidas. En el capítulo 4 se describe el modelo que se ha denominado avanzado, que se basa en los perfiles de uso obtenidos en la EET pasando a aplicar el modelo a la muestra de hogares en el capítulo 5. En el capítulo 6 se indica cómo se obtendría el gasto eléctrico a partir de las estimaciones de los modelos de consumo y en el capítulo 7 se resumen las conclusiones más notables del trabajo realizado.

2. Modelo de Gasto Teórico simplificado

En este capítulo se comienza por un modelo inicial, que ha sido el punto de partida y que se ha denominado Modelo de Gasto Mínimo, para después pasar a describir el Modelo de Gasto Teórico simplificado, que extiende el primero y lo amplía. El primero de ellos está basado en el estudio del proyecto Reluce de ECODES-Endesa y tiene en cuenta las principales fuentes de consumo de energía eléctrica en los hogares. Su única variable de entrada es el número de ocupantes de la vivienda. A partir de este primer modelo se ha desarrollado un segundo, llamado Modelo de Gasto Teórico, que tiene en cuenta más fuentes de consumo para acercarnos de forma más precisa al consumo medio de los hogares. Para ello, se han utilizado datos estadísticos oficiales recientes, como el estudio SPAHOUSEC II del IDAE [5] o la Encuesta Continua de Hogares del INE [6]. Este segundo modelo tiene como variables de entrada el número de ocupantes y la superficie de la vivienda.

Ambos modelos son *bottom-up* y parten de la potencia de cada uno de los principales aparatos que consumen energía eléctrica. A partir de ahí se realizan una serie de hipótesis sobre el número de horas que se utilizan al día, semana o mes, y se utilizan factores de uso para reflejar el hecho de que el consumo aumenta cuando crece el número de ocupantes de un hogar. En el estudio de la iluminación, el modelo de gasto mínimo calcula el consumo eléctrico teniendo en cuenta los ocupantes de los hogares mediante el factor de uso, mientras que el modelo de gasto teórico tiene en cuenta también los metros cuadrados de los hogares.

Para el cálculo de la energía eléctrica consumida anualmente, se han separado los meses del año en dos grupos: meses de verano y meses de invierno. Esta división trata de reflejar las diferencias de temperatura y luz solar, al igual que el cambio de rutinas o de uso de aparatos que se producen durante ambos periodos del año. En ambos modelos (gasto teórico y gasto mínimo) se han tenido en cuenta cuatro meses de verano, de junio a septiembre, y ocho meses de invierno, de octubre a mayo, según establece el CTE [3].

Como se ha mencionado anteriormente, antes de realizar el cálculo del gasto, se formula un modelo de cálculo del consumo de energía eléctrica. En ambos modelos (mínimo y teórico) se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo del consumo eléctrico anual por cada electrodoméstico i ($C_{i,anual}$ [kWh]).

$$C_{i,anual} = C_{i,verano} \cdot 4 + C_{i,invierno} \cdot 8 \quad (2.1)$$

donde $C_{i,verano}$ es el consumo eléctrico durante cada mes de verano en kWh y $C_{i,invierno}$ durante cada mes de invierno (kWh), que se calculan de la siguiente manera:

$$C_{i,verano} = P_i \cdot f_{i,verano} \cdot FU_i(TH) \quad (2.2)$$

$$C_{i,invierno} = P_i \cdot f_{i,invierno} \cdot FU_i(TH) \quad (2.3)$$

donde P_i es la potencia del aparato o electrodoméstico i en kW, $f_{i,verano}$ y $f_{i,invierno}$ representan la frecuencia de uso del aparato o electrodoméstico i durante un mes de verano e invierno, respectivamente, en horas de uso al mes, y $FU_i(TH)$ es el factor de uso asociado a cada aparato o electrodoméstico i , que depende del tamaño del hogar (TH , medido por el número de miembros) y, o bien se obtiene a partir de las referencias [5] y [12] o se realizan hipótesis sobre él.

2.1 Modelo de Gasto Mínimo

Este modelo se ha basado en las hipótesis adoptadas por ECODES en su estudio realizado para el proyecto Reluce del cálculo de la energía eléctrica consumida por los hogares.

Se utilizan factores de uso (*Tabla 2.1*) para calcular el consumo de aquellos aparatos o dispositivos en los que se considera que les afecta la ocupación de los hogares y que se aplican en las Ecuaciones 2.2 y 2.3. Este factor pretende reflejar que cuantos más ocupantes tenga el hogar más energía eléctrica consumirán. De forma general para este primer modelo, se han supuesto factores de uso que aumentan el consumo un 10% por cada ocupante adicional. Para el lavavajillas, en concreto, se han supuesto factores de uso específicos.

Tabla 2.1: Factores de uso (FU) según el tamaño del hogar (número de miembros) para el modelo de gasto mínimo.

Tamaño hogar	Factor de uso (FU)	Factor de uso lavavajillas (FU)
1	1	1
2	1.1	2
3 o 4	1.2	3
Más de 4	1.3	4

Los aparatos que se incluyen en el modelo de gasto mínimo, con sus hipótesis respectivas, se detallan a continuación:

2.1.1 Cocina

Las hipótesis que se han asumido para estimar el consumo eléctrico de la cocina se resumen a continuación:

- Tres tipos de cocina: vitrocerámica, inducción y eléctrica.
- Potencia de la vitrocerámica: 1 kW el fogón pequeño y 1.2 kW el fogón grande.
- Potencia de la cocina de inducción: 1 kW el fogón pequeño y 1.2 kW el fogón grande.
- Potencia de la cocina eléctrica: 1 kW el fogón pequeño y 1.3 kW el fogón grande.
- Tiempo de uso en verano: 0.2 h de fogón pequeño por la mañana, 0.5 h de fogón grande al mediodía y 0.2 h de fogón grande por las noches (total diario: 0.2 h de fogón pequeño y 0.7 horas de fogón grande).
- Tiempo de uso en invierno: 0.2 h de fogón pequeño por la mañana, 0.8 h de fogón grande al mediodía y 0.2 h de fogón grande por las noches (total diario: 0.2 horas de fogón pequeño y 1 hora de fogón grande).
- No se tienen en cuenta factores de uso.

Tabla 2.2: Obtención del consumo anual de la cocina (kWh/año) en función de la tecnología según el modelo de gasto mínimo.

MODELO MÍNIMO									
Cocina	Potencia fogón grande (kW)	Potencia fogón pequeño (kW)	h/día fogón grande verano	h/día fogón pequeño verano	h/día fogón grande invierno	h/día fogón pequeño invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
Vitro	1.2	1	0.7	0.2	1	0.2	31.2	42	460.8
Inducción	1.2	1	0.7	0.2	1	0.2	31.2	42	460.8
Eléctrica	1.3	1	0.7	0.2	1	0.2	33.3	45	493.2

2.1.2 Lavadora

Las hipótesis consideradas son:

- Potencia de la lavadora: 1.1 kW.
- Tiempo de lavado medio: 1.5h.
- Se supone un ciclo a la semana en verano y un ciclo y medio en invierno para un hogar de un ocupante.
- Se aplican los factores de uso propios de este modelo.

Tabla 2.3: Obtención del consumo anual de la lavadora (kWh/año) en función de la ocupación del hogar según el modelo de gasto mínimo.

MODELO MÍNIMO								
Personas	Potencia Lavadora (kW)	Tiempo de lavado por ciclo (horas)	Nº Ciclos Verano/semana	Nº Ciclos Invierno/semana	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	1.1	1.5	1	1.5	1	6.6	9.9	105.6
2	1.1	1.5	1	1.5	1.1	7.26	10.89	116.16
3 o 4	1.1	1.5	1	1.5	1.2	7.92	11.88	126.72
Más de 4	1.1	1.5	1	1.5	1.3	8.58	12.87	137.28

2.1.3 Frigorífico

Se han formulado las siguientes hipótesis:

- Energía consumida por el frigorífico al día durante los meses del verano: para frigoríficos mayores de 15 años 1.3 kWh, entre 10 y 15 años 1.1 kWh, entre 5 y 10 años 0.9 kWh y menos de 5 años 0.8 kWh.

- Energía consumida por el frigorífico al día durante los meses de invierno: para frigoríficos mayores de 15 años 1.1 kWh, entre 10 y 15 años 0.9 kWh, entre 5 y 10 años 0.8 kWh y menos de 5 años 0.7 kWh.
- No se tienen en cuenta factores de uso.

Tabla 2.4: Obtención del consumo anual del frigorífico (kWh/año) en función de la antigüedad según el modelo de gasto mínimo.

MODELO MÍNIMO					
Frigorífico	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
Años >15	1.3	1.1	39	33	420
10<Años<15	1.1	0.9	33	27	348
5<Años<10	0.9	0.8	27	24	300
Años < 5	0.8	0.7	24	21	264

2.1.4 Horno

Las hipótesis en las que se basa la estimación de su consumo son las siguientes:

- Potencia del horno: 0.8 kW.
- Un uso de 2 h a la semana en invierno (8 h al mes).
- Un uso de 2 h cada dos semanas en verano (4 horas al mes).
- No se tienen en cuenta factores de uso.

Tabla 2.5: Obtención del consumo anual del horno (kWh/año) según el modelo de gasto mínimo.

MODELO MÍNIMO						
Horno	Potencia horno kW	horas al mes verano	horas al mes invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
Consumo medio	0.8	4	8	3.2	6.4	64

2.1.5 Iluminación

Las hipótesis utilizadas son las siguientes:

- Potencia de bombillas incandescentes: 40 W.
- Potencia de bombillas bajo consumo: 18 W.
- Potencia de bombillas LED: 7 W.

- 6 bombillas en cada vivienda.
- Uso de 6h al día en invierno.
- Uso de 4h al día en verano.
- Utilización de factores de uso.

Como se ha supuesto que cada hogar tiene una media de 6 bombillas, en las tablas siguientes se calcula el consumo de un hogar equipado con 6 bombillas incandescentes (Tabla 2.6), 6 bombillas de bajo consumo (Tabla 2.7) y 6 bombillas LED (Tabla 2.8).

Tabla 2.6: Obtención del consumo anual de iluminación por bombillas incandescentes (kWh/año) en función de la ocupación según el modelo de gasto mínimo.

MODELO MÍNIMO	BOMBILLAS INCANDESCENTES								
	Personas	kW	h / día Verano	h / día Invierno	Factor de uso	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno
1	0.24	4	6	1	0.96	1.44	28.8	43.2	460.8
2	0.24	4	6	1.1	1.056	1.584	31.68	47.52	506.88
3 o 4	0.24	4	6	1.2	1.152	1.728	34.56	51.84	552.96
Más de 4	0.24	4	6	1.3	1.248	1.872	37.44	56.16	599.04

Tabla 2.7: Obtención del consumo anual de iluminación por bombillas de bajo consumo (kWh/año) en función de la ocupación según el modelo de gasto mínimo.

MODELO MÍNIMO	BOMBILLAS BAJO CONSUMO								
	Personas	kW	h / día Verano	h / día Invierno	Factor de uso	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno
1	0.108	4	6	1	0.432	0.648	12.96	19.44	207.36
2	0.108	4	6	1.1	0.4752	0.7128	14.256	21.384	228.096
3 o 4	0.108	4	6	1.2	0.5184	0.7776	15.552	23.328	248.832
Más de 4	0.108	4	6	1.3	0.5616	0.8424	16.848	25.272	269.568

Tabla 2.8: Obtención del consumo anual de iluminación por bombillas LED (kWh/año) en función de la ocupación según el modelo de gasto mínimo.

MODELO MÍNIMO	BOMBILLAS LED								
Personas	kW	h / día Verano	h / día Invierno	Factor de uso	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	0.042	4	6	1	0.168	0.252	5.04	7.56	80.64
2	0.042	4	6	1.1	0.1848	0.2772	5.544	8.316	88.704
3 o 4	0.042	4	6	1.2	0.2016	0.3024	6.048	9.072	96.768
Más de 4	0.042	4	6	1.3	0.2184	0.3276	6.552	9.828	104.832

Para calcular el promedio de consumo en un hogar, se utilizó la información recogida en el informe SPAHOUSEC II [5], donde se puede ver el número medio de los diferentes tipos de bombillas en un hogar. Como en el modelo no se ha tenido en cuenta la potencia de las bombillas halógenas y fluorescentes, y estas tienen una potencia similar a las incandescentes, se han considerado todas como esta última.

Tabla 2.9: Porcentaje y número de bombillas según tipología en un hogar medio en 2019 [5].

	2019	Porcentaje	Porcentaje combinado
Incandescentes	4.16	22%	43.72%
Halógenas	3.31	17%	
Fluorescentes	0.80	4%	
Bajo consumo	5.23	28%	27.67%
LED	5.41	29%	28.61%
Total	18.90		

Cabe destacar que, dado el proceso actual de adopción masiva de iluminación LED, en pocos años los datos de la Tabla 2.9 deberían ser actualizados, pudiéndose prever un gran aumento en la proporción de ese tipo de bombillas.

Aplicando esos porcentajes a los consumos de cada tipo de bombilla se obtiene la, donde se puede ver el promedio de consumo en iluminación en función del número de ocupantes:

Tabla 2.10: Obtención del consumo anual de iluminación (kWh/año) en función de la ocupación según el modelo de gasto mínimo.

MODELO MÍNIMO	PROMEDIO		
Personas	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	17.62	26.43	281.91
2	19.38	29.07	310.11
3 o 4	21.14	31.72	338.30
Más de 4	22.91	34.36	366.49

2.1.6 Lavavajillas

Las hipótesis utilizadas son:

- Consumo de un ciclo del lavavajillas 1.15 kWh (asumiendo una potencia de 1.15 kW en un ciclo de 1h)
- Se suponen 4 ciclos por persona al mes (1 por semana).
- Se utilizan factores de uso, diferentes en este caso a los utilizados en los demás electrodomésticos. Esto es así porque se considera que los factores de uso serán mayores en este caso a los generales, de tal forma que el número de veces que se pone por semana será casi proporcional al tamaño del hogar.

Tabla 2.11: Obtención del consumo anual del lavavajillas (kWh/año) en función de la ocupación según el modelo de gasto mínimo.

MODELO MÍNIMO							
Personas	Potencia lavavajillas kW	Horas a la semana verano	Horas a la semana invierno	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	1.15	1	1	1	4.6	4.6	55.2
2	1.15	1	1	2	9.2	9.2	110.4
3 o 4	1.15	1	1	3	13.8	13.8	165.6
Más de 4	1.15	1	1	4	18.4	18.4	220.8

2.1.7 Otros

Dentro del apartado de "Otros", se ha considerado el consumo de pequeños electrodomésticos y también el concepto de "stand-by". Las hipótesis que se han adoptado son:

- Demanda base de 25 W por cada hora.
- Se utilizan factores de uso.

Tabla 2.12: Obtención del consumo anual correspondiente a pequeños electrodomésticos y “stand-by” (kWh/año) en función de la ocupación según el modelo de gasto mínimo.

MODELO MÍNIMO					
Personas	Potencia otros kW	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	0.025	1	18	18	216
2	0.025	1.1	19.8	19.8	237.6
3 o 4	0.025	1.2	21.6	21.6	259.2
Más de 4	0.025	1.3	23.4	23.4	280.8

2.1.8 Consumo medio total según el Modelo de Gasto Mínimo

En la Tabla 2.13 se resumen las hipótesis de potencia (P_i) y frecuencia de uso de invierno ($f_{i,invierno}$) y verano ($f_{i,verano}$) que se han justificado en el apartado anterior y que se utilizan en el Modelo de Gasto Mínimo para el cálculo del consumo eléctrico anual (CELT) dado por las Ecuaciones 2.1-2.3. Las frecuencias de uso se han uniformizado en horas por mes (h/mes).

Tabla 2.13: Hipótesis de potencia y frecuencia de uso de los aparatos en el Modelo de Gasto Mínimo

Aparato	P_i [kW]	$f_{i,invierno}$ [h/mes]	$f_{i,verano}$ [h/mes]
Cocina (Fogón grande/Fogón pequeño)	1.2/1.0	6.0/30.0	6.0/21.0
Horno	0.8	8.0	4.0
Lavadora	1.1	9.0	6.0
Frigorífico ¹	0.046/0.054	720.0	720.0
Iluminación ²	0.024	1080.0	720.0
Lavavajillas	1.150	4.0	4.0
Otros	0.025	720.0	720.0

Respecto a los factores de uso en función del tamaño del hogar, se resumen en la Tabla 2.14.

¹ Se distinguen dos hipótesis de potencia media de los frigoríficos en invierno y verano respectivamente.

² Las hipótesis de potencia media P_i y las frecuencias de uso de invierno y de verano de la iluminación se obtienen de calcular la media ponderada de las mismas, a través del promedio de bombillas.

Tabla 2.14: Factores de uso (FU) para cada aparato en el Modelo de Gasto Mínimo

FU (HS)	1	2	3 o 4	Más de 4
Cocina	1.0	1.0	1.0	1.0
Horno	1.0	1.0	1.0	1.0
Lavadora	1.0	1.1	1.2	1.3
Frigorífico	1.0	1.0	1.0	1.0
Iluminación	1.0	1.1	1.2	1.3
Lavavajillas	1.0	2.0	3.0	4.0
Otros	1.0	1.1	1.2	1.3

La media de consumo en un hogar se asimila al consumo del hogar con composición media. Esta se calcula en función del porcentaje de número de ocupantes de los hogares extraído de la “Encuesta continua de hogares” del INE 2019³ [6], agrupados según se muestra en la *Tabla 2.15*:

Tabla 2.15: Composición de los hogares españoles según la “Encuesta continua de hogares” 2019 [6].

Nº Personas Hogar	Nº Hogares (miles)	Porcentaje (%)
1	4771.4	25.68%
2	5651.5	30.42%
3 o 4	7090	38.16%
Más de 4	1067.2	5.74%
Total	18580.1	100.00%

Con el porcentaje que representa cada ocupación, se calcula la media ponderada según el número de ocupantes, de tal forma que se obtiene el valor del consumo en un hogar medio, como se puede ver en la *Tabla 2.16*. En la tabla se muestra también el consumo medio para las distintas ocupaciones. Se puede comprobar cómo la media se corresponde con el consumo medio para la ocupación media de 2.5 personas por hogar en 2019.

Tabla 2.16: Consumo eléctrico anual (kWh/año) doméstico, según el número de ocupantes y para el hogar medio, siguiendo el modelo de gasto mínimo

Nº Ocupantes	Cocina (kWh/año)	Lavadora (kWh/año)	Frigorífico (kWh/año)	Horno (kWh/año)	Iluminación (kWh/año)	Lavavajillas (kWh/año)	Otros (kWh/año)	Total (kWh/año)
1	462.70	105.60	420	64	281.91	55.20	216.00	1605.41
2	462.70	116.16	420	64	310.11	110.40	237.60	1720.96
3 o 4	462.70	126.72	420	64	338.30	165.60	259.20	1836.52
Más de 4	462.70	137.28	420	64	366.49	220.80	280.80	1952.07
Media	462.70	118.69	420	64	316.86	123.63	242.78	1748.66

³ La media de miembros por hogar en 2019 era de 2.5.

El consumo de la cocina se ha calculado como media ponderada del consumo de las diferentes tecnologías que se muestran en la *Tabla 2.2* ponderando con el porcentaje de presencia de cada una de ellas en los hogares españoles.

Según los datos recogidos en el Informe SPAHOUSEC II [5], las cocinas de España son un 48.70% vitrocerámicas, un 7.9% de inducción, un 1.2% mixtas de vitro e inducción (se han asimilado a la categoría de inducción) y 3.6% gas-eléctricas (se han considerado todo eléctricas). La media ponderada corresponde a 462.7 kWh/año.

Tabla 2.17: Porcentaje de cocinas que funcionan con electricidad según tecnología sobre el absoluto en España y sobre el total de cocinas eléctricas [5].

Cocina	%España	%Ponderado total eléctrico
Vitro	48.70%	79.32%
Inducción	9.10%	14.82%
Eléctrica	3.60%	5.86%

2.2 Descripción del Modelo de Gasto Teórico simplificado

Este modelo, como ya se ha indicado anteriormente, está basado en el modelo mínimo descrito en el punto anterior. Se han ajustado algunos parámetros según información extraída de diferentes fuentes y se han incluido otros aparatos comunes, con el objetivo de que tanto el consumo eléctrico total como el desagregado de los dispositivos sean del orden de los que ofrecen las estadísticas y estudios con los que serán comparados en el epígrafe 2.3.

En este modelo se utilizarán diferentes factores de uso que dependerán del número de ocupantes de los hogares y del dispositivo que se esté estudiando, ya que cada uno de ellos tiene un comportamiento diferente en función de los ocupantes del hogar. La iluminación se estimará en función de los metros cuadrados de la vivienda y del número de ocupantes de los hogares.

Para calcular el consumo en un hogar medio, se hace la media ponderada del consumo de los hogares según su número de miembros teniendo en cuenta el porcentaje de hogares que existen con cada número de miembros, según la información extraída de la “Encuesta continua de hogares” del INE 2019 [6]. Como diferencia con el modelo mínimo, en el que se estudiaban las categorías correspondientes a 1, 2, 3 o 4 y más de 4 personas en el hogar, en este modelo se estudian 1, 2, 3, 4 y más de 4.

En la *Tabla 2.18* se resume la información correspondiente a la Encuesta. En la izquierda se recogen las categorías de la Encuesta y en la derecha la agrupación realizada para este estudio. El hogar medio tiene 2.5 ocupantes en 2019, como ya se ha indicado en el apartado del modelo de gasto mínimo.

Tabla 2.18: Resumen de los datos de la Encuesta continua de hogares 2019 [6] (izquierda). Agrupación realizada para este estudio (derecha).

Nº Personas Hogar	Nº Hogares (miles)	%
1	4771.4	25.68%
2	5651.5	30.42%
3	3848.7	20.71%
4	3241.3	17.45%
5	735.8	3.96%
6	216.7	1.17%
7	69.1	0.37%
8 o más	45.6	0.25%
Total	18580.1	100%

Nº Personas Hogar	Nº Hogares (miles)	%
1	4771.4	25.68%
2	5651.5	30.42%
3	3848.7	20.71%
4	3241.3	17.45%
Más de 4	1067.2	5.74%
Total	18580.1	100%

A continuación, se describen los aparatos y dispositivos que incluye el modelo con sus hipótesis y los resultados de sus consumos.

2.2.1 Cocina

Las hipótesis que se han asumido para estimar el consumo eléctrico de la cocina son las siguientes:

- Tres tipos de cocina: vitro, inducción y eléctrica.
- Potencia de la vitrocerámica: 1 kW el fogón pequeño y 1.2 kW el fogón grande.
- Potencia de la cocina de inducción: 1 kW el fogón pequeño y 1.2 kW el fogón grande.
- Potencia de la cocina eléctrica: 1 kW el fogón pequeño y 1.3 kW el fogón grande.
- Factor de potencia de 0.75: refleja el hecho de que los fogones no funcionan a su potencia nominal en todo el tiempo de uso. Se ha supuesto que, en promedio, funcionan al 75%.
- Tiempo de uso en verano: por la mañana 0.1 horas de fogón pequeño, al mediodía 0.5 horas de fogón grande y por las noches 0.2 horas de fogón grande.
- Tiempo de uso en invierno: por la mañana 0.2 horas de fogón pequeño, al mediodía 0.8 horas de fogón grande y por las noches 0.2 horas de fogón grande.
- Se aplican factores de uso con incrementos del 10% por cada ocupante adicional del hogar. Para calcular el factor de uso de la categoría de más de 4 miembros en la familia, se ha supuesto que hay un aumento del 10% por cada miembro adicional, calculándose el factor de uso ponderado en función de los porcentajes de hogares obtenido en la Encuesta continua de hogares. Los resultados se muestran en la Tabla 2.19, obteniéndose un factor de uso de 1.45 como promedio de los hogares de más de 4 ocupantes.

Tabla 2.19: Obtención del factor de uso para más de 4 ocupantes como media ponderada de los factores de uso estimados para esos hogares.

Nº Ocupantes	Factor de uso	% Hogares	% Hogares ponderado
Más de 4	1.45	5.74%	
5	1.4	3.96%	68.95%
6	1.5	1.17%	20.31%
7	1.6	0.37%	6.47%
8	1.7	0.25%	4.27%

Para cada tipo de cocina, con sus potencias y horas de uso estimadas, se obtienen los consumos anuales que se muestran en la Tabla 2.20:

Tabla 2.20: Consumo anual (kWh/año) de las cocinas según tecnología, con las hipótesis consideradas.

MODELO SIMPLIFICADO									
Cocina	Potencia fogón grande (kW)	Potencia fogón pequeño (kW)	h/día fogón grande verano	h/día fogón pequeño verano	h/día fogón grande invierno	h/día fogón pequeño invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
Vitro	0.9	0.75	0.7	0.1	1	0.2	21.15	31.5	336.6
Inducción	0.9	0.75	0.7	0.1	1	0.2	21.15	31.5	336.6
Eléctrica	0.975	0.75	0.7	0.1	1	0.2	22.725	33.75	360.9

Haciendo una media ponderada según la presencia de cada tipo de cocina, utilizando para ello la Tabla 2.17, se obtiene que la media del consumo de cocina usando electricidad, que para 1 ocupante en el hogar sería 338.02 kWh. Aplicando los factores de uso, se obtiene la Tabla 2.21, en la que se recoge el consumo según el número de ocupantes y el consumo referido a un hogar medio (media ponderada de los valores anteriores, con el peso que supone cada tipo de hogar según los datos de la encuesta continua de hogares y mostrado anteriormente):

Tabla 2.21: Obtención del consumo anual de la cocina (kWh/año) en función de la ocupación según el modelo de gasto simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO COCINA				
Personas	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	Factor de uso	kWh / año
1	21.24	31.63	1	338.02
2	21.24	31.63	1.1	371.83
3	21.24	31.63	1.2	405.63
4	21.24	31.63	1.3	439.43
Más de 4	21.24	31.63	1.45	490.14
Media	21.24	31.63	1.15	388.74

Las diferencias entre el modelo mínimo y el modelo teórico simplificado en el cálculo del consumo de la cocina se resumen en las siguientes:

- En el modelo teórico simplificado se han utilizado factores de uso.
- Se ha aplicado un factor de potencia del 75% de la potencia nominal de los fogones.
- Se han usado diferentes horas de utilización de la cocina.

2.2.2 Lavadora

Las hipótesis utilizadas para estimar el consumo de la lavadora son:

- Potencia media de la lavadora: 1.7 kW, que se encuentra dentro del intervalo de potencias nominales ofrecidas por Lucera [7]. En concreto se ha escogido la mínima del intervalo, considerando que, en promedio, la lavadora se utiliza por debajo de su potencia nominal.
- Tiempo de lavado medio: 2h.
- Se han utilizado factores de uso que representan la frecuencia de uso (nº de lavadoras/semana) en función del número de ocupantes del hogar, obtenido de SPAHOUSEC II [5].

En la *Tabla 2.22*, se muestran los resultados obtenidos para los diferentes hogares según su composición y para el hogar medio.

Tabla 2.22: Obtención del consumo anual de la lavadora (kWh/año) en función de la ocupación según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO						
Personas	Potencia Lavadora (kW)	Tiempo de lavado por ciclo (horas)	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	1.7	2	1.2	16.32	16.32	195.84
2	1.7	2	1.5	20.4	20.4	244.8
3	1.7	2	1.9	25.84	25.84	310.08
4	1.7	2	2.2	29.92	29.92	359.04
Más de 4	1.7	2	2.5	34.00	34.00	408.00
Media	1.70	2	1.69	22.92	22.92	275.05

Las diferencias entre el modelo mínimo y teórico simplificado en la estimación de consumo de la lavadora se resumen a continuación:

- Se ha aumentado la potencia con respecto al modelo de gasto mínimo, de 1.1 kW a 1.7 kW.
- Se ha aumentado el tiempo de lavado por ciclo con respecto al modelo de gasto mínimo, de 1.5 horas a 2 horas.

2.2.3 Secadora

Las hipótesis utilizadas para modelar el consumo de la secadora son:

- Potencia de la secadora: 2.2 kW, correspondiente a la potencia media de las secadoras de bomba de calor [8].
- Tiempo de secado medio: 1.5h.
- Los factores de uso representan la frecuencia de uso (nº de ciclos de secado/semana) de la secadora, obtenidos en SPAHOUSEC II [5].

En la *Tabla 2.23* se muestran los consumos obtenidos para cada tipo de hogar y en un hogar medio.

Tabla 2.23: Obtención del consumo anual de la secadora (kWh/año), en función de la ocupación, según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO						
Personas	Potencia Secadora (kW)	Tiempo de secado por ciclo (horas)	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	2.2	1.5	1.2	15.84	15.84	190.08
2	2.2	1.5	1.5	19.8	19.8	237.6
3	2.2	1.5	1.9	25.08	25.08	300.96
4	2.2	1.5	2.2	29.04	29.04	348.48
Más de 4	2.2	1.5	2.5	33	33	396
Media	2.20	1.50	1.69	22.25	22.25	266.96

En el modelo mínimo no se recogía el consumo de la secadora.

2.2.4 Frigorífico

Las hipótesis utilizadas para modelar el consumo del frigorífico son:

- Potencia media del frigorífico en funcionamiento: 0.1 kW en verano y 0.08 kW en invierno. Escobar et al. [9] toman de referencia una potencia de 0.09 kW de media anual, pero, dado que en invierno el frigorífico consume menos que en verano, suponemos que en invierno la potencia demandada va a ser un 20% menor. Esta potencia media supuesta también se encuentra en el orden de magnitud de la mencionada en Chiou et al. [10].
- Se considera un consumo constante durante las 24h del día, tal y como se hace en Escobar et al. [9], donde se hace referencia a que el consumo de los frigoríficos y congeladores es relativamente constante a lo largo del día, aunque presenta ciertos picos debido fundamentalmente a la apertura y cierre de las puertas. Por tanto, siguiendo ese razonamiento, en este modelo se ha optado por realizar una hipótesis de potencia media durante el funcionamiento a lo largo del día.
- No se tienen en cuenta factores de uso.

Tabla 2.24: Obtención del consumo anual del frigorífico (kWh/año), según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO							
Frigorífico	Potencia Verano kW	Potencia Invierno kW	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
Consumo medio	0.1	0.08	2.4	1.92	72	57.6	748.8

La principal diferencia entre el modelo mínimo y el simplificado en el cálculo de la demanda del frigorífico radica en que en el modelo simplificado no se ha tenido en cuenta la antigüedad del frigorífico y se ha supuesto una potencia media constante para calcular la energía que consumen anualmente mientras que en el modelo mínimo se fija directamente el consumo diario.

2.2.5 Congelador

Algunas viviendas disponen de un congelador tipo arcón o vertical, como complemento al integrado normalmente en el frigorífico. Las hipótesis utilizadas para calcular su consumo son:

- Potencia media del congelador: se ha tomado un 80% de la potencia del frigorífico ya que, a pesar de que tengan que mantener una temperatura menor, estos suelen ser de menor tamaño.
- Se considera un consumo constante, igual que en el frigorífico, tal y como se menciona en Escobar et al. [9].
- No se tienen en cuenta factores de uso.

Tabla 2.25: Obtención del consumo anual del congelador (kWh/año), según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO							
Congelador	Potencia Verano kW	Potencia Invierno kW	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
Consumo medio	0.08	0.064	1.92	1.536	57.6	46.08	599.04

En el modelo de gasto mínimo no se recogía el consumo del congelador.

2.2.6 Horno

Las hipótesis consideradas en el cálculo del consumo del horno son:

- Potencia del horno: 0.85 kW. En la tabla de potencia de Lucera [7] aparece un rango de potencias superior (1.2 kW – 2.2 kW), pero el horno no se suele utilizar a su potencia nominal ya que no siempre se calienta a la temperatura máxima y una vez alcanza la temperatura seleccionada el horno simplemente aplica el calor para mantener la temperatura constante. Por tanto, se ha asumido un 0.5 como factor aplicado sobre la potencia media de la tabla de Lucera, que es de 1.7 kW, que lleva a una potencia final supuesta de 0.85kW.
- Uso de 2 h a la semana en invierno.
- Uso de 2 h cada dos semanas en verano.
- Se tienen en cuenta factores de uso con incrementos del 10% por cada ocupante adicional del hogar.

En la *Tabla 2.26* se obtiene el consumo de energía estimado según la distinta ocupación del hogar, así como para un hogar medio.

Tabla 2.26: Obtención del consumo anual del horno (kWh/año), en función de la ocupación y para el hogar medio, según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO	Personas	Potencia horno kW	horas al mes verano	horas al mes invierno	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
	1	0.85	4	8	1	3.4	6.8	68
	2	0.85	4	8	1.1	3.74	7.48	74.8
	3	0.85	4	8	1.2	4.08	8.16	81.6
	4	0.85	4	8	1.3	4.42	8.84	88.4
	Más. de 4	0.85	4	8	1.45	4.93	9.86	98.6
	Media	0.85	4.00	8.00	1.15	3.91	7.82	78.20

Las principales diferencias entre el modelo de gasto mínimo y teórico simplificado en el cálculo de la demanda del horno son que en el modelo simplificado:

- Se tienen en cuenta factores de uso.
- Se aumenta ligeramente la potencia media, de 0.8 kW a 0.85 kW.

2.2.7 Iluminación

Las hipótesis consideradas para el cálculo del consumo por iluminación son:

- En un hogar medio hay 18.9 bombillas (dato tomado de SPAHOUSEC II [5]). El desglose de ese número de bombillas según los diferentes tipos se recoge también en el citado informe y se han tomado como referencia.
- La potencia de las bombillas se ha supuesto de:
 - Bombillas incandescentes: 40W.
 - Bombillas halógenas: 36W.
 - Bombillas de bajo consumo: 16W.
 - Bombillas de tipo fluorescentes: 36W.
 - Bombillas LED: 10W.
- Se ha supuesto un uso de 4h al día en invierno.
- Se ha supuesto un uso de 3h al día en verano.
- Se asume un factor de simultaneidad de 0.7, reflejando que no todas las bombillas del hogar están encendidas a la vez.
- Se han definido unos factores de uso según los ocupantes de la vivienda. El hogar medio al que se refieren las 18.9 bombillas del estudio SPAHOUSEC II tiene 2.5 ocupantes (media según la “Encuesta continua de hogares” del INE en 2019 [6]). En función de este número se ha

estimado un factor de uso proporcional al número de ocupantes de los hogares (factor de uso de 1 para 2.5 miembros, estimando 0.4 para 1 miembro, 0.8 para 2, 1.2 para 3, 1.6 para 4 y 2 para más de 4).

- Para relacionar la energía eléctrica media consumida por los hogares en iluminación en función de los metros cuadrados de la vivienda, se utilizarán como base los 103.7 m² que de media tienen las viviendas en España según SPAHOUSEC II [5].

La distribución, según tecnología, del número medio de bombillas de cada vivienda se muestra en la *Tabla 2.27*, extraída de SPAHOUSEC II [5].

Tabla 2.27: Número medio de bombillas y su distribución según tecnología [5]. Potencia estimada para cada tipo.

	2019	Potencia unitaria (W)
Incandescentes	4.16	40
Halógenas	3.31	36
Bajo consumo	5.23	16
Fluorescentes	0.80	36
LED	5.41	10
Total	18.9	

Tabla 2.28: Horas de luz en verano e invierno por bombilla.

Horas de luz cada bombilla de media	
Verano	2.10
Invierno	2.80

En las tablas siguientes se muestra el cálculo del consumo eléctrico para los diferentes tipos de bombillas, con las hipótesis de número, potencia, horas y factores de uso citados anteriormente, para la diferente ocupación de los hogares y para el hogar medio.

Tabla 2.29: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por bombillas estándar, según la ocupación y para el hogar medio.

MODELO SIMPLIFICADO	BOMBILLAS INCANDESCENTES									
Personas	NÚMERO	kW	h / día Verano	h / día Invierno	Factor de uso	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
2.5	4.16	0.04	2.10	2.80	1	0.35	0.47	10.47	13.96	153.58
1	4.16	0.04	2.10	2.80	0.4	0.14	0.19	4.19	5.58	61.43
2	4.16	0.04	2.10	2.80	0.8	0.28	0.37	8.38	11.17	122.86
3	4.16	0.04	2.10	2.80	1.2	0.42	0.56	12.57	16.75	184.30
4	4.16	0.04	2.10	2.80	1.6	0.56	0.74	16.75	22.34	245.73
Más de 4	4.16	0.04	2.10	2.80	2	0.70	0.93	20.94	27.92	307.16
Media	4.16	0.04	2.10	2.80	1	0.35	0.47	10.47	13.96	153.58

Tabla 2.30: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por bombillas halógenas, según la ocupación y para el hogar medio.

MODELO SIMPLIFICADO	BOMBILLAS HALÓGENAS									
Personas	NÚMERO	kW	h / día Verano	h / día Invierno	Factor de uso	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
2.5	3.31	0.036	2.10	2.80	1	0.25	0.33	7.50	10.00	109.98
1	3.31	0.036	2.10	2.80	0.4	0.10	0.13	3.00	4.00	43.99
2	3.31	0.036	2.10	2.80	0.8	0.20	0.27	6.00	8.00	87.99
3	3.31	0.036	2.10	2.80	1.2	0.30	0.40	9.00	12.00	131.98
4	3.31	0.036	2.10	2.80	1.6	0.40	0.53	12.00	16.00	175.97
Más de 4	3.31	0.036	2.10	2.80	2	0.50	0.67	15.00	20.00	219.97
Media	3.31	0.036	2.10	2.80	1	0.25	0.33	7.50	10.00	109.98

Tabla 2.31: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por bombillas de bajo consumo, según la ocupación y para el hogar medio.

MODELO SIMPLIFICADO	BOMBILLAS BAJO CONSUMO									
Personas	NÚMERO	kW	h / día Verano	h / día Invierno	Factor de uso	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
2.5	5.23	0.016	2.10	2.80	1	0.18	0.23	5.27	7.03	77.29
1	5.23	0.016	2.10	2.80	0.4	0.07	0.09	2.11	2.81	30.91
2	5.23	0.016	2.10	2.80	0.8	0.14	0.19	4.22	5.62	61.83
3	5.23	0.016	2.10	2.80	1.2	0.21	0.28	6.32	8.43	92.74
4	5.23	0.016	2.10	2.80	1.6	0.28	0.37	8.43	11.24	123.66
Más de 4	5.23	0.016	2.10	2.80	2	0.35	0.47	10.54	14.05	154.57
Media	5.23	0.016	2.10	2.80	1	0.18	0.23	5.27	7.03	77.29

Tabla 2.32: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por bombillas fluorescentes, según la ocupación y para el hogar medio.

MODELO SIMPLIFICADO	BOMBILLAS FLUORESCENTES									
Personas	NÚMERO	kW	h / día Verano	h / día Invierno	Factor de uso	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
2.5	0.80	0.036	2.10	2.80	1	0.06	0.08	1.82	2.43	26.75
1	0.80	0.036	2.10	2.80	0.4	0.02	0.03	0.73	0.97	10.70
2	0.80	0.036	2.10	2.80	0.8	0.05	0.06	1.46	1.95	21.40
3	0.80	0.036	2.10	2.80	1.2	0.07	0.10	2.19	2.92	32.10
4	0.80	0.036	2.10	2.80	1.6	0.10	0.13	2.92	3.89	42.80
Más de 4	0.80	0.036	2.10	2.80	2	0.12	0.16	3.65	4.86	53.51
Media	0.80	0.036	2.10	2.80	1	0.06	0.08	1.82	2.43	26.75

Tabla 2.33: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por bombillas LED, según la ocupación y para el hogar medio.

MODELO SIMPLIFICADO	BOMBILLAS LED									
Personas	NÚMERO	kW	h / día Verano	h / día Invierno	Factor de uso	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
2.5	5.41	0.01	2.10	2.80	1	0.11	0.15	3.41	4.54	49.95
1	5.41	0.01	2.10	2.80	0.4	0.05	0.06	1.36	1.82	19.98
2	5.41	0.01	2.10	2.80	0.8	0.09	0.12	2.72	3.63	39.96
3	5.41	0.01	2.10	2.80	1.2	0.14	0.18	4.09	5.45	59.95
4	5.41	0.01	2.10	2.80	1.6	0.18	0.24	5.45	7.27	79.93
Más de 4	5.41	0.01	2.10	2.80	2	0.23	0.30	6.81	9.08	99.91
Media	5.41	0.01	2.10	2.80	1	0.11	0.15	3.41	4.54	49.95

Una vez que se ha calculado el consumo de cada tipo de bombillas por separado, se suman todos ellos para obtener el consumo total, para cada número de ocupantes y para el hogar medio, obteniendo además el valor de consumo por m². Los resultados se muestran en la Tabla 2.34:

Tabla 2.34: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el total de iluminación, según la ocupación y para el hogar medio.

MODELO SIMPLIFICADO	TOTAL						
Personas	NÚMERO	kWh / día verano	kWh / día invierno	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año	kWh / (año*m ²)
1	18.9	0.38	0.51	11.39	15.18	167.02	1.61
2	18.9	0.76	1.01	22.78	30.37	334.05	3.22
3	18.9	1.14	1.52	34.16	45.55	501.07	4.83
4	18.9	1.52	2.02	45.55	60.74	668.09	6.44
Más de 4	18.9	1.90	2.53	56.94	75.92	835.12	8.05
Media	18.90	0.94	1.25	28.15	37.53	412.80	3.98

Las diferencias entre el modelo mínimo y teórico simplificado en la iluminación se resumen en:

- Se ha considerado un mayor número de bombillas en los hogares en el modelo teórico simplificado, 18,9, frente a los 6 del modelo mínimo.
- Se han considerado los diferentes tipos de bombillas que tienen los hogares y se han sumado para calcular el consumo total de las bombillas.
- Se han considerado diferentes horas de uso de las bombillas y en el modelo teórico simplificado se ha tenido en cuenta un factor de simultaneidad de 0.7 para reflejar que no todas las bombillas son utilizadas a la vez.
- La energía eléctrica consumida se ha parametrizado en función de los metros cuadrados del hogar y del número de ocupantes, mientras que en el modelo mínimo sólo se hacía depender del número de ocupantes.

2.2.8 Lavavajillas

Las hipótesis en las que se basa la estimación del consumo del lavavajillas son:

- Se ha supuesto una potencia de 1.9 kW, que se encuentra dentro del intervalo de potencias especificadas en Lucera [7], 1.5 kW a 2.2 kW. Se ha escogido una potencia intermedia ya que, aunque los lavavajillas funcionan cerca de su potencia nominal, la potencia mínima del rango utilizado se supone que corresponde a lavavajillas de última generación con una alta eficiencia energética
- Se asume un tiempo de 2 h por cada ciclo de lavavajillas
- Los factores de uso se han basados en la frecuencia de uso (nº de veces/semana) tomados de SPAHOUSEC II [5].

El consumo medio de un lavavajillas, para las distintas ocupaciones de los hogares y para un hogar medio se muestra en la Tabla 2.35.

Tabla 2.35: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el lavavajillas, según la ocupación y para el hogar medio según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO						
Personas	Potencia lavavajillas kW	Horas de uso por ciclo	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	1.9	2	1.1	16.72	16.72	200.64
2	1.9	2	1.3	19.76	19.76	237.12
3	1.9	2	1.5	22.8	22.8	273.60
4	1.9	2	1.8	27.36	27.36	328.32
Más de 4	1.9	2	1.9	28.88	28.88	346.56
Media	1.9	2	1.41	21.46	21.46	257.50

Las diferencias entre el modelo de gasto mínimo y el teórico simplificado en el cálculo del consumo del lavavajillas son:

- La potencia es mayor en el modelo teórico simplificado, 1.9 kW frente a 1.15.
- El número de horas por ciclo es de dos horas en el modelo de gasto teórico simplificado y de una hora en el modelo de gasto mínimo.
- Los factores de uso son menores en el modelo teórico simplificado y proceden de valores tomados de [5].

2.2.9 Televisión

Las hipótesis en las que se basa la estimación del consumo de la televisión son:

- Se toma una potencia media de 0.15 kW por televisión, provenientes de la potencia mínima de la tabla de Lucera [7].

- Se considerará que los hogares tienen 1.7 televisiones de media según SPAHOUSEC II [5]. Cada una de ellas tiene una potencia de 0.15 kW, haciendo un total de 0.255 kW de potencia media instalada en los hogares.
- Se considera 5.4 h de uso de media tanto en verano como en invierno, según lo recogido en SPAHOUSEC II, pero como hay 1.7 televisiones de media, cada una se ve 3.18 h en promedio.
- Se han utilizado factores de uso con incrementos del 10%, según aumenta el número de personas que habitan en los hogares, partiendo como base de que en el hogar medio hay 2.5 personas en 2019 [6], año del que proceden los datos de SPAHOUSEC II. Por tanto, el factor de uso para 2.5 personas sería de 1, y escalando hacia arriba y hacia abajo se obtienen los factores de uso que se muestran en la Tabla 2.36, en la que se obtienen los valores medios de consumo para los hogares según su número de ocupantes y para el hogar medio.

Tabla 2.36: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por la televisión, según la ocupación y para el hogar medio, según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO							
Personas	Potencia TV kW	Horas al día verano	Horas al día invierno	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
2.5	0.255	3.18	3.18	1	24.30	24.30	291.60
1	0.255	3.18	3.18	0.85	20.66	20.655	247.86
2	0.255	3.18	3.18	0.95	23.09	23.085	277.02
3	0.255	3.18	3.18	1.05	25.52	25.515	306.18
4	0.255	3.18	3.18	1.15	27.95	27.945	335.34
Más de 4	0.255	3.18	3.18	1.3	31.59	31.59	379.08
Media	0.255	3.18	3.18	1	24.30	24.30	291.60

En el modelo mínimo no figuraba la televisión. Se ha tenido en cuenta en el modelo teórico simplificado porque, a pesar de no tener una potencia tan grande como otros electrodomésticos del hogar, su consumo es sustancial por el número de horas de uso al día.

2.2.10 Ordenador

Para la estimación del consumo de un ordenador se hacen las siguientes hipótesis:

- Se ha supuesto una potencia media de los ordenadores de 0.2 kW [11]. En cada hogar hay de media 1.4 ordenadores, tomado de SPAHOUSEC II [5], por lo que la potencia media de los ordenadores en los hogares es de 0.28 kW.
- Se suponen 3.2 horas al día de uso de ordenadores tanto en verano como en invierno, tomado de SPAHOUSEC II, por lo que, dividido entre el número medio de ordenadores, que es 1.4 según el mismo informe, se obtienen el promedio de las horas diarias que se utiliza cada ordenador, 2.29 horas.

Se han utilizado factores de uso según aumenta el número de personas que habitan en los hogares, partiendo del hecho de que en el hogar medio hay 2.5 personas en 2019 [6], año del que proceden los datos de SPAHOUSEC II. Por tanto, el factor de uso para 2.5 personas sería de 1, y escalando hacia arriba

y hacia abajo se obtienen los factores de uso que se muestran en la *Tabla 2.37*, en la que se obtienen los valores medios de consumo para los hogares según su número de ocupantes y para el hogar medio.

Tabla 2.37: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el ordenador, según la ocupación y para el hogar medio según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO							
Personas	Potencia ordenadores kW	Horas al día verano	Horas al día invierno	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
2.5	0.28	2.29	2.29	1	19.20	19.20	230.40
1	0.28	2.29	2.29	0.4	7.68	7.68	92.16
2	0.28	2.29	2.29	0.8	15.36	15.36	184.32
3	0.28	2.29	2.29	1.2	23.04	23.04	276.48
4	0.28	2.29	2.29	1.6	30.72	30.72	368.64
Más de 4	0.28	2.29	2.29	2	38.40	38.40	460.80
Media	0.28	2.29	2.29	1	19.20	19.20	230.40

En el modelo mínimo no se ha tenido en cuenta el consumo del ordenador. Se ha añadido en el modelo teórico simplificado, ya que, a pesar de no tener una potencia tan grande como otros electrodomésticos del hogar, su consumo es sustancial por el número de horas de uso al día, que aumenta considerablemente al aumentar del número de personas (fenómeno recogido en el incremento del factor de uso).

2.2.11 Otros

Se han tenido en cuenta otros electrodomésticos que tienen un consumo inferior a los calculados anteriormente pero que también están presentes en el día a día de los hogares. Se han considerado dentro de este grupo los móviles, tabletas y microondas. Las hipótesis en las que se ha basado el cálculo del consumo son

- Potencia de los cargadores de móviles: 5W
- Potencia de los cargadores de tabletas: 20W
- Potencia media de los microondas: 0.9 kW, que corresponde a un valor mínimo del rango de potencias (0.9 kW-1.5 kW) señaladas en la tabla de Lucera [7], ya que no siempre trabaja a su potencia nominal.
- Se suponen 2 horas de carga al día de los móviles.
- Se suponen 4 horas de carga a la semana de las tabletas.
- Se suponen 10 minutos al día de microondas tanto en verano como en invierno.
- Utilización de factores de uso con incrementos del 100% para móviles, ya que se supondrá que todos los ocupantes del hogar cuentan con móviles.
- Utilización de factores de uso con incrementos del 50% para tabletas, porque dado de que no todos los integrantes del hogar tendrán una, estas se usarán más y por tanto se cargarán más.

- Se tienen en cuenta factores de uso con incrementos del 10% para los microondas por cada ocupante adicional del hogar.

Con esas hipótesis se obtienen las siguientes tablas de consumos de móviles, tabletas y microondas, para los diferentes ocupantes de un hogar y para el hogar medio.

Tabla 2.38: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por recarga de móviles, según la ocupación y para el hogar medio según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO							
Personas	Potencia Movil kW	Horas al día verano	Horas al día invierno	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	0.005	2	2	1	0.3	0.3	3.60
2	0.005	2	2	2	0.6	0.6	7.20
3	0.005	2	2	3	0.9	0.9	10.80
4	0.005	2	2	4	1.2	1.2	14.40
Más de 4	0.005	2	2	5	1.5	1.5	18.00
Media	0.005	2	2	3.09	0.93	0.93	11.11

Tabla 2.39: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por la recarga de tabletas, según la ocupación y para el hogar medio según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO							
Personas	Potencia Tablet kW	Horas semana verano	Horas semana invierno	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	0.02	4	4	1	0.32	0.32	3.84
2	0.02	4	4	1.5	0.48	0.48	5.76
3	0.02	4	4	2	0.64	0.64	7.68
4	0.02	4	4	2.5	0.8	0.8	9.60
Más de 4	0.02	4	4	3	0.96	0.96	11.52
Media	0.02	4	4	1.74	0.56	0.56	6.67

Tabla 2.40: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el microondas, según la ocupación y para el hogar medio según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO							
Personas	Potencia Microondas kW	Horas al día verano	Horas al día invierno	Factor de uso	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1	0.9	0.17	0.17	1	4.5	4.5	54.00
2	0.9	0.17	0.17	1.1	4.95	4.95	59.40
3	0.9	0.17	0.17	1.2	5.4	5.4	64.80
4	0.9	0.17	0.17	1.3	5.85	5.85	70.20
Más de 4	0.9	0.17	0.17	1.45	6.525	6.525	78.30
Media	0.9	0.17	0.17	1.15	5.18	5.18	62.10

Sumando todos esos consumos se obtiene el consumo total del apartado “otros”, que se recoge en la Tabla 2.41:

Tabla 2.41: Consumo eléctrico anual (kWh) considerado en el apartado “Otros”, según la ocupación y para el hogar medio según el modelo de gasto teórico simplificado.

MODELO SIMPLIFICADO	Sumatorio otros			
	Personas	kWh / mes verano	kWh / mes invierno	kWh / año
1		5.12	5.12	61.44
2		6.03	6.03	72.36
3		6.94	6.94	83.28
4		7.85	7.85	94.20
Más de 4		8.99	8.99	107.82
Media		6.47	6.47	77.66

La diferencia principal entre el modelo de gasto mínimo y el teórico simplificado en el apartado “Otros” radica en que, en lugar de dar una potencia media como se ha hecho en el modelo de gasto mínimo, en el modelo teórico se han escogido tres dispositivos muy comunes en los hogares (cada uno con su potencia) y se han sumado sus consumos, llegando a unos valores de consumo medio considerables.

2.2.12 Stand-by

Además del consumo de los dispositivos encuadrados en la categoría de “Otros”, se añade un último concepto que es el consumo en stand-by de determinados aparatos. Siguiendo lo observado en la bibliografía, se ha supuesto un consumo en stand-by del 7% del total de la demanda [9].

2.2.13 Consumo medio por hogar estimado por el Modelo Teórico simplificado.

Como resumen de lo expuesto en los apartados anteriores para cada dispositivo, se muestran en la *Tabla 2.42* las hipótesis de potencia (P_i) y frecuencia de uso de invierno ($f_{i,\text{invierno}}$) y verano ($f_{i,\text{verano}}$) que se han utilizado en el Modelo Teórico Simplificado para el cálculo del consumo eléctrico anual (CELT) dado por las Ecuaciones 2.1-2-3. La frecuencia de uso se ha uniformizado en horas por mes (h/mes).

Tabla 2.42: Hipótesis de potencia y frecuencia de uso de los aparatos.

Aparato	P_i [kW]	$f_{i,\text{invierno}}$ [h/mes]	$f_{i,\text{verano}}$ [h/mes]
Cocina (Fogón grande/Fogón pequeño)	0.90/0.75	6.0/30.0	3.0/21.0
Horno	0.85	8.0	4.0
Lavadora	1.70	8.0	8.0
Secadora	2.20	6.0	6.0
Frigorífico ⁴	0.10/0.08	720.0	720.0
Congelador ⁵	0.08/0.064	720.0	720.0
Iluminación ⁶	0.024	1587.6	1190.7
Lavavajillas	1.90	8.0	8.0
Tvs	0.255	95.4	95.4
PCs	0.280	68.7	68.7
Otros (Móviles/Tabletas/Microondas)	0.005/0.020/0.900	60.0/16.0/5.1	60.0/16.0/5.1

La tabla muestra los factores de uso (FU) que se han tenido en cuenta en el Modelo de Gasto Teórico simplificado en función del número de miembros de los hogares. Todos los factores son constantes, salvo los de la iluminación, que dependen de los metros cuadrados de la vivienda (en este caso se muestra en función de los metros cuadrados medios de los hogares en 2019, 103.7, según SPAHOUSEC II [5]), como se ha explicado en el apartado 2.2.7.

⁴ Se distinguen dos hipótesis de potencia media de los frigoríficos en invierno y verano respectivamente.

⁵ Se distinguen dos hipótesis de potencia media de los congeladores en invierno y verano respectivamente.

⁶ Las hipótesis de potencia media y las frecuencias de uso de invierno y de verano de la iluminación se obtienen de calcular la media ponderada de las mismas.

Tabla 2.43: Hipótesis de factores de uso (FU) de los aparatos en función del tamaño del hogar.

FU (HS)	1	2	3	4	Más de 4
Cocina	1.00	1.10	1.20	1.30	1.45
Horno	1.00	1.10	1.20	1.30	1.45
Lavadora	1.20	1.50	1.90	2.20	2.50
Secadora	1.20	1.50	1.90	2.20	2.50
Frigorífico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Congelador	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Iluminación	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00
Lavavajillas	1.10	1.30	1.50	1.80	1.90
Tvs	0.85	0.95	1.05	1.15	1.30
PCs	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00
Otros (Móviles/Tabletas / Microondas)	1.00/1.00 /1.00	2.00/1.50/ 1.10	3.00/2.00/ 1.20	4.00/2.50/ 1.30	5.00/3.00/ 1.45

Además, para la estimación del consumo medio de un hogar, se ha tenido en cuenta que hay dispositivos que no se encuentran en todos los hogares; en esos casos se ha multiplicado su consumo medio por la penetración obtenida según diversas fuentes y que se muestran en la Tabla 2.44. Para el resto de equipamiento, en el que la penetración es superior al 95%, se ha asumido que están presentes en todos los hogares.

Tabla 2.44: Penetración de los diferentes dispositivos y fuentes utilizadas.

Aparato	Penetración	Fuente
Secadora	28.30%	SECH-SPAHOUSEC [12]
Congelador	24.80%	SPAHOUSEC II [5]
Horno	77.10%	SECH-SPAHOUSEC [12]
Lavavajillas	54.80%	SPAHOUSEC II [5]
Ordenador	80.90%	España en cifras 2020 [13]
Tablet	54.50%	España en cifras 2020 [13]

Utilizando el modelo desarrollado, se realiza el sumatorio de las contribuciones de cada uno de los dispositivos considerados y de la iluminación, obteniéndose el Consumo Eléctrico Teórico (CELT) en kWh/año, según la Ecuación 2.4.

$$CELT = \sum_{i=1}^n C_{i,anual} \cdot p_i \quad (2.4)$$

siendo p_i la penetración de los electrodomésticos. Toma, de forma general, un valor igual a 1 salvo para los definidos en la Tabla 2.44, en la que se muestra el valor utilizado.

En la Tabla 2.45 se muestra el valor final obtenido de la suma de todas las contribuciones al consumo eléctrico en un hogar, según el número de ocupantes y para el hogar medio, así como los valores parciales de las diferentes contribuciones.

Tabla 2.45: Consumo eléctrico anual (kWh/año) doméstico (CELT), según el número de ocupantes y para el hogar medio, siguiendo el modelo de gasto teórico simplificado.

Nº Ocupantes	Cocina	Lavadora	Secadora	Frigorífico	Congelador	Horno	Iluminación	TV	Ordenador	Lavavajillas	Otros	Stand-by	Total
1	338.02	195.84	53.79	748.80	148.56	52.43	167.02	247.86	74.56	109.95	59.78	153.76	2350.38
2	371.83	244.80	67.24	748.80	148.56	57.67	334.05	277.02	149.11	129.94	69.87	181.92	2780.82
3	405.63	310.08	85.17	748.80	148.56	62.91	501.07	306.18	223.67	149.93	79.96	211.54	3233.51
4	439.43	359.04	98.62	748.80	148.56	68.16	668.09	335.34	298.23	179.92	90.05	240.40	3674.64
Más de 4	490.14	408.00	112.07	748.80	148.56	76.02	835.12	379.08	372.79	189.91	102.84	270.43	4133.76
Media	388.74	275.05	75.55	748.80	148.56	60.29	412.80	291.61	184.27	141.11	74.78	196.11	2997.67

2.3. Comparación con otros modelos/datos

En este punto se ha comparado el consumo medio estimado por el modelo de gasto teórico simplificado con otros modelos de referencia. Como no todas las referencias se refieren al mismo año, se ha adaptado el modelo de gasto teórico al año de la referencia variando los porcentajes de penetración, el número de bombillas en la iluminación y el porcentaje de la distribución de los ocupantes de los hogares, utilizando los datos del año concreto al que se refiera.

2.3.1. Comparación del Modelo Teórico simplificado con SECH-SPAHOUSEC

Para la comparación del Modelo Teórico simplificado con el estudio del informe SECH-SPAHOUSEC [12] del año 2011, se han utilizado como referencia los datos mencionados en ese informe como las penetraciones o el multiequipamiento, adaptando el modelo teórico a ese año. También se ha utilizado el porcentaje de personas en los hogares extraído del mismo informe (Tabla 2.47), que es diferente al utilizado para 2019, así como el tamaño medio de hogar (para la iluminación). Es decir, para poder comparar los resultados del modelo, que se ha basado en datos de 2019, con el informe de 2011, se han cambiado todos los datos mencionados a los existentes en 2011.

Los porcentajes de penetración usados para dicho modelo de 2011 se muestran en la Tabla 2.46.

Tabla 2.46: Penetración en 2011 de los diferentes dispositivos y fuente utilizada.

Aparato	Penetración	Fuente
Secadora	28.30%	SECH-SPAHOUSEC [12]
Congelador	23.20%	SECH-SPAHOUSEC [12]
Horno	77.10%	SECH-SPAHOUSEC [12]
Lavavajillas	53.10%	SECH-SPAHOUSEC [12]
Ordenador	68.70%	España en cifras 2011 [14]

Tabla 2.47: Composición de los hogares españoles en 2011 según SECH-SPAHOUSEC [12].

Nº Personas Hogar	%
1	22%
2	27%
3	22%
4	20%
Mas de 4	9%

Los resultados obtenidos para el consumo eléctrico con esos datos referidos a 2011, para las distintas ocupaciones y el hogar medio en ese año (2.7 ocupantes y 102.4 m²) [12], se muestran la Tabla 2.48.

Tabla 2.48: Consumo eléctrico anual (kWh/año) doméstico en 2011, según el número de ocupantes y para el hogar medio, siguiendo el modelo de gasto teórico simplificado.

Nº Ocupantes	Cocina	Lavadora	Secadora	Frigorífico	Congelador	Horno	Iluminación	TV	Ordenador	Lavavajillas	Otros	Stand-by	Total
1	347.01	195.84	53.79	748.80	138.98	52.43	189.77	242.03	58.62	106.54	57.60	153.40	2344.81
2	381.72	244.80	67.24	748.80	138.98	57.67	379.53	271.19	117.25	125.91	66.60	181.98	2781.66
3	416.42	310.08	85.17	748.80	138.98	62.91	569.30	300.35	175.87	145.28	75.60	212.01	3240.77
4	451.12	359.04	98.62	748.80	138.98	68.16	759.06	329.51	234.50	174.34	84.60	241.27	3687.99
Más de 4	506.64	408.00	112.07	748.80	138.98	76.02	948.83	358.67	293.12	184.02	96.84	271.04	4143.02
Media 2011	406.84	285.93	78.54	748.80	138.98	61.42	506.67	290.73	156.53	140.83	72.92	202.17	3090.34

En la Tabla 2.49, se compara el hogar medio de 2011 con los datos de SECH-SPAHOUSEC [12]. Se puede ver como el consumo total se desvía únicamente un 8% (sobreestimándolo), si bien es cierto que algunos de los dispositivos se desvían algo más.

Es notable la diferencia que existe en la estimación del consumo del horno, pero la consulta de otras fuentes permite verificar que el consumo dado por SECH-SPAHOUSEC es excesivo ([9], [15]).

Tabla 2.49: Resultados del modelo de gasto teórico simplificado comparado con los del informe SECH-SPAHOUSEC [12], desglosados para cada dispositivo y total para un hogar medio (2.7 ocupantes y 102.4 m²)

	Modelo Simplificado 2011	SPAHOUSEC	Diferencia
	kWh/hogar total	kWh/hogar total	%
Cocina (eléctrica)	406.84	343.44	18%
Ilum+electrod	2683.51	2515.61	7%
Iluminación	506.67	410.00	24%
Electrodomésticos	2176.83	2105.61	3%
Frigoríficos	748.80	655	14%
Congeladores	138.98	129.46	7%
Lavadoras	285.93	254.00	13%
Lavavajillas	140.83	130.10	8%
Secadoras	78.54	72.17	9%
Horno	61.42	176.56	-65%
TV	290.73	261.80	11%
PCs	156.53	119.54	31%
Stand-by	202.17	231	-12%
Otros	72.92	76.00	-4%
Total	3090.34	2859.05	8%

2.3.2. Comparación del modelo teórico simplificado con el modelo de Escobar et al.

El trabajo presentado por Escobar et al. [9] está basado en los datos de SECH-SPAHOUSEC, aunque calcula los consumos a través de gráficas de perfil de uso de algunos de los dispositivos, obtenidos a partir de la Encuesta de Empleo de Tiempo del INE. Se ha realizado una comparativa de los resultados del modelo teórico simplificado, de nuevo ajustado a 2011, con los resultados obtenidos por el trabajo de Escobar, que se puede observar en la *Tabla 2.50*.

Tabla 2.50: Resultados del modelo de gasto teórico simplificado comparado con los obtenidos por Escobar et al. [9], desglosados para cada dispositivo y total para un hogar medio 2.7 ocupantes y 102.4 m²).

	Modelo Simplificado	Modelo Escobar	Diferencia
	kWh/hogar total	kWh/hogar total	%
Cocina + Horno	468.26	501.88	-7%
Ilum+electrod	2622.09	2386.08	10%
Iluminación	506.67	409.53	24%
Electrodomésticos	2115.41	1976.55	7%
Frigoríficos	748.80	655	14%
Congeladores	138.98	129.46	7%
Lavadoras	285.93	255.50	12%
Secadoras	78.54	74.22	6%
Lavavajillas	140.83	130.67	8%
TV	290.73	262.80	11%
PCs	156.53	159.87	-2%
Stand-by	202.17	229.95	-12%
Otros	72.92	79.08	-8%
Total	3090.34	2887.95	7%

Puesto que los datos del trabajo de Escobar se basan en SECH-SPAHOUSEC [12], no hay mucha diferencia entre esta comparativa y la realizada de forma directa con el propio informe. El consumo total para un hogar medio se diferencia en tan solo un 7%, prácticamente igual que en el caso del informe.

Algunos dispositivos se ajustan mejor al cálculo según el modelo teórico simplificado, como los PCs y la suma de cocina y horno. La iluminación es el parámetro que más se desvía, sobreestimándose en un 24%.

Se puede observar que el consumo del horno se ha unido al de la cocina, porque la encuesta de uso de tiempo no permite diferenciar entre ambos usos. Los consumos de frigoríficos y congeladores no cambian con respecto a los del informe de SPAHOUSEC, dado que se modelan como un consumo constante, sin llevar asociado una curva de perfil de uso.

2.3.3. Comparación del modelo de gasto teórico simplificado con datos estadísticos oficiales

Se han comparado también los resultados obtenidos del modelo teórico simplificado con los datos procedentes de varios informes del IDAE con datos estadísticos de consumo de energía eléctrica. En concreto, se han utilizado:

- **Informe Sintético de Indicadores de Eficiencia Energética (IEE) del año 2018** [15], de donde, a partir de los datos de estructura del consumo eléctrico por tipo de equipamiento se pueden obtener los consumos medios para todos los equipos que consumen electricidad en un hogar.

- **Informe anual de indicadores energéticos. Año 2018.** [16] De este informe se puede obtener el dato agregado del consumo medio por hogar en iluminación y electrodomésticos.
- **Informe anual de consumos energéticos. Evolución 2010-2018.** [17] Ha sido utilizado para obtener una media por hogar del consumo eléctrico en cocina y, de forma agregada, en iluminación y electrodomésticos (este último valor coincide con el obtenido en la referencia anterior).

La comparación con todas esas referencias, por tanto, no puede realizarse con todos los campos. Se muestra en la Tabla 2.51 la comparación con los datos obtenidos de los informes anteriores, junto con las desviaciones en cada campo y en el total.

Tabla 2.51: Resultados del modelo de gasto teórico simplificado comparado con las diferentes fuentes estadísticas desglosados para cada dispositivo y total para un hogar medio (2.5 personas y 103.7 m²).

	Modelo Simplificado	Síntesis IEE 2018 [15]	Diferencia	Indicadores energéticos 2018 [16]	Diferencia	Consumos energéticos 2018 [17]	Diferencia
	kWh/hogar total	kWh/hogar total	%	kWh/hogar total	%	kWh/hogar total	%
Cocina (eléctrica)	388.74	376	3%	-		376	3%
Ilum+electrod	2608.93	2827	-8%	2976	-12	2976	-12%
Iluminación	412.80	473	-13%	-	-	-	-
Electrodomésticos	2222.46	2354	-7%	-	-	-	-
Frigoríficos	748.80	768	-2%	-	-	-	-
Congeladores	148.56	150	-1%	-	-	-	-
Lavadoras	275.05	295	-7%	-	-	-	-
Lavavajillas	141.11	150	-6%	-	-	-	-
Secadoras	75.55	85	-11%	-	-	-	-
Horno	60.29	61	-1%	-	-	-	-
TV	291.61	303	-4%	-	-	-	-
PCs	184.27	186	-1%	-	-	-	-
Stand-by	196.11	267	-27%	-	-	-	-
Otros	74.78	89	-16%	-	-	-	-
Total	2997.31	3203	-6%	-			

Se puede observar cómo, en la comparación con los datos del informe de síntesis de indicadores de eficiencia energética, en el que se dispone de todos los dispositivos desagregados, el modelo llega a resultados muy similares, con tan solo un 6% de desviación en el cómputo de consumo total, quedando la estimación del modelo por debajo.

El cálculo de la cocina parece bastante acertado, teniendo sólo un 3% de desviación. El resto de electrodomésticos se ajustan también bastante bien, con desviaciones máximas del 11%. La mayor desviación se produce en Stand-by, en donde se ha utilizado un valor porcentual constante con respecto al total del consumo, obtenido de [9].

2.3.4. Comparación del modelo de gasto teórico simplificado con el modelo de gasto mínimo.

Se ha comparado también este modelo con los resultados del modelo de gasto mínimo detallados en el apartado 2.1. La comparativa se muestra en la Tabla 2.52.

Tabla 2.52: Resultados del modelo de gasto teórico simplificado comparado con los obtenidos con el modelo gasto mínimo.

	Modelo Simplificado	Modelo de Gasto Mínimo	Diferencia
	kWh/hogar total	kWh/hogar total	%
Cocina (eléctrica)	388.74	462.70	-19%
Illum+electrod	2608.93	1285.96	51%
Iluminación	412.80	316.86	23%
Electrodomésticos	2196.13	969.10	56%
Frigoríficos	748.80	420	44%
Congeladores	148.56		
Lavadoras	275.05	118.69	57%
Lavavajillas	141.11	123.63	12%
Secadoras	75.55		
Horno	60.29	64.00	-6%
TV	291.61		
PCs	184.27		
Stand-by + Otros	270.89	242.78	10%
Total	2997.31	1748.66	42%

Los resultados obtenidos entre los dos modelos son muy diferentes, pero hay que destacar que el modelo mínimo responde a una primera aproximación al cálculo de la demanda eléctrica. El modelo teórico simplificado es más completo y responde a una modelización de un hogar medio más real.

3. Aplicación del modelo simplificado a la base de datos del proyecto “Ni un hogar sin energía”

Desde 2013 ECODES promueve el programa "Ni un hogar sin energía" para la lucha contra la pobreza energética y la mejora de la eficiencia energética en los hogares españoles. En estos años ha ayudado a más de 7.000 familias de 50 provincias españolas a reducir sus facturas de energía y mejorar el confort de sus hogares a través de auditorías energéticas y consejos personalizados. En un informe previo [2] se caracterizó la situación y el comportamiento energético de esta muestra de hogares (cuya información, anonimizada, se recoge en una base de datos que se describe en el siguiente apartado), aplicando dos tipos de modelos: un modelo de gasto térmico teórico (GTT), y un modelo estadístico de gasto eléctrico real (GELR). En ese informe se concluye que la muestra de hogares de ECODES presenta un nivel de vulnerabilidad muy alto. En particular, destaca que existe una proporción muy significativa de hogares (alrededor del 50%) cuyo gasto energético absoluto es inferior a la mitad de la suma de GTT y GELR o, en otras palabras, muy inferior a su gasto energético teórico. Este hecho puede interpretarse de dos maneras diferentes: o bien el grupo sufre un problema de pobreza energética escondida (entendida como un gasto insuficiente), o bien se están sobreestimando las necesidades energéticas teóricas.

El presente apartado describe la metodología y los resultados de la aplicación del modelo de gasto eléctrico teórico simplificado descrito en 2.2, a la base de datos del programa "Ni un hogar sin energía", y se destacan las principales conclusiones sobre la situación energética de los hogares acogidos por el programa.

3.1 Descripción de la base de datos

El diagnóstico energético del programa se ha realizado recogiendo datos sobre las siguientes características de los hogares: (1) situación socioeconómica, (2) estado de eficiencia energética y equipamiento de la vivienda, (3) hábitos de los hogares y (4) información sobre el consumo energético y los contratos de suministro. Además, esta base de datos tiene dos fuentes de información diferentes:

- **Fuente1:** Datos recopilados durante las visitas a los hogares vulnerables (entrevistas presenciales).
- **Fuente2:** Datos recogidos por una herramienta de la web ("autodiagnósticos online").

Una descripción detallada de los campos de la base de datos se realiza en [2] Aunque el programa tiene datos desde antes, fue en 2017 cuando las preguntas del cuestionario de diagnóstico energético empezaron a incluir el consumo medio mensual en electricidad, que es el parámetro clave para poder aplicar el modelo presentado en este informe. Por tanto, para la aplicación del modelo de gasto eléctrico teórico simplificado se usará la base de datos desde octubre de 2017. Se tienen datos hasta septiembre de 2020, contando con los datos correspondientes a 4357 hogares.

Sin embargo, como el objetivo del presente estudio es validar un modelo de consumo eléctrico teórico, y este se refiere exclusivamente a usos no térmicos de la electricidad, se han descartado del estudio todos los hogares que utilizan electricidad para calefacción y para ACS, así como los que tienen aire acondicionado. Con el filtrado realizado se han obtenido 3047 datos que son los que finalmente se han utilizado para validar el modelo y obtener unos indicadores de vulnerabilidad energética de la muestra. Los campos que se han considerado para dicho análisis son los siguientes: tamaño de la vivienda (m²), tamaño del hogar (TH, medido por el nº de miembros), y consumo medio mensual en electricidad (kWh/mes).

3.2 Resultados obtenidos

Primero, se ha calculado el consumo real anual en electricidad (CELR) de cada uno de los 3047 hogares analizados a partir del dato sobre consumo medio mensual en electricidad declarado en la base de datos. En una segunda fase se ha estimado el consumo eléctrico teórico (CELT) de estos mismos hogares, utilizando el modelo teórico desarrollado, a partir de la información sobre el tamaño de la vivienda y el número de ocupantes.

Por último, para poder analizar los resultados obtenidos, estos dos valores se han dividido entre sí para calcular el cociente entre el consumo eléctrico real declarado en la base de datos y el teórico calculado con el modelo (CELR/CELT) para cada hogar de la muestra. A partir de los resultados obtenidos, se ha procedido a la aplicación del modelo de CELT a través del análisis de los siguientes indicadores:

- (1) La mediana muestral del cociente CELR/CELT;
- (2) la proporción de hogares cuyo CELR es inferior al correspondiente CELT.

El primero estima el ajuste del modelo al consumo real de los hogares (se ha elegido la mediana porque elimina los casos extremos que podrían distorsionar el resultado de la estimación), mientras que el segundo calcula el porcentaje de hogares que tienen un consumo menor del teórico calculado con el modelo, o sea, un consumo insuficiente para cubrir sus necesidades eléctricas, y que, por tanto, podrían estar potencialmente en pobreza energética escondida.

El análisis se llevó a cabo para los tres grupos de datos siguientes:

- **DATOS1:** datos de hogares visitados por ECODES y datos de la herramienta web, 3047 hogares
- **DATOS2:** datos de hogares visitados por ECODES, 2151 hogares
- **DATOS3:** datos de la herramienta web, 896 hogares

En el proceso de aplicación del modelo a la muestra se obtienen resultados diferentes según el grupo de datos considerado, como se muestra en la Figura 3.1 y en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida..** La Figura 3.1 compara el consumo eléctrico teórico para el hogar medio (CELT) con las medianas de consumo real (CELR) de los tres grupos de la base de datos de ECODES, mientras que la Tabla 3.1 muestra los resultados del cálculo de los dos indicadores elegidos para llevar a cabo la aplicación del modelo.

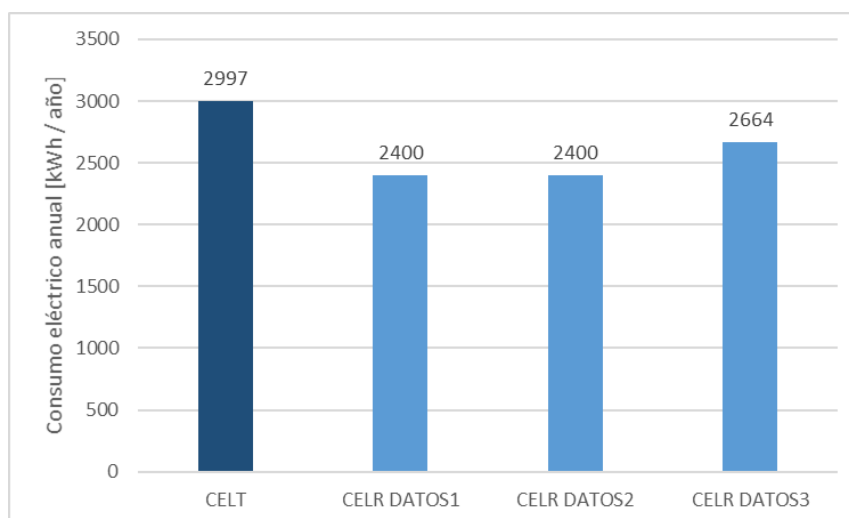


Figura 3.1. Comparación entre el consumo eléctrico teórico para el hogar medio (CELT) y las medianas de consumo real (CELR) de los tres grupos de la base de datos de ECODES.

Tabla 3.1: Valores de los indicadores del proceso de aplicación del modelo a la muestra según el grupo de datos seleccionado.

Grupo de datos	Indicador (1)	Indicador (2)
DATOS1	0.81	62%
DATOS2	0.79	65%
DATOS3	0.89	57%

Los resultados de la Tabla 3.1 indican que hay una diferencia mínima entre los parámetros estadísticos de los dos primeros grupos de la base de datos. Esto ocurre principalmente porque los datos de la herramienta web son sólo el 29% de DATOS1. Sin embargo, comparando DATOS2 y DATOS3, se puede observar que los hogares visitados por ECODES consumen menos electricidad en comparación con el valor teórico que los que hicieron el autodiagnóstico online. En resumen, la muestra global tiene medianamente un consumo eléctrico real inferior al consumo eléctrico teórico correspondiente, y esta diferencia es mayor en los hogares visitados por la ONG.

3.3 Conclusiones

El modelo CELT ha sido contrastado comparando los consumos estimados por el propio modelo con los reales de la base de datos de hogares de ECODES. En promedio, el consumo real de electricidad de estas familias es moderadamente inferior al consumo teórico modelado (un 20% menor que el CELT).

Esta diferencia aumenta cuando se consideran sólo los hogares atendidos por la ONG, lo que confirma su condición de vulnerabilidad. Este resultado es el producto de dos características contrastantes que se han podido comprobar durante el trabajo de campo de los voluntarios de ECODES.

Por un lado, como se ha señalado en un estudio anterior sobre esta muestra, las familias de la base de datos de ECODES son en su mayoría hogares vulnerables, por lo que tienden a consumir menos que las familias con recursos mayores por “miedo a la factura”. Por otro lado, la diferencia en el consumo no es muy alta porque suelen poseer aparatos ineficientes de mayor potencia, por lo que consumen más.

Estos dos problemas al que se enfrentan cada día dichos hogares, y que los atrapan en una condición de vulnerabilidad energética, se podrían tratar de solucionar implementando la EN que propone, entre otras medidas, la mejora de la eficiencia energética de los aparatos eléctricos en los hogares (que reduciría el consumo) que, junto con el nuevo bono social (que reduciría consistentemente el gasto, si fuera diseñado en función de las necesidades energéticas de los mismos), podría abaratar sus facturas.

4. Modelo de gasto teórico avanzado

Para realizar el Modelo de Gasto Teórico Avanzado se ha partido de la Encuesta de Empleo de Tiempo [4] realizada por el INE en el año 2010 donde se pueden extraer los hábitos de vida de los hogares en función de su composición. La Tabla 4.1 recoge la distribución de los hogares encuestados en función del número de personas que habitan en ellos.

Tabla 4.1: Distribución de los hogares en la EET 2010 [4].

Personas	Nº Hogares	%
1	1714	18%
2	2931	31%
3	2259	24%
4	1964	21%
Más de 4	673	7%
Total	9541	100%

La encuesta recoge la información referente a cada uno de los 9541 hogares encuestados con datos como la comunidad autónoma a la que pertenecen, tamaño del municipio, tipo de hogar (hogar unipersonal, pareja sola, con hijos menores de 25, etc.), número total de miembros del hogar, etc.. También contiene información sobre cada uno de los miembros de los hogares, siendo en total 25895, con datos como su sexo, mes y año de nacimiento u ocupación. Además, la encuesta recoge las actividades primarias y secundarias que realizan cada uno de los miembros mayores de 10 años en intervalos de diez minutos durante un día, junto con el lugar donde lo realiza, si está solo o acompañado por algún miembro del hogar, si está utilizando el ordenador en esa actividad o no y otros aspectos.

Para la elaboración del modelo se ha tomado la información referente a los siguientes factores:

- Número de personas que tiene cada hogar.
- Actividad principal y secundaria que está realizando en cada intervalo de diez minutos.
- Si la persona está realizando la actividad sola o acompañada, y si está acompañada por otro miembro del hogar.

Este modelo tiene como objeto la estimación de la energía eléctrica consumida en los hogares por aquellos electrodomésticos que tienen un consumo variable a lo largo del día, como la cocina, la lavadora, la secadora, el lavavajillas, la televisión y el ordenador. Se asume que tanto la nevera como el congelador tienen un consumo constante a lo largo del día como en el Modelo de Gasto Mínimo, en el Modelo de Gasto Teórico simplificado y en Escobar et al. [9].

4.1 Descripción del modelo

Algunas de las actividades que lleva a cabo cada uno de los encuestados en el hogar durante cada intervalo de tiempo se puede asociar al uso de alguno de los electrodomésticos que se estudian en este modelo (cocina, lavadora, secadora, lavavajillas, televisión y ordenador). Para cada uno de ellos se ha

realizado una hipótesis de potencia media y se han tenido en cuenta los factores de penetración descritos en la Tabla 2.44.

Para calcular el consumo de cada aparato, por un lado, se ha calculado la potencia media (P_{jkl}) [kW] de cada aparato j en cada uno de los intervalos de tiempo k (intervalos de 10 minutos a lo largo de un día, por tanto, $k=1...144$), para cada tipo de hogar l según el tamaño (1, 2, 3, 4, más de 4). La unión de estos intervalos de tiempo dará lugar a curvas de potencia media a lo largo del día debidas al uso del aparato j , según la Ecuación 4.1.

$$P_{jkl} = \frac{(\sum_{i=1}^n FAP_{ij} + \sum_{i=1}^n FAS_{ij})}{N_l} \cdot P_j \text{ [kW]} \quad (4.1)$$

siendo n el número de persona encuestada, FAP_{ij} y FAS_{ij} son factores que representan a las actividades primarias y secundarias respectivamente y que toman valor 1 si el encuestado i está utilizando el aparato j o 0 si no lo está utilizando, P_j potencia del aparato j [kW] y N_l el número de miembros del hogar.

Para cada tipo de hogar según el número de miembros (l), el cálculo del consumo medio de los aparatos (C_{jl}) se realiza multiplicando la potencia promedio obtenida según la Ecuación 4.1. en cada intervalo k por la duración de dicho intervalo de tiempo (10 minutos), pasando después a kWh y multiplicando por los 365 días del año, como se muestra en la Ecuación 4.2.

$$C_{jl} = \left(\sum_{k=1}^{n=144} P_{jkl} \right) \cdot \left(\frac{10}{60} \right) \cdot 365 \text{ [kWh]} \quad (4.2)$$

4.1.1 Cocina y horno

Se han recogido aquellas acciones que llevaban la acción número 311, recogida en la EET como "Preparación de comidas y conservación de alimentos". El modelo cocina + horno recoge el consumo de energía eléctrica derivado tanto de los fogones como de los hornos, teniendo en cuenta, además, que este último electrodoméstico se encuentra en el 77.10% de los hogares.

Ajustando el modelo se formulan las siguientes hipótesis:

- Potencia: 0.967 kW
- Las cocinas son eléctricas o de vitrocerámica.
- Un 77.10% de los hogares cuentan con horno.

Se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 4.2 y en la Figura 4.1.

Tabla 4.2: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la cocina y el horno, en función de la ocupación.

Cocina + Horno	1	2	3	4	Más de 4	Media
Avanzado	266.85	459.43	485.51	552.623	651.20	442.65

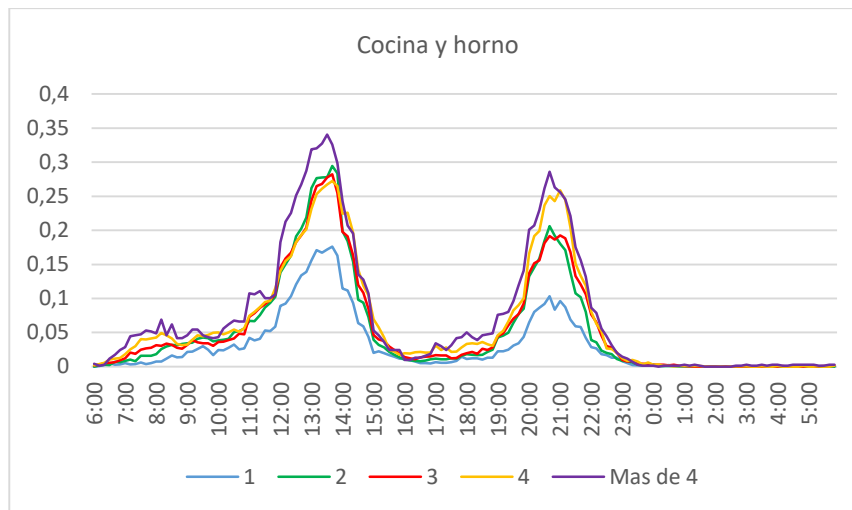


Figura 4.1. Curvas de potencia media a lo largo del día debidas al uso de la cocina y el horno, en función de la ocupación del hogar.

La Figura 4.1 muestra el perfil de la potencia media consumida en España debido al uso de la cocina y el horno a lo largo del día y en función del número de miembros de los hogares. Se puede observar como el pico de la demanda se encuentra entre las 13:30 y las 14 horas, correspondiente al momento de preparación de la comida y con otro pico de menor magnitud entre las 20:30 y las 21 horas, correspondiente al momento de preparación de la cena.

4.1.2 Lavavajillas

Se han recogido aquellas acciones que llevaban la acción número 312 recogida en la EET como “Fregar la vajilla”.

Para ajustar el modelo se formulan las siguientes hipótesis:

- Potencia de 1.5 kW (Potencia mínima de Lucera [7])
- Duración media del programa del lavavajillas 2 horas.

Se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 4.3. y en la Figura 4.2.

Tabla 4.3: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de lavavajillas, en función de la ocupación.

Lavavajillas	1	2	3	4	Más de 4	Media
Avanzado	79.87	149.64	154.35	179.41	203.93	141.01

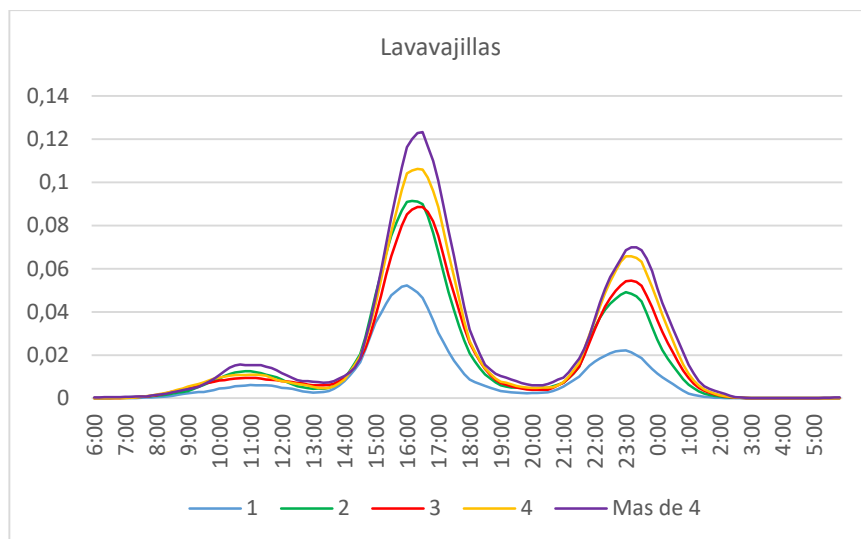


Figura 4.2. Curvas de potencia media a lo largo del día debidas al uso del lavavajillas, en función de la ocupación del hogar.

4.1.3 Lavadora

Se han recogido aquellas acciones que llevaban la acción número 331 recogida en la EET como “Colada”. Ajustando el modelo se formulan las siguientes hipótesis

:

- Potencia de 1.5 kW (Potencia mínima de Lucera [7]).
- Duración media del programa de lavado 2 horas.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.4 y en la Figura 4.3.

Tabla 4.4: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la lavadora, en función de la ocupación.

Lavadora	1	2	3	4	Más de 4	Media
Avanzado	162.07	273.18	360.82	401.84	462.39	296.11

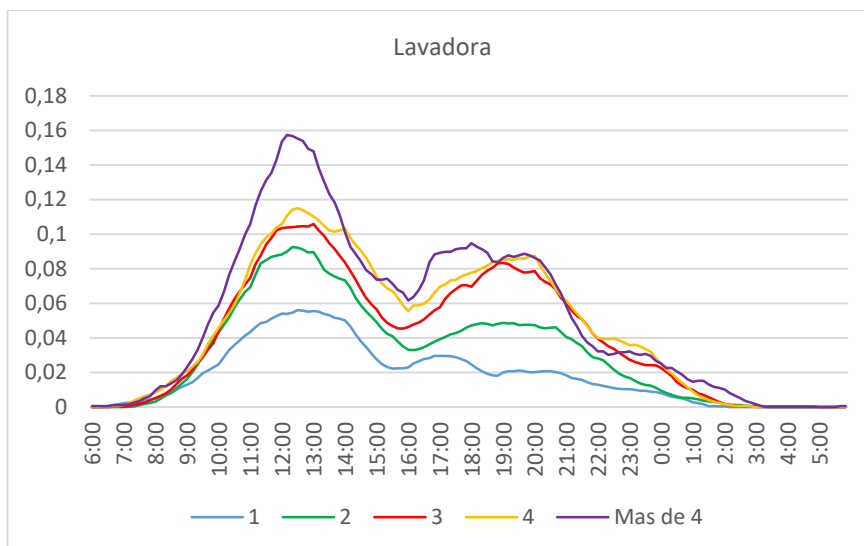


Figura 4.3. Curvas de potencia media a lo largo del día debidas al uso de la lavadora, en función de la ocupación del hogar.

La Figura 4.3 muestra el perfil de la potencia media consumida debido al uso de la lavadora a lo largo del día y en función del número de miembros de los hogares. Se puede observar como el pico de la demanda se encuentra entre las 12 y las 13 horas, con otro pico de menor magnitud entre las 19 y las 20 horas. Además, se puede ver como el consumo de los hogares es escalonado según aumenta el número de miembros de los hogares, habiendo más diferencia durante el pico de demanda.

4.1.4 Secadora

Al igual que para la lavadora se ha recogido aquellas acciones que llevaban la acción número 331 recogida en la EET como “Colada”, al formar parte de ésta. Ajustando el modelo se formulan las siguientes hipótesis:

- Potencia de 2 kW.
- Duración media del programa de secado: 1.5 horas.
- Se aplica el factor de penetración de 28.30% [12]
- La secadora empieza tras las dos horas del ciclo de lavado.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.5 y en la Figura 4.4.

Tabla 4.5: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la lavadora, en función de la ocupación.

Secadora	1	2	3	4	Más de 4	Media
Avanzado	45.80	77.30	102.08	113.63	130.81	83.76

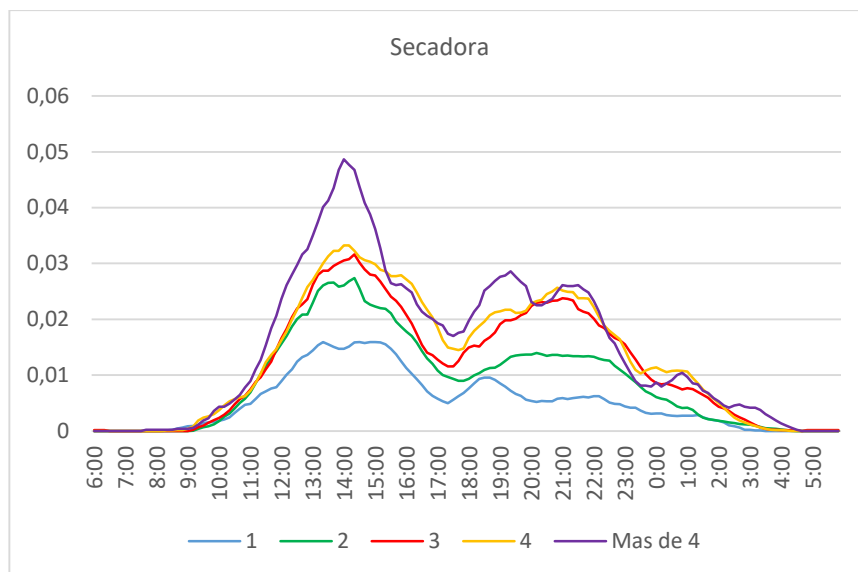


Figura 4.4. Curvas de potencia media a lo largo del día debidas al uso de la secadora, en función de la ocupación del hogar.

La Figura 4.4 muestra el perfil de la potencia media consumida en España debido al uso de la secadora a lo largo del día y en función del número de miembros de los hogares. Se trata de unas curvas muy similares a las de la lavadora, ya que su cálculo se basa en la misma actividad de la encuesta, “Colada”. La única diferencia es que los picos se encuentran desplazados dos horas más en el día, observándose el pico de la demanda se encuentra entre las 14 y las 15 horas, con otro pico de menor magnitud entre las 21 y las 22 horas.

4.1.5 Televisión

Se han recogido aquellas acciones que llevaban las acciones número 821, 822 y 829 recogidas en la EET como “Ver televisión”, “Ver DVD o videos” y “Ver televisión, DVD o videos, especificados o no” respectivamente. Estas tres acciones llevan implícito el uso de una televisión. Ajustando el modelo se formulan la siguiente hipótesis:

- Se toma una potencia media de 0.13 kW por televisión.
- Se considerará que los hogares tienen 1.7 televisiones de media según SPAHOUSEC II [5]. Cada una de ellas tiene una potencia de 0.13 kW, haciendo un total de 0.221 kW de potencia media instalada en los hogares.
- Las personas que estén realizando alguna de estas actividades en solitario consumirán esa potencia media; en cambio, cuando lo hagan en compañía de algún miembro del hogar se contabilizará que está consumiendo la mitad de potencia, es decir, 0.1105 kW. De esta forma se tratará de evitar que se duplique la contabilización de la actividad.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.6y en la Figura 4.5.

Tabla 4.6: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la televisión, en función de la ocupación.

Televisión	1	2	3	4	Más de 4	Media
Avanzado	227.98	315.86	280.70	297.22	341.81	284.25

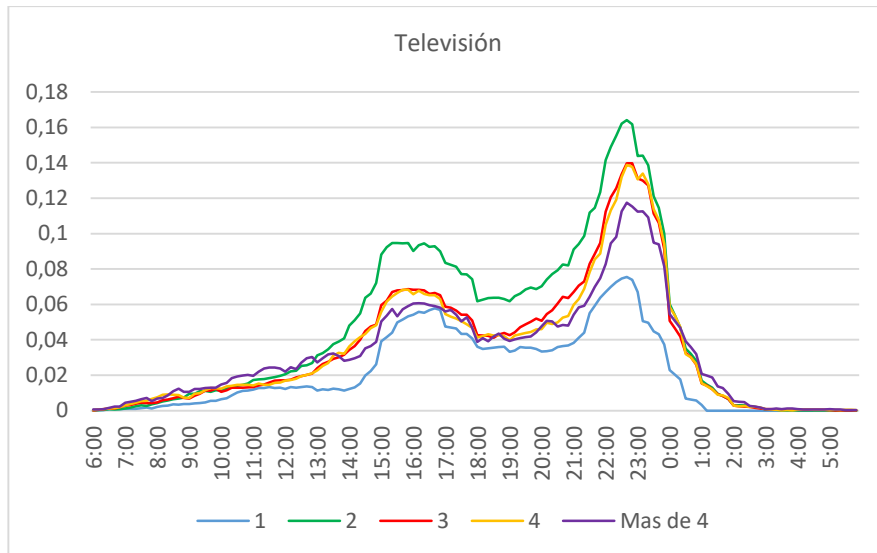


Figura 4.5. Curvas de potencia media a lo largo del día debidas al uso de la televisión, en función de la ocupación del hogar.

4.1.6 Ordenador

Se han recogido aquellas acciones que llevaban las acciones número 721, 722, 723 y 729 recogidas en la EET como “Programación informática”, “Búsqueda de información por ordenador”, “Comunicación por ordenador” y “Otras actividades informáticas, especificadas o no” respectivamente. Estas tres acciones llevan implícito el uso del ordenador. Ajustando el modelo se formula la siguiente hipótesis:

- Se ha supuesto una potencia media de los ordenadores de 0.6 kW. En cada hogar hay de media 1.4 ordenadores, tomado de SPAHOUSEC II [5], por lo que la potencia media de los ordenadores en los hogares es de 0.84 kW.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.7 y en la Figura 4.6.

Tabla 4.7: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso del ordenador televisión, en función de la ocupación.

Ordenador	1	2	3	4	Más de 4	Media
Avanzado	52.45	112.66	198.74	314.50	336.67	163.11

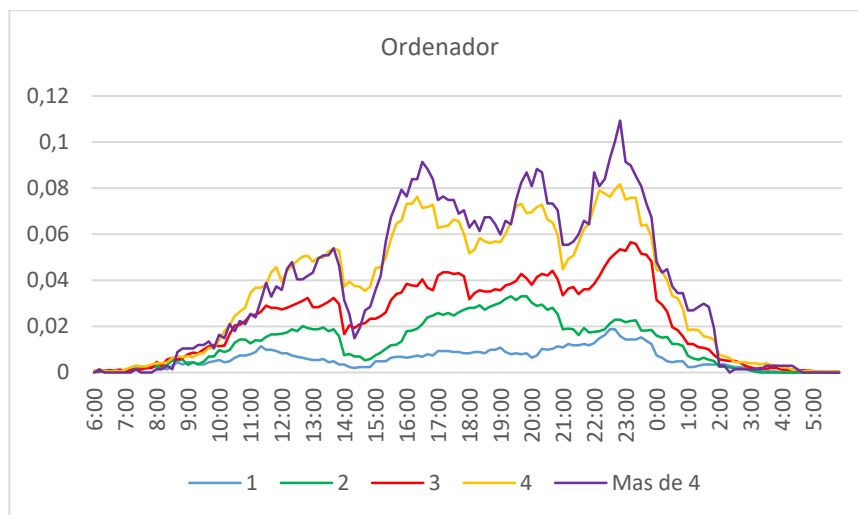


Figura 4.6. Curvas de potencia media a lo largo del día debidas al uso del ordenador, en función de la ocupación del hogar.

4.2 Consumo medio por hogar estimado por el Modelo Avanzado

La Tabla 4.8

Tabla 4.9 muestra las hipótesis de potencia (P_i) que se han tenido en cuenta en el modelo avanzado y que se han explicado en los puntos anteriores. También se muestra el tiempo medio por ciclo de la lavadora, secadora y lavavajillas.

Tabla 4.8: Hipótesis de potencia y tiempo de ciclo del modelo avanzado

Aparato	P_i [kW]	t_{ciclo} [h]
Cocina+Horno	0.967	-
Lavadora	1.5	2
Secadora	2.0	1.5
Lavavajillas	1.5	1.5
TV	0.221	-
PCs	0.84	-

Combinando el consumo estimado para los electrodomésticos anteriores con el consumo de aquellos que no pueden ser modelados a través de la EET y para los que se mantienen las estimaciones del Modelo simplificado, se obtiene el Modelo Avanzado. En la Tabla 4.9 se puede observar el consumo medio de los hogares españoles según su composición.

Tabla 4.9: Consumo eléctrico anual (kWh/año) doméstico, según el número de ocupantes y para el hogar medio, siguiendo el Modelo Avanzado.

Nº Ocupantes	Cocina + Horno	Lavadora	Secadora	Frigorífico	Congelador	Iluminación	TV	Ordenador	Lavavajillas	Otros	Stand-by	Total
1	266.85	162.07	45.80	748.80	148.56	167.02	227.98	52.45	79.87	59.78	153.76	2112.95
2	459.43	273.18	77.30	748.80	148.56	334.05	315.86	112.66	149.64	69.87	181.92	2871.28
3	485.51	360.82	102.08	748.80	148.56	501.07	280.70	198.74	154.35	79.96	211.54	3272.13
4	552.63	401.84	113.63	748.80	148.56	668.09	297.22	314.50	179.41	90.05	240.40	3755.14
Más de 4	651.20	462.39	130.81	748.80	148.56	835.12	341.81	336.67	203.93	102.84	270.43	4232.56
Media	442.65	296.11	83.76	748.80	148.56	412.80	284.25	163.11	141.01	74.78	196.11	2991.93

4.3 Comparación con otros modelos/datos

En este apartado se comparan los resultados obtenidos en el Modelo Avanzado con los obtenidos por los modelos simplificado y de Gasto Mínimo contemplados en los apartados 2.1 y 2.2, y con los modelos o estadísticas de referencia que se utilizaron en la comparativa del apartado 2.3. En primer lugar, se llevará a cabo una comparación del consumo de los electrodomésticos desarrollados a través de las curvas obtenidas de la EET con los modelos simplificados, en función del número de miembros de los hogares. Y a continuación se realizará una comparación del consumo medio del modelo avanzado con el resto de modelos o referencias. En el caso de la comparación con Escobar et al. [9] se ha calculado el consumo del Modelo Avanzado en función de la distribución de hogares por número de miembros correspondiente a 2011 (Tabla 2.47), que es el año en el que realizan su estudio, al igual que se hizo en el punto 2.3.1

4.3.1 Comparación según el número de miembros del hogar

4.3.1.1 Cocina y horno

En la Tabla 4.10 se puede observar la diferencia entre el consumo eléctrico anual del conjunto de la cocina y el horno estimado por el modelo simplificado y el modelo avanzado.

Tabla 4.10: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la cocina y el horno según el modelo simplificado y el avanzado, en función de la ocupación.

Cocina + Horno	1	2	3	4	Más de 4	Media
Simplificado	390.45	429.50	468.54	507.59	566.16	449.03
Avanzado	266.85	459.43	485.51	552.63	651.20	442.65
Diferencia	-46%	7%	3%	4%	13%	-1%

El consumo de energía por el uso de la cocina y el horno estimado por el Modelo Avanzado es significativamente menor que el estimado por el Modelo de Gasto Simplificado en los hogares unipersonales. En el resto de hogares el consumo estimado por el Modelo Avanzado es ligeramente mayor.

Tabla 4.11: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la cocina y el horno según el modelo mínimo y el avanzado, en función de la ocupación.

Cocina + Horno	1	2	3	4	Más de 4	Media
Mínimo	526.70	526.70	526.70	526.70	526.70	526.70
Avanzado	266.85	459.43	485.51	552.63	651.20	442.65
Diferencia	-97%	-15%	-8%	5%	19%	-19%

El Modelo de Gasto Mínimo tiene una hipótesis de consumo constante de ambos electrodomésticos en todos los hogares, mientras que el Modelo Avanzado es escalonado. Se observa que el consumo de energía estimado en este último modelo es bastante inferior en hogares unipersonales y a medida que incrementa el número de miembros se va acercando al valor estimado por el primer modelo, llegando incluso a superarlo en hogares de 4 miembros y más.

Tabla 4.12: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la cocina y el horno según el modelo de Escobar [9] y el Avanzado, en función de la ocupación.

Cocina + Horno	1	2	3	4	Media
Escobar [9]	287.62	505.53	528.52	596.05	501.88
Avanzado 2011	266.85	459.43	485.51	552.63	458.70
Diferencia	-8%	-10%	-9%	-8%	-9%

Se observa una diferencia que se encuentra entre 8% y 10%, que se debe al uso de diferentes hipótesis de potencia.

4.3.1.2 Lavavajillas

En la Tabla 4.13 se puede observar la diferencia entre el consumo eléctrico anual del lavavajillas estimado por el modelo simplificado y el modelo avanzado.

Tabla 4.13: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso del lavavajillas según el modelo simplificado y el avanzado, en función de la ocupación.

Lavavajillas	1	2	3	4	Más de 4	Media
Simplificado	109.95	129.94	149.93	179.92	189.91	141.11
Avanzado	79.87	149.64	154.35	179.41	203.93	141.01
Diferencia	-38%	13%	3%	0%	7%	0%

De nuevo se puede observar como el consumo estimado por el modelo simplificado se encuentra por encima del avanzado en los hogares unipersonales, al contrario que en el resto de hogares, en los que se encuentran levemente por debajo, obteniéndose un consumo medio similar.

En la Tabla 4.14 se comparan los consumos del lavavajillas según los modelos de Escobar [9] y avanzado.

Tabla 4.14: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso del lavavajillas según el modelo de Escobar [9] y el avanzado en función de la ocupación.

Lavavajillas	1	2	3	4	Media
Escobar [9]	71.91	133.23	135.42	157.32	130.67
Avanzado 2011	79.87	149.64	154.35	179.41	146.32
Diferencia	10%	11%	12%	12%	11%

La diferencia entre ambos modelos se debe a que tienen diferentes hipótesis de potencia del lavavajillas.

4.3.1.3 Lavadora

En la Tabla 4.15 se puede observar la diferencia entre el consumo eléctrico anual de la lavadora estimado por el modelo simplificado y el modelo avanzado.

Tabla 4.15: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la lavadora según el modelo simplificado y el avanzado, en función de la ocupación.

Lavadora	1	2	3	4	Más de 4	Media
Simplificado	195.84	244.80	310.08	359.04	408.00	275.05
Avanzado	162.07	273.18	360.82	401.84	462.39	296.11
Diferencia	-21%	10%	14%	11%	12%	7%

La lavadora sigue la tendencia de los electrodomésticos anteriores, donde la estimación de consumo de los hogares unipersonales por el modelo avanzado es bastante inferior al simplificado y, sin embargo, para el resto de hogares se produce el efecto contrario.

En la Tabla 4.16 se comparan los consumos de la lavadora según los modelos de Escobar [9] y avanzado.

Tabla 4.16: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la lavadora según el modelo mínimo y el avanzado, en función de la ocupación.

Lavadora	1	2	3	4	Más de 4	Media
Mínimo	105.60	116.16	126.72	126.72	137.28	118.69
Avanzado	162.07	273.18	360.82	401.84	462.39	296.11
Diferencia	35%	57%	65%	68%	70%	60%

El consumo estimado por el Modelo de Gasto Mínimo es significativamente inferior para todas las ocupaciones, incrementándose la diferencia a medida que aumenta el número de miembros de los hogares.

En la Tabla 4.17 se comparan los consumos de la lavadora según los modelos de Escobar [9] y avanzado.

Tabla 4.17: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la lavadora según el modelo de Escobar [9] y el avanzado, en función de la ocupación.

Lavadora	1	2	3	4	Media
Escobar [9]	133.59	223.75	296.38	326.68	255.50
Avanzado 2011	162.07	273.18	360.82	401.84	310.78
Diferencia	18%	18%	18%	19%	18%

El modelo avanzado obtiene más consumo que el de Escobar por el uso de la lavadora. La diferencia se debe, fundamentalmente, a que tienen diferentes hipótesis de potencia.

4.3.1.4 Secadora

En la Tabla 4.18 se muestran los consumos de la secadora según el modelo simplificado y el modelo avanzado.

Tabla 4.18: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la secadora según los modelos simplificado y avanzado, en función de la ocupación.

Secadora	1	2	3	4	Más de 4	Media
Simplificado	53.79	67.24	85.17	98.62	112.07	75.55
Avanzado	45.80	77.30	102.08	113.63	130.81	83.76
Diferencia	-17%	13%	17%	13%	14%	10%

Nuevamente el consumo en los hogares unipersonales es menor en el Modelo Avanzado con respecto al simplificado mientras que en el resto de hogares es superior.

No se realiza la comparación con los resultados de Escobar et al, porque en su estudio no dan los valores de consumo de la secadora.

4.3.1.5 Televisión

En la Tabla 4.19 se muestran los consumos de la televisión según el modelo simplificado y el modelo avanzado.

Tabla 4.19: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la televisión según los modelos simplificado y avanzado, en función de la ocupación.

TV	1	2	3	4	Más de 4	Media
Simplificado	247.86	277.02	306.18	335.34	379.08	291.61
Avanzado	227.98	315.86	280.70	297.22	341.81	284.25
Diferencia	-9%	12%	-9%	-13%	-11%	-3%

Destaca el gran consumo de los hogares de dos miembros según el Modelo Avanzado, superior a los estimados en los hogares de tres y cuatro miembros por el mismo modelo y superior a su análogo en el Modelo simplificado. Este mismo comportamiento de los hogares de dos miembros se observa en los resultados de Escobar, como puede verse en la Tabla 4.20, lo que significa que es algo implícito en la EET.

Tabla 4.20: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso de la televisión según los modelos Escobar [9] y avanzado, en función de la ocupación.

TV	1	2	3	4	Media
Escobar	209.15	283.61	251.85	267.18	262.80
Avanzado 2011	227.98	315.86	280.70	297.22	287.40
Diferencia	8%	10%	10%	10%	9%

La diferencia entre ambos modelos se debe a la diferente potencia utilizada para el cálculo del consumo de la televisión.

4.3.1.6 Ordenador

En la Tabla 4.21 se muestran los consumos del ordenador, según el modelo simplificado y el modelo avanzado.

Tabla 4.21: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso del ordenador según los modelos simplificado y avanzado en función de la ocupación.

Ordenador	1	2	3	4	Más de 4	Media
Simplificado	74.56	149.11	223.67	298.23	372.79	184.27
Avanzado	52.45	112.66	198.74	314.50	336.67	163.11
Diferencia	-42%	-32%	-13%	5%	-11%	-13%

Se observa que el consumo estimado en el Modelo Avanzado es significativamente inferior en los hogares de una y dos personas, con respecto al Modelo simplificado.

Tabla 4.22: Consumo eléctrico anual (kWh) producido por el uso del ordenador según los modelos Escobar [9] y avanzado, en función de la ocupación.

Ordenador	1	2	3	4	Media
Escobar	46.72	100.38	177.76	280.69	159.87
Avanzado 2011	52.45	112.66	198.74	314.50	178.88
Diferencia	11%	11%	11%	11%	11%

La diferencia entre ambos modelos se debe a la diferente potencia utilizada para el cálculo del consumo del ordenador. Sin embargo, el hecho de que la diferencia entre ambos sea la misma en las diferentes ocupaciones, indica que los factores de uso a los que se llega con la EET son similares en los dos modelos.

4.3.2 Comparación del modelo avanzado con SECH-SPAHOUSEC

Para la comparación del modelo avanzado con el estudio del informe SECH-SPAHOUSEC [12], se ha utilizado la distribución de los hogares en función del número de miembros del informe, que corresponde a la de 2011, y que es diferente a la distribución utilizada para la formulación del modelo (2019). Es decir, para poder comparar los resultados del modelo, que se ha basado en datos de 2019, con el informe de 2011, se han adaptado todos los datos posibles a los existentes en 2011.

En la Tabla 4.23, se compara el consumo de los seis electrodomésticos que se han podido analizar con la EET con los datos de SECH-SPAHOUSEC [12]. Se puede ver como el consumo total de los electrodomésticos se desvía un 8%, sobreestimándolo. Se desvían especialmente los ordenadores (PCs).

Tabla 4.23: Resultados del Modelo Avanzado comparado con los incluidos en el informe SECH-SPAHOUSEC [12], desglosados para cada dispositivo.

	Modelo Avanzado 2011	SPAHOUSEC	Diferencia
	kWh/hogar total	kWh/hogar total	%
Cocina + Horno	458.70	520	-12%
Lavadoras	310.78	254.00	22%
Secadoras	88.01	72.17	22%
Lavavajillas	146.32	130.095	12%
TV	287.40	261.8	10%
PCs	178.88	119.538	50%
Total	1470.09	1358	8%

4.3.3 Comparación del modelo avanzado con el modelo de Escobar et al.

Para la comparación del Modelo Avanzado con el estudio del informe Escobar et al. [9] cuyas referencias son del año 2011, se ha utilizado el porcentaje de hogares con las diferentes ocupaciones extraído de SECH-SPAHOUSEC [12] del año 2011, al igual que en el apartado anterior.

En la Tabla 4.24 se compara el consumo de los seis electrodomésticos analizados mediante la EET con los resultados del modelo de Escobar et al. [9]. Se puede ver como el consumo total de los electrodomésticos se desvía un 6% por encima. En este caso las diferencias entre los diferentes electrodomésticos son menos significativas, siendo las mayores las de lavadoras y secadoras.

Tabla 4.24: Resultados del Modelo Avanzado comparado con el Modelo de Escobar et al. [9], desglosados para cada dispositivo.

	Modelo Avanzado 2011	Escobar	Diferencia
	kWh/hogar total	kWh/hogar total	%
Cocina + Horno	458.70	501.88	-9%
Lavadoras	310.78	255.50	22%
Secadoras	88.01	74.22	19%
Lavavajillas	146.32	130.67	12%
TV	287.40	262.80	9%
PCs	178.88	159.87	12%
Total	1470.09	1385	6%

4.3.4 Comparación del modelo avanzado con los datos del IEE

Se han comparado también los resultados obtenidos del Modelo Avanzado con los datos procedentes del Informe Sintético de Indicadores de Eficiencia Energética (IEE) del año 2018 [15]. Como la referencia es más actual no se ha realizado ninguna adaptación de los datos estimados.

En la Tabla 4.25 se puede observar la comparación del consumo de los seis electrodomésticos estimado por el Modelo Avanzado con los datos recogidos en el IEE 2018. Se puede ver como el consumo total de los electrodomésticos se desvía tan solo un 3% por debajo. En este caso las diferencias de consumo son escasas a excepción de los ordenadores que es algo superior.

Tabla 4.25: Resultados del Modelo Avanzado comparado con los datos recogidos en el IEE 2018 [15], desglosados para cada dispositivo.

	Modelo Avanzado	Síntesis IEE 2018	Diferencia
	kWh/hogar total	kWh/hogar total	%
Cocina + Horno	442.65	437	1%
Lavadoras	296.11	295	0%
Secadoras	83.76	85	-1%
Lavavajillas	141.01	150	-6%
TV	284.25	303	-6%
PCs	163.11	186	-12%
Total	1410.88	1456	-3%

4.3.5 Comparación del modelo avanzado con el modelo simplificado

Se han comparado también los resultados de este modelo avanzado con los resultados del Modelo simplificado detallados en el apartado 2.3. La comparativa (Tabla 4.26) muestra que el consumo total de los electrodomésticos es prácticamente igual, siendo las diferencias de consumo poco significativas, salvo en el caso de las secadoras y los ordenadores que son algo superiores.

Tabla 4.26: Resultados del Modelo Avanzado comparado con el Modelo Simplificado, desglosados para cada dispositivo.

	Modelo Avanzado	Modelo Simplificado	Diferencia
	kWh/hogar total	kWh/hogar total	%
Cocina + Horno	442.65	448.67	1%
Lavadoras	296.11	275.05	-7%
Secadoras	83.76	75.55	-10%
Lavavajillas	141.01	141.11	0%
TV	284.25	291.61	3%
PCs	163.11	184.27	13%
Total	1410.88	1416	0%

4.3.6 Comparación del modelo avanzado con el modelo mínimo

Se ha comparado también este modelo avanzado con los resultados del Modelo de Gasto Mínimo detallados en el apartado 2.1. para aquellos electrodomésticos que están especificados en dicho modelo. La comparativa muestra, como se ve en la Tabla 4.27, que el consumo total de los electrodomésticos se desvía un 9% por encima, siendo las diferencias de consumo significativas en la lavadora y el conjunto de cocina y horno y algo inferior en el lavavajillas.

Tabla 4.27: Resultados del Modelo Avanzado comparado con el Modelo de Gasto Mínimo, desglosados para cada dispositivo.

	Modelo Avanzado	Modelo Mínimo	Diferencia
	kWh/hogar total	kWh/hogar total	%
Cocina + Horno	442.65	557.20	26%
Lavadoras	296.11	118.69	-60%
Lavavajillas	141.01	123.63	-12%
Total	879.77	800	-9%

5. Aplicación del modelo avanzado a la base de datos del proyecto “Ni un hogar sin energía”

Se ha repetido el proceso explicado en los apartados 3.1 y 3.2, consistente en aplicar a la muestra de hogares el modelo, pero en este caso sustituyendo los consumos teóricos del modelo simplificado con los estimados en el modelo avanzado. A la iluminación y a los electrodomésticos que no se han podido modelar en el modelo avanzado (Frigorífico, Congelador, Otros y Stand-by) se les han asignado los consumos teóricos del modelo simplificado.

5.1 Resultados obtenidos

El proceso de aplicación del modelo muestra resultados diferentes según el grupo de datos considerado, como se muestra en la Figura 5.1 y en la Tabla 5.1. La Figura 5.1 compara el consumo eléctrico teórico para el hogar medio del modelo avanzado (CELTa) con las medianas de consumo real (CELR) de los tres grupos de la base de datos de ECODES, mientras que la Tabla 5.1 muestra los resultados del cálculo de los dos indicadores elegidos para llevar a cabo la aplicación del modelo (Indicador (1) es la mediana del cociente CELR/CELTa e Indicador (2) es el porcentaje de hogares con CELR menor que CELTa).

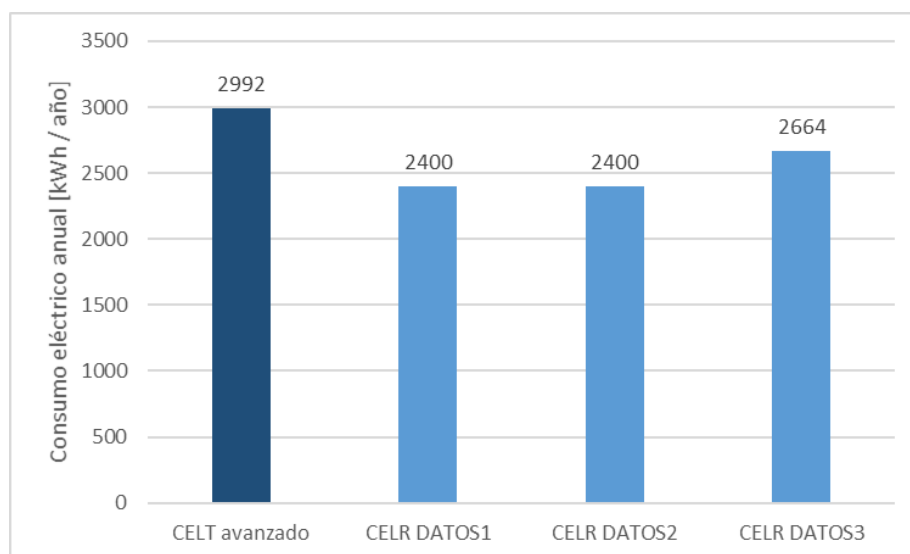


Figura 5.1. Comparación entre el consumo eléctrico teórico del modelo avanzado para el hogar medio (CELTa) y las medianas de consumo real (CELR) de los tres grupos de la base de datos de ECODES.

Tabla 5.1: Valores de los indicadores del proceso de aplicación del modelo avanzado a la muestra de hogares según el grupo de datos seleccionado.

Grupo de datos	Indicador (1)	Indicador (2)
DATOS1	0.82	61%
DATOS2	0.81	63%
DATOS3	0.88	56%

Comparando las Figuras 3.1 y 5.1, se nota que el CELTa por hogar medio estimado con el modelo avanzado (2992 kWh/año) es ligeramente menor que el CELT del modelo simplificado (2997 kWh/año). Sin embargo, la variación del consumo al aumentar el tamaño del hogar (representada por los factores de uso) es significativamente diferente en los dos modelos, como se destaca en el apartado 5.2.

Como en el caso del modelo simplificado, comparando el CELT del modelo avanzado con el consumo real de la muestra, hay una diferencia mínima entre los parámetros estadísticos de los dos primeros grupos de la base de datos, mientras que se puede observar que los hogares visitados por ECODES (DATOS2) consumen menos electricidad en comparación con el valor teórico que los que hicieron el autodiagnóstico online (DATOS3). Por otro lado, comparando el valor de los indicadores en los dos modelos (Tabla 5.1 y Tabla 3.1), se puede apreciar que el consumo teórico del modelo avanzado se ajusta ligeramente mejor al consumo real de la muestra en los grupos DATOS1 y DATOS2, mientras que en el último grupo la diferencia entre CELTa y CELR aumenta en un punto porcentual respecto a la que se ha estimado para el modelo simplificado. En resumen, la muestra global tiene medianamente un consumo eléctrico real inferior al consumo eléctrico teórico estimado en los dos modelos, y esta diferencia es mayor en los hogares visitados por la ONG.

5.2 Comparativa entre la aplicación a la muestra de hogares del modelo simplificado y del avanzado

Para comparar el ajuste del consumo teórico de los dos modelos al consumo real del conjunto de hogares de la base de datos de ECODES (DATOS1), se han calculado los indicadores del proceso de aplicación de los modelos para cada tipo de hogar según el número de miembros. Los resultados de este proceso se muestran en las figuras 5.2 y 5.3, y en las tablas 5.2 y 5.3.

Figura 5.2. Comparación entre el consumo eléctrico teórico del modelo simplificado (CELT) y las medianas de consumo real (CELR) de DATOS1 según el tamaño del hogar.

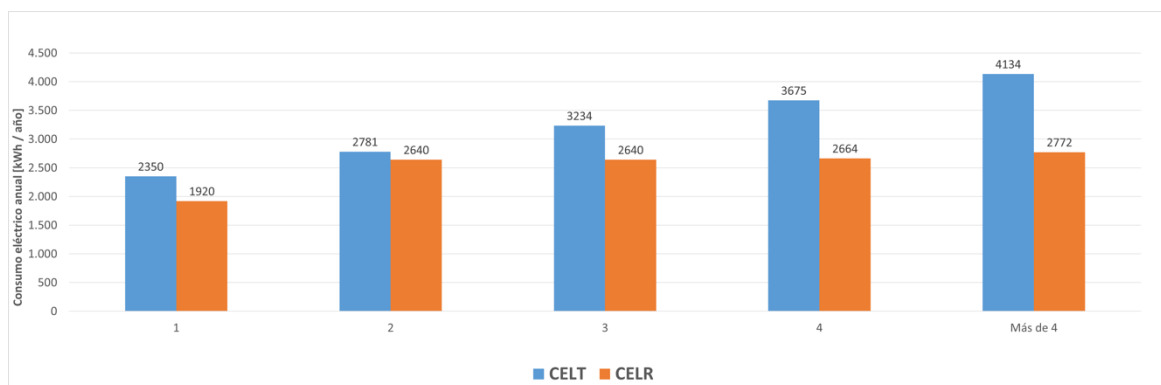


Figura 5.3. Comparación entre el consumo eléctrico teórico del modelo avanzado (CELTa) y las medianas de consumo real (CELR) de DATOS1 según el tamaño del hogar.

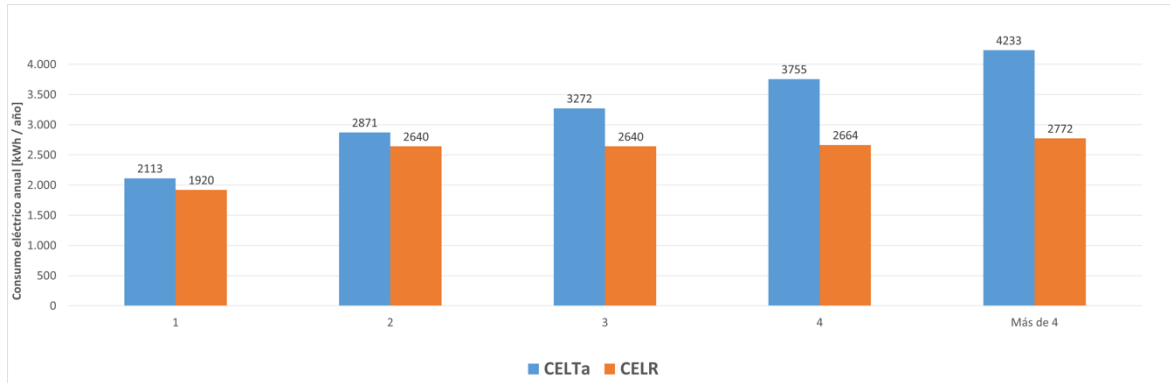


Tabla 5.2: Valores de los indicadores del proceso de aplicación del modelo simplificado a la muestra de hogares según el tamaño del hogar.

Tamaño hogar	Indicador (1)	Indicador (2)
1	0.84	58%
2	0.96	52%
3	0.81	59%
4	0.76	67%
Más de 4	0.69	73%

Tabla 5.3: Valores de los indicadores del proceso de aplicación del modelo avanzado a la muestra de hogares según el tamaño del hogar.

Tamaño hogar	Indicador (1)	Indicador (2)
1	0.94	52%
2	0.93	54%
3	0.80	60%
4	0.74	68%
Más de 4	0.67	75%

El consumo teórico del modelo simplificado se incrementa de manera prácticamente lineal con el tamaño del hogar. Por otro lado, en el modelo avanzado esta tendencia lineal desaparece, debido al ajuste de los factores de uso con la EET.

Sin embargo, comparando las tablas 5.2 y 5.3, se nota como en el modelo avanzado el valor del indicador (1) decrece al aumentar el número de miembros, de tal forma que la diferencia entre el CELTa y CELR es mayor en hogares con más miembros, o dicho de otra forma, el modelo predice muy bien el consumo de hogares de pocos miembros (1-2). Por otro lado, en el modelo simplificado este indicador no tiene una tendencia clara (aumenta en el caso de dos miembros y luego vuelve a disminuir).

En resumen, la muestra global tiene medianamente un consumo eléctrico real inferior al consumo eléctrico teórico estimado en los dos modelos, y esta diferencia es mayor en los hogares con más de dos miembros.

5.3 Conclusiones

El modelo avanzado ha sido validado contrastando los consumos estimados (CEL_{Ta}) con los consumos reales de la base de datos de hogares de ECODES (CEL_R). En promedio, el consumo real de electricidad de estas familias es moderadamente inferior al consumo teórico modelado (un 18% menos).

Como en el modelo simplificado, esta diferencia disminuye cuando se consideran sólo los hogares que realizaron el autodiagnóstico online. Por otro lado, los hogares atendidos por la ONG tienen un cociente CEL_R/CEL_{Ta} menor que el grupo de hogares de la web, lo que confirma su condición de vulnerabilidad.

Si se compara el ajuste de los dos modelos con el consumo real del conjunto de hogares de la base de datos de ECODES (DATOS1) se nota como la diferencia entre CEL_R y CEL_T es mayor en los hogares con más de dos miembros. Esta tendencia se debe al hecho que el consumo mediano de los hogares de la muestra, a partir de los dos miembros, aumenta muy levemente al aumentar del número de miembros. En otras palabras, los hogares de ECODES tienden a moderar el consumo al aumentar del número de miembros, hecho que puede estar relacionado con el “miedo a la factura” destacado en el apartado 3.3.

Por otro lado, el mejor ajuste de los factores de uso del modelo avanzado, obtenidos a partir de los perfiles reales de uso de los electrodomésticos en los hogares españoles (derivados de la Encuesta de Empleo de Tiempo) determina una tendencia clara de los indicadores del modelo avanzado (Tabla 5.3), y por lo tanto permite detectar de manera más eficaz el fenómeno mencionado en el párrafo anterior.

El análisis presentado en este capítulo sugiere que las medidas de lucha contra la pobreza energética se deben diseñar en función de las características de los hogares, prestando especial atención a la variación de las necesidades energéticas (en particular las vinculadas al uso de la electricidad) con el número de miembros del hogar, como de hecho ya se hace en el bono social eléctrico, que establece valores límite de consumo en función de la composición de la unidad familiar.

6. Obtención del gasto eléctrico a partir del consumo

Como se ha mencionado anteriormente, el modelo persigue obtener el gasto eléctrico que un hogar debe alcanzar para satisfacer sus necesidades energéticas relacionadas con electricidad (gasto eléctrico teórico, GELT). Sin embargo, la parte más importante en la obtención del modelo es la determinación del consumo eléctrico, que ha sido el objetivo de los puntos anteriores.

En este apartado se señala como se obtendrá el GELT a partir del consumo, como ya se hizo en [2] aplicando el PVPC.

La ecuación se aplica al consumo eléctrico mensual (CM) determinado con los modelos anteriores, y es la siguiente:

$$\text{Gasto eléctrico teórico/mes} = \{[\text{PC} \cdot \text{CPC} + (\text{CPA} + \text{CE}) \cdot \text{CM}] \cdot (1 + \text{IE}) + \text{AE}\} \cdot (1 + \text{IVA}) \quad (6.1)$$

donde PC es la potencia contratada (kW), CPC el coste de potencia contratada (€/KW-mes), CPA es el coste del peaje de acceso (€/kWh), CE es el coste de la energía (€/kWh), CM el consumo mensual (kWh/mes)), IE es el impuesto sobre electricidad y AE es alquiler de equipo (€/mes).

Todos los valores necesarios para realizar este cálculo (coste de peaje de acceso y de energía, coste potencia contratada, impuesto sobre la electricidad, ...) para las dos posibles tarifas del PVPC, 2.0A y 2.0DHA (discriminación horaria), se resumen en la Tabla 6.1. En la tarifa con discriminación horaria se ha hecho la hipótesis de reparto del consumo de 42% en periodo punta y 58% en periodo valle. Para las dos componentes del coste de la energía facturada se ha tomado el valor medio en 2019.

Tabla 6.1: Datos para el cálculo del gasto eléctrico a partir del consumo y de la potencia contratada.

Partida	Valor	[Unidad]	Referencia
Alquiler equipos	0.810	€/mes	https://www.boe.es/boe/dias/2007/12/29/pdfs/A53781-53805.pdf
Impuesto electricidad	5.11267	%	https://www.boe.es/boe/dias/2014/11/28/pdfs/BOE-A-2014-12329.pdf
Coste energía facturada			https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/29/pdfs/BOE-A-2014-3376.pdf
Peaje acceso energía	2.0A = 0.044 2.0DHA = 0.027	€/kWh	https://www.boe.es/boe/dias/2014/02/01/pdfs/BOE-A-2014-1052.pdf
Coste energía	2.0A = 0.067 2.0DHA = 0.063	€/kWh	Herramienta LUMIOS
Coste potencia contratada	3.429	€/kW mes	
Peaje acceso potencia	0.104	€/kW día	https://www.boe.es/boe/dias/2014/02/01/pdfs/BOE-A-2014-1052.pdf
Comercialización	0.008	€/kW día	https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/29/pdfs/BOE-A-2014-3376.pdf
IVA	21	%	https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1992-28740&tn=1&p=20200205

6.1 Gasto eléctrico teórico medio estimado por el modelo mínimo

A partir de los consumos estimados por el modelo de gasto mínimo, aplicando la ecuación del apartado anterior para calcular el gasto asociado, se obtiene el gasto eléctrico medio para un hogar en función de su ocupación, que se muestra en la tabla 6.2. Se han utilizado las dos posibles tarifas del PVPC: 2.0A y 2.0DHA (discriminación horaria).

Tabla 6.2: Gasto Eléctrico Teórico medio según el modelo mínimo en función de la ocupación y para el hogar medio.

Nº Ocupantes	Consumo anual (kWh/año)	Potencia contratada (kW)	Gasto anual PVPC 2.0A (€/año)	Gasto anual PVPC 2.0DHA (€/año)
1	1603.6	3.45	419.86	377.98
2	1715.92	3.45	435.79	390.98
3 o 4	1828.24	3.45	451.73	403.99
Más de 4	1940.56	3.45	467.66	416.99
Media	1742.84	3.45	439.61	394.10

La hipótesis para la potencia contratada en el modelo mínimo es de 3.45 kW, valor típico suficiente para los equipos con los que cuenta un hogar medio.

6.2 Gasto eléctrico teórico medio estimado por el modelo por el modelo simplificado

La hipótesis que se ha formulado para estimar la potencia contratada es la siguiente. Para un ocupante se ha supuesto que se produce simultaneidad de cocina (fogón grande), lavadora, frigorífico y 1/5 de la iluminación. La potencia del resto de ocupaciones se incrementa proporcionalmente al aumento del consumo teórico respecto al caso de 1 ocupante (es un “factor de uso global”). Así, se han calculado los costes asociados a los consumos estimados por el modelo simplificado, que se muestran en la Tabla 6.3. Hay que recalcar que esa estimación de la potencia es una mera hipótesis para poder realizar el cálculo del gasto eléctrico y que en ningún caso supone una recomendación de potencia contratada para los hogares.

Tabla 6.3: Gasto Eléctrico Teórico medio según el modelo simplificado en función de la ocupación y para el hogar medio.

Nº Ocupantes	Consumo anual (kWh/año)	Potencia contratada (kW)	Gasto anual PVPC 2.0A (€/año)	Gasto anual PVPC 2.0DHA (€/año)
1	2350.38	2.79	491.50	430.12
2	2780.82	3.31	579.36	506.74
3	3233.51	3.84	671.76	587.32
4	3674.64	4.37	761.80	665.84
Más de 4	4133.76	4.92	855.51	747.56
Media	2997.67	3.56	623.62	545.34

6.3 Gasto eléctrico teórico medio estimado por el modelo avanzado

Con la misma hipótesis de potencia contratada utilizada en el modelo simplificado para un ocupante, pero adaptada al modelo avanzado, se han calculado los costes asociados a los consumos estimados por el modelo avanzado, que se muestran en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4: Gasto Eléctrico Teórico medio según el modelo avanzado en función de la ocupación y para el hogar medio.

Nº Ocupantes	Consumo anual (kWh/año)	Potencia contratada (kW)	Gasto anual PVPC 2.0A (€/año)	Gasto anual PVPC 2.0DHA (€/año)
1	2112.95	2.44	439.50	384.32
2	2871.28	3.32	593.01	518.03
3	3272.13	3.79	674.16	588.71
4	3755.14	4.34	771.94	673.87
Más de 4	4232.56	4.90	868.58	758.05
Media	2991.93	3.46	617.43	539.30

En los dos modelos teóricos, simplificado y avanzado, si se contrata una tarifa con discriminación horaria (con la hipótesis de reparto del consumo especificada) se ahorran de media unos 78€ anuales.

7. Resumen y conclusiones

Las principales conclusiones que se pueden obtener del trabajo realizado se resumen en los siguientes puntos:

- Se han realizado tres modelos de cálculo de gasto eléctrico: Modelo de gasto mínimo, Modelo de Gasto Teórico Simplificado y Modelo de Gasto Teórico Avanzado. En todos ellos, partiendo de una modelización del consumo eléctrico, se obtiene el gasto aplicando la tarifa PVPC (en sus dos modalidades con y sin discriminación horaria).
- El trabajo se ha enfocado fundamentalmente en la modelización del consumo, siguiendo un esquema *bottom-up*, obteniendo el consumo total como suma de los consumos parciales de los dispositivos incluidos en cada modelo.
- El modelo de Gasto Mínimo recoge los dispositivos más básicos e indica un valor de consumo mínimo, como su nombre indica, de tal forma que un hogar no debería nunca bajar de él. Sin embargo, no llega a cubrir todas las necesidades de un hogar medio, que sería lo deseable y lo que se pretende con la estimación dada por los modelos teóricos.
- Los modelos de Gasto Teórico, en sus dos modalidades simplificado y avanzado, pretenden determinar el gasto eléctrico de un hogar para cubrir sus necesidades medias. Se han modelado mediante una caracterización del consumo teórico, a través de hipótesis de uso en el modelo simplificado y además usando la EET en el modelo avanzado.
- Se han comparado los modelos con datos disponibles en la bibliografía (SECH-SPAHOUSEC [12] y Escobar et al. [9]) y en estadísticas oficiales, fundamentalmente el Informe Sintético de Indicadores de Eficiencia Energética (IEE) [15].
- Para el hogar medio, el modelo simplificado estima un consumo un 8% mayor que el informe SECH-SPAHOUSEC y un 7% mayor que Escobar et al. Sin embargo, estima un consumo un 6% menor que los datos estadísticos para un hogar medio según el informe IEE. Al estar prácticamente equidistante entre esas referencias, se ha considerado que el modelo está bien ajustado para un hogar medio.
- Respecto al modelo avanzado, comparando el consumo de los electrodomésticos modelados con los de la bibliografía, el modelo estima un consumo un 8% mayor que el informe SECH-SPAHOUSEC y un 6% mayor que Escobar et al, mientras que con respecto a IEE el consumo resulta un 3% menor.
- Ambos modelos dan resultados muy parecidos para el hogar medio. La diferencia entre ellos está en los resultados para las distintas composiciones de hogar, debido a las diferentes hipótesis de los factores de uso.
- Se han aplicado ambos modelos teóricos, tanto simplificado como avanzado, a la base de datos del programa Ni un hogar sin energía, con el objetivo de comparar el consumo teórico del modelo con el consumo real declarado por cada hogar.
- Los resultados señalan que el consumo real de electricidad de las familias que forman parte de la base de datos es moderadamente inferior al consumo teórico modelado, tanto con el modelo simplificado como con el avanzado (entre un 18 y un 20% menos).
- Esta diferencia entre consumo teórico y real es mayor cuando se consideran sólo los hogares atendidos por la ONG, que cuando se consideran los hogares que hacen autodiagnóstico, para los dos modelos, lo que confirma la condición de vulnerabilidad de los hogares visitados.

- Si bien los dos modelos teóricos presentan estimaciones de consumo muy parecidas cuando se tratan los hogares en su conjunto, existen diferencias importantes entre ellos cuando se estudian los hogares separados por grupos según su tamaño (1, 2, 3, 4, 5 o más miembros).
- El modelo simplificado reproduce muy bien el consumo de los hogares de la base de datos con 2 miembros, mientras que el modelo avanzado lo hace con el consumo de los hogares unipersonales y de dos componentes, alejándose sólo 7 puntos del consumo real en el caso más desfavorable.
- El gasto eléctrico para un hogar medio (2.5 miembros) se estima en unos 540€ al año. Este valor se encuentra entre los 430 y los 666 € al año para 1 y 4 miembros respectivamente según el modelo simplificado, y los 384 y los 674 para 1 y 4 miembros respectivamente, según el modelo avanzado. Los valores corresponden a la tarifa 2.0DHA, que resulta ser más económica que la tarifa sin discriminación horaria.

8. Trabajo futuro

A lo largo del trabajo desarrollado se ha visto la posibilidad de profundizar en la mejora de los modelos y del análisis realizado. En concreto se podrían abordar las siguientes tareas:

- Sustitución de los factores de uso del modelo simplificado con los factores de uso obtenidos de la EET para los electrodomésticos en los que sea posible. Esto permitirá estimar de una forma más real el comportamiento de los hogares en función de su número de ocupantes.
- Obtención de factores de uso a partir de la EET para diferentes composiciones de hogares (en función de la ocupación de sus miembros, edad, etc.). Este estudio permitiría obtener la caracterización del consumo eléctrico para diferentes tipos de hogar, posibilitando un análisis más específico de sus necesidades.
- Incorporación al modelo de la eficiencia energética de los electrodomésticos, con la posibilidad de hacer un análisis cuantitativo del peso de ésta en el gasto teórico total.
- Estudio de la optimización del uso de los diferentes electrodomésticos a través de la tarifa PVPC con y sin discriminación horaria.
- Mejora en el modelado de algunos de los electrodomésticos, como por ejemplo el frigorífico, que se ha modelado con consumo constante.

9. Nomenclatura

CELT	Consumo eléctrico teórico según modelo simplificado
CELTa	Consumo eléctrico teórico según modelo avanzado
CTE	Código Técnico de la Edificación
EET	Encuesta de Empleo de Tiempo
EN	Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024
GELT	Gasto eléctrico teórico
GR	Gasto térmico requerido (para una vivienda, suministro e instalaciones estándar). Definido en la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024.
GTT	Gasto térmico teórico (adaptado a las características reales de la vivienda)

10. Referencias

- [1] Ministerio para la Transición Ecológica, Estrategia Nacional Contra la Pobreza Energética 2019-2024. https://www.miteco.gob.es/es/prensa/estrategianacionalcontralapobrezaenergetica2019-2024_tcm30-496282.pdf
- [2] E. Arenas Pinilla *et al.*, “Caracterización del comportamiento energético en una muestra de hogares españoles.”, 2019. https://upcomillas-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/rbarrella_comillas_edu/EdNKnFeUpe5CqtrqzeOYQDUBkWP6OyIF1U0FATzE9H8Ww?e=N1LLck
- [3] Ministerio de Fomento, Código Técnico de la Edificación, 2019.
- [4] INE, “Encuesta de Empleo del Tiempo”, 2010. https://www.ine.es/prensa/eet_prensa.htm
- [5] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “SPAHOUSEC II: Análisis estadístico del consumo de gas natural en las viviendas principales con calefacción individual”, 2019. <https://www.idae.es/file/14704/download?token=vM743g7I>
- [6] INE, “Encuesta continua de hogares, 2019”. https://www.ine.es/prensa/ech_2019.pdf
- [7] Lucera. <https://lucera.es/blog/cuanto-consumen-electrodomesticos>
- [8] <https://secadorasonline.com/cual-es-el-consumo-de-una-secadora-de-ropa/>
- [9] P. Escobar, E. Martínez, J. C. Saenz-Díez, E. Jiménez, and J. Blanco, “Modeling and analysis of the electricity consumption profile of the residential sector in Spain,” *Energy Build.*, vol. 207, p. 109629, 2020.
- [10] Y. S. Chiou, K. M. Carley, C. I. Davidson, and M. P. Johnson, “A high spatial resolution residential energy model based on American Time Use Survey data and the bootstrap sampling method,” *Energy Build.*, vol. 43, no. 12, pp. 3528–3538, 2011.
- [11] <https://www.chcenergia.es/es/blog/blog-chc-energia/cuanto-consume-un-ordenador-o-pc/#:~:text=Cuanta%20electricidad%20consume%20un%20ordenador,-El%20nivel%20de&text=La%20media%20se%20sit%C3%BAa%20en,en%208%20horas%20de%20trabajo>

[12] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “Proyecto SECH-SPAHOUSEC 2011: Análisis del consumo energético del sector residencial en España”, 2011. http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf

[13] INE, “España en cifras 2020”.

https://www.ine.es/ss/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=attachment%3B+filename%3DEEC_2020_completo.pdf&blobkey=urldata&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=654%2F372%2FEEC_2020_completo.pdf&ssbinary=true

[14] INE, “España en cifras 2011”.

https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INEPublicacion_C&cid=1259924856416&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout¶m1=PYSDetalleGratis

[15] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, “Informe sintético de indicadores de eficiencia energética en España. Año 2018”, 4ª Edición, 2020.

https://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/ficha_sintesis_ee_2018_0707_20_accesibilidad.pdf

[16] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, “Informe anual de indicadores energéticos. Año 2018”, 2020.

https://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/indicadores_detalle_2018_web_final.xls

[17] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, “Informe anual de consumos energético. Evolución 2010-2018”, 11ª Edición, 2020.

https://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/cons_usos_resid_eurostat_web_2010-18_ok.xlsx



Elaborado por:

ecodes
tiempo de actuar

**CÁTEDRA
DE ENERGÍA
Y POBREZA**



Con el apoyo de:

