

---

# **Estudio de ahorros derivados de la contabilización individual de calefacción**

---

INFORME FINAL - DICIEMBRE 2016



Universidad  
de Alcalá



## CONTENIDO

Este informe recoge los resultados obtenidos en el análisis de los ahorros que pueden derivarse al contabilizar de manera individual los costes en los sistemas centralizados de calefacción, realizado por la Universidad de Alcalá para la *Asociación para la Promoción de Repartidores de Coste de Calefacción* (AERCCA).

Los autores, tanto del trabajo previo como de esta publicación, son Pablo Luis López Espí, Cristina Alén Cordero, Juan Antonio Martínez Rojas y Emiliano Pereira González, coordinados en el trabajo de cálculo y análisis de datos por Jesús Alpuente Hermosilla y en las labores de redacción por Rocío Sánchez Montero, directores ambos del estudio.

---

Contrato de Investigación *“Estudio de ahorros derivados de la contabilización individual de calefacción”*, de código 2016/00184/001, suscrito entre la Universidad de Alcalá y AERCCA.

---

Diciembre, 2016



---

## Resumen ejecutivo

---

El consumo de energía crece imparablemente con el paso de los años, con un ritmo, a nivel mundial, de prácticamente el doble al del crecimiento de la población. En nuestro entorno más próximo, la Unión Europea, en 2015 se consumió la octava parte de la energía primaria mundial, a la vez que produjo algo más del 10% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>.

España, en el mismo año, consumió el 1% de la energía primaria mundial, con una dependencia energética del exterior del 71,4%, procediendo casi el 35% de la energía final de productos derivados del petróleo. Esto hace que España produzca prácticamente el 1% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>.

Centrándonos en la Comunidad de Madrid, en 2015 consumió un 12% de la energía final consumida a nivel nacional, de la cual el 23,2% correspondió al consumo del sector residencial. Dentro de este sector el mayor consumo, casi la mitad, es debido a los sistemas de calefacción.

Desde el punto de vista de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el sector residencial es responsable del 24% de las producidas en la Comunidad de Madrid, siendo la calefacción responsable del 71% de estas.

Estos datos, por sí mismos, justifican el estudio que se presenta, en el que se pretende estimar el ahorro energético a que da lugar la instalación de repartidores de coste de calefacción y válvulas con cabezal termostático, con el fin de contabilizar individualmente el coste de la calefacción en sistemas centralizados o colectivos.

Ha de tenerse en cuenta, por otra parte, que la quinta parte del total de viviendas de la Comunidad de Madrid dispone de un sistema de calefacción, pudiendo estimarse que la superficie total calefactada es de casi 50 millones de metros cuadrados, lo que da lugar a que la superficie media de las viviendas con calefacción en la Comunidad de Madrid sea de 94,95 m<sup>2</sup>. En cuanto a los combustibles utilizados, predominan el gasóleo C, con el 8% de la superficie calefactada, y el gas natural con el 15,8%.

La necesidad de aumentar el ahorro y la eficiencia energética en los edificios pasa por realizar determinadas actuaciones sobre las instalaciones de calefacción, entre las que se encuentra la instalación de repartidores de costes de calefacción

y de válvulas con cabezal termostático, como se recoge en la Directiva Europea 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética. En su artículo 9 establece la instalación de contadores de consumo individuales en los edificios con una fuente de calefacción central antes del 31 de diciembre de 2016. Sin embargo, y a pesar de que en la Comunidad de Madrid se han llevado a cabo en los últimos años diferentes alternativas tendentes a impulsar el uso de estos dispositivos, la trasposición de la Directiva a la legislación nacional, en el Real Decreto 56/2016, no hace referencia alguna al artículo citado de la Directiva, a pesar de la importancia que tienen los sistemas de calefacción centralizada o colectiva tanto en el ámbito energético como en el medioambiental, tal como se ha comentado anteriormente, principalmente con los datos disponibles para la Comunidad de Madrid.

El estudio se ha realizado sobre 44 edificios que disponen de una instalación colectiva o centralizada de calefacción, todos ellos ubicados en la Comunidad de Madrid. De ellos, en tres casos el sistema de calefacción está compartido por 5, 3 y 2 fincas, respectivamente. Del total de fincas, 9 utilizan como combustible gasóleo C y el resto gas natural, habiendo sido todas ellas construidas entre el año 1929 y 1985.

Se ha establecido en el estudio un procedimiento metodológico basado en el supuesto de que todas las viviendas de una finca dada forman una zona única. A partir de los datos la temporada previa a la instalación de los repartidores de coste y válvulas termostáticas, se ha calculado potencia utilizada, valor que ha permitido estimar el consumo en las temporadas sucesivas. En todos los casos, se ha determinado dicho consumo para tres temperaturas de confort diferentes (21, 22 y 23 °C) y se ha utilizado como temperatura exterior de cálculo la media de las temperaturas diarias de la temporada. De igual forma, se ha trabajado con el valor de grados-día determinado, en cada caso, para el periodo de calefacción considerado.

El valor medio de los días que, por temporada, se produce el encendido de la calefacción es de 195 días.

Dada la variabilidad de los costes de combustible, las estimaciones se han llevado a cabo en base al ahorro de energía final, expresada en kWh.

Los resultados obtenidos por temporada, en lo relativo al ahorro energético derivado de la instalación de repartidores de coste y válvulas termostáticas, han sido los siguientes:

- El ahorro de energía final por temporada, para el conjunto de fincas analizadas, es de un 24,7% de media, con variaciones comprendidas entre

un 17,8 y un 30,8%, en función de las temperaturas de confort máxima y mínima, respectivamente.

Estos porcentajes, en términos absolutos se corresponden con ahorros energéticos de entre 4,6 y 9,6 GWh, siendo la media de 7,0 GWh,

- Considerando únicamente las fincas que utilizan el gas natural como combustible de calefacción el ahorro de energía final, en el conjunto de las fincas estudiadas, y promediando los tres escenarios planteados es de 6,4 GWh, por temporada de calefacción y unos valores mínimo y máximo de 4,0 y 8,1 GWh.

En porcentajes, este ahorro es del 26,1%, con un margen de variación entre el 18,0 y el 30,9%.

- En el caso de utilizar gasóleo C, el ahorro medio es de 1 GWh, comprendido entre un mínimo de 0,7 y un máximo de 1,4 GWh.

Los correspondientes porcentajes resultaron del 23,9, el 16,8 y el 30,2%, respectivamente.

- Los ahorros de energía final obtenidos por unidad de superficie para el global de las fincas objeto de este estudio han sido de 23,7 (mínimo), 35,9 (medio) y 48,8 (máximo) kWh/m<sup>2</sup>.

Para las instalaciones de gas natural los ahorros obtenidos mínimo, medio y máximo, han sido de 23,5, 35,4 y 48,0 kWh/m<sup>2</sup>, en tanto que para las instalaciones de gasóleo los ahorros han sido de 25,3, 39,4 y 54,4 kWh/m<sup>2</sup>, respectivamente.

Para una vivienda tipo, con una superficie de 94,59 m<sup>2</sup>, para cada temporada se han obtenido ahorros de energía final medios de 3,4 MWh, con un valor para la temperatura de confort supuesta máxima de 2,2 y un valor de 4,6 MWh para el caso supuesto de temperatura de confort mínima. Estos valores se corresponden prácticamente con los que corresponden a una vivienda tipo calefactada con una instalación a gas natural, siendo ligeramente inferiores a los obtenidos en el caso de instalaciones a gasóleo.

Si del total del parque de viviendas con instalación de calefacción se considera la instalación de repartidores de coste y válvulas termostáticas en la mitad de ellas, teniendo en cuenta el porcentaje del total con calefacción a gasóleo (8%) o a gas natural (15,8%), el ahorro de energía final por temporada se estima entre 140,2 y 290,8 GWh, con una media ponderada de 224,5 GWh.

Bajo este mismo supuesto, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> tendría un margen de variación entre 38,38 tCO<sub>2</sub>e, para la temperatura de confort de 23°C, a 79,54 tCO<sub>2</sub>e, para la temperatura de confort de 21°C, con un ahorro medio de emisiones de 61,18 tCO<sub>2</sub>e.

En función de estos resultados y consideraciones, el ahorro energético mínimo por temporada y vivienda tipo, producto de la instalación de repartidores de coste y válvulas termostáticas equivale, a la energía eléctrica final consumida en dicha vivienda durante ocho meses.

Para el parque de viviendas definido anteriormente, el ahorro mínimo de energía final de una temporada equivale al ahorro de energía eléctrica final a que daría lugar el apagado del *stand by* de todos los dispositivos de 505000 hogares durante un mes, o al ahorro debido al cambio de bombillas convencionales por otras de bajo consumo y su uso en 511000 hogares durante un mes.

Por último, entre los resultados obtenidos, considerando valores medios de emisiones de vehículos turismo, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub> producida como consecuencia de la instalación de los repartidores de coste y las válvulas termostáticas sería equivalente, como mínimo, a las producidas, respectivamente, por el consumo de 271, 6 y 251 litros de gasolina, o, en el caso del gasoil, 248, 94 y 72 litros.

Parece, por tanto, que el uso de repartidores de costes de calefacción, más allá de cualquier otro tipo de interés, cumplen con los objetivos de ahorro y eficiencia energética fijados por la Directiva europea, no traspuesta a la legislación nacional.



---

## Índice de contenidos

---

|                                                                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESUMEN EJECUTIVO</b>                                                                                      | <b>1</b>  |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>                                                                                   | <b>5</b>  |
| <b>1. PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS</b>                                                                            | <b>7</b>  |
| <b>2. INTRODUCCIÓN</b>                                                                                        | <b>9</b>  |
| <b>2.1. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN ESPAÑA</b>                                        | <b>10</b> |
| 2.1.1. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EN LA COMUNIDAD DE MADRID                            | 11        |
| <b>2.2. PARQUE DE VIVIENDAS EN LA COMUNIDAD DE MADRID</b>                                                     | <b>15</b> |
| 2.2.1. VIVIENDAS CON CALEFACCIÓN COLECTIVA O CENTRALIZADA                                                     | 16        |
| <b>2.3. INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN COLECTIVA O CENTRALIZADA</b>                                             | <b>18</b> |
| 2.3.1. ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN                                                            | 18        |
| 2.3.2. CONDICIONES AMBIENTALES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN                       | 19        |
| 2.3.3. COMBUSTIBLES MÁS UTILIZADOS                                                                            | 20        |
| 2.3.4. COSTES A CONTEMPLAR EN LA INSTALACIÓN                                                                  | 21        |
| 2.3.5. POSIBLES AHORROS EN LAS INSTALACIONES                                                                  | 22        |
| 2.3.6. REPARTIDORES DE COSTES DE CALEFACCIÓN                                                                  | 23        |
| <b>3. METODOLOGÍA</b>                                                                                         | <b>25</b> |
| 3.1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO                                                                                | 25        |
| 3.2. CONSIDERACIONES PREVIAS                                                                                  | 25        |
| 3.3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA                                                                             | 26        |
| <b>4. DATOS DE LAS FINCAS</b>                                                                                 | <b>33</b> |
| <b>5. RESULTADOS DE AHORROS ENERGÉTICOS Y DE REDUCCIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES</b>                         | <b>59</b> |
| 5.1. AHORRO DE ENERGÍA: DATOS GLOBALES                                                                        | 60        |
| 5.2. AHORRO DE ENERGÍA: DATOS POR VIVIENDA                                                                    | 61        |
| 5.3. AHORRO DE ENERGÍA PARA EL PARQUE DE VIVIENDAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID                                  | 62        |
| 5.4. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub>                                                                | 63        |
| <b>6. COMPARATIVA DE AHORRO DE ENERGÍA Y EMISIONES CONTAMINANTES</b>                                          | <b>65</b> |
| 6.1. AHORRO ENERGÉTICO EN CALEFACCIÓN VS. AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA FINAL EN EL HOGAR                       | 65        |
| 6.2. AHORRO EN EMISIONES CONTAMINANTES DE LAS INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN VS. EMISIONES DE VEHÍCULOS TURISMO | 66        |
| <b>REFERENCIAS</b>                                                                                            | <b>69</b> |



---

## 1. Presentación y objetivos

---

La energía es un elemento indispensable para el desarrollo económico de la sociedad. Su consumo ha crecido imparablemente en los últimos 50 años, debido al aumento de la población y al de consumo por habitante, dando lugar a un debate permanente social centrado en diferentes evidencias:

- Las fuentes de energía utilizadas actualmente son un recurso energético limitado y escaso.
- La dependencia de la mayoría de los países de las importaciones de energía.
- La necesidad de salvaguardar el medioambiente.
- La necesidad de mejorar el abastecimiento de productos energéticos.
- La crisis económica de 2008.

El debate ha trascendido a diferentes Instituciones y organizaciones sociales, dando lugar a que en 2010 la Unión Europea estableciese la estrategia *Europa 2020*<sup>1</sup>, en la que se planteaban los objetivos a cumplir en 2020:

- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero un 20% (o un 30% si se dan las condiciones) sobre los niveles de 1990.
- Uso de un 20% de energías renovables.
- Aumento de un 20% de la eficiencia energética.

En 2014 se fijaron los objetivos a cumplir en 2030 en al menos el 40% de reducción de emisiones, y en el 27% tanto para el uso de energías renovables como de aumento de la eficiencia energética.

La *Directiva de Eficiencia Energética*<sup>2</sup>, que recoge un conjunto de medidas para ayudar a alcanzar el objetivo energético de la UE para 2020, que tienen que garantizar importantes ahorros de energía, y entre las que se encuentran la mejora de la eficiencia de los sistemas de calefacción y el permitir a los consumidores gestionar mejor el consumo, mediante el acceso a sus datos de consumo.

Nos enfrentamos, por tanto, a retos sin precedentes, desde el punto de vista energético, encontrando en la *eficiencia energética* un valioso medio que permite afrontarlos y superarlos, mejorando la seguridad de abastecimiento al reducir el consumo de energía primaria y, por tanto, las importaciones de energía, ayudando

---

<sup>1</sup> *The European Union explained: Europe 2020: Europe's growth strategy.*

<sup>2</sup> *Directiva 2012/27/EU.*

a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, y todo ello gracias al uso de soluciones tecnológicas innovadoras que mejoran la competitividad industrial e impulsan el crecimiento económico<sup>3</sup>.

En este contexto se inscribe este trabajo, realizado en el entorno de la Comunidad de Madrid, cuyos objetivos principales son los siguientes:

- Analizar los ahorros energéticos que se consiguen en los sistemas de calefacción centralizada con el uso de repartidores de costes individualizados y válvulas termostáticas.
- Estudiar las repercusiones de estos ahorros desde los puntos de vista energéticos y medioambientales.

Para cumplir con estos objetivos es necesario establecer un protocolo que permita determinar los ahorros derivados de la implantación y uso de repartidores de coste, basándose en el principio de trabajar con el mínimo número de parámetros de entrada, dadas las dificultades inherentes a la búsqueda de parámetros de influencia, tal y como se comenta en este mismo documento, sin por ello invalidar los resultados obtenidos, gracias a la representatividad de los parámetros de influencia determinados. El protocolo ha de permitir realizar una estimación del ahorro, tanto de energía como de emisiones medioambientalmente contaminantes.

---

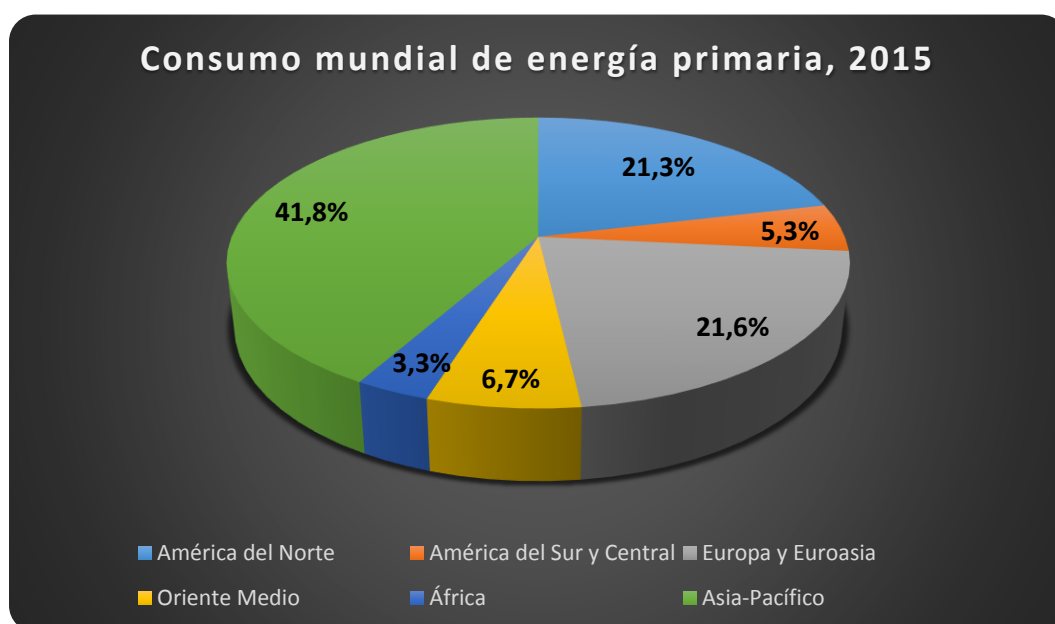
<sup>3</sup> Directiva 2012/27/UE.

---

## 2. Introducción

---

En los últimos 15 años, la población mundial ha tenido un crecimiento del 21,6%, cifrándose en 2015 en 7.437 millones de habitantes<sup>4</sup>. En paralelo con este crecimiento, el consumo de energía primaria a nivel mundial<sup>5</sup> ha crecido un 40%, llegando a un valor de 13,15 Gtep en 2015, correspondiendo un 12,4% del mismo a la Unión Europea, repartiéndose el consumo total entre las distintas zonas geográficas como se muestra en la Figura 2.1, en la que se aprecia que el mayor consumo de energía primaria corresponde, con casi la mitad del consumo mundial, a la zona de Asia-Pacífico, en la que se incluyen países como China, India o Japón, seguida de Europa y Eurasia (Federación Rusa, Alemania y Reino Unido, entre otros Países) y América del Norte (Canadá, Estados Unidos y Méjico).



*Figura 2.1. Consumo de energía primaria en el mundo, 2015.*

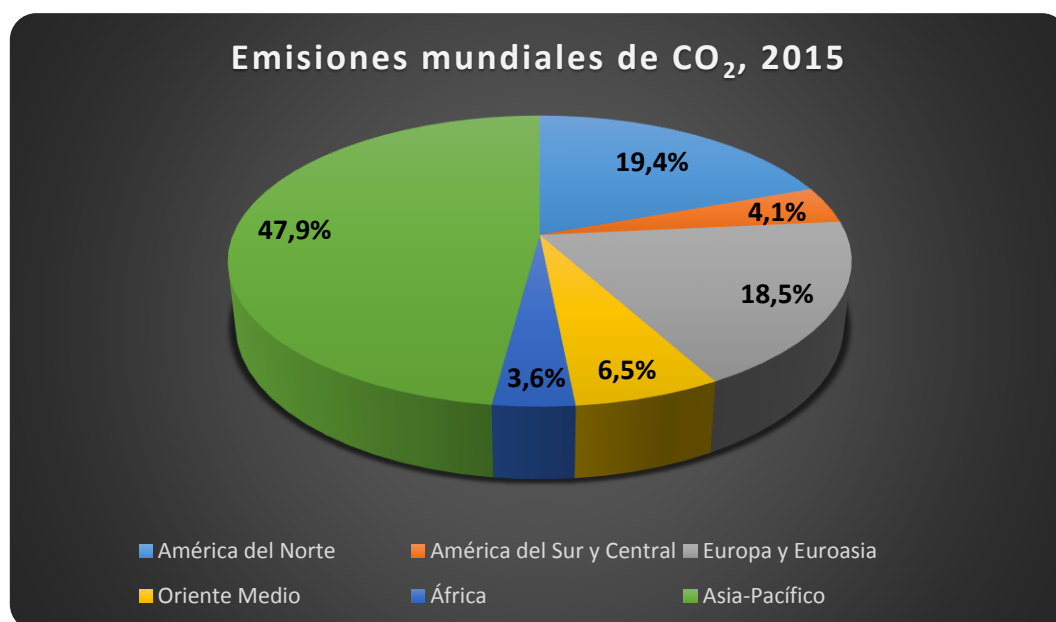
Fuente: BP.

En el mismo año, se emitieron 33.508,4 MtCO<sub>2</sub> a nivel mundial, correspondiendo a la Unión Europea el 10,4% de las mismas, repartiéndose las emisiones totales geográficamente como se muestra en la Figura 2.2<sup>5</sup>, en la que se observa la lógica correlación entre el consumo de energía primaria y el de emisiones de CO<sub>2</sub> para las distintas zonas geográficas.

---

<sup>4</sup> Banco Mundial, 2016.

<sup>5</sup> BP Statistical Review of World Energy 2016.



*Figura 2.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo, 2015.*

Fuente: BP.

## 2.1. Consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub> en España

En el mismo periodo (2000-2015), en España, se ha producido un crecimiento en la población del 14,2%<sup>6</sup>, pasando de 40,6 a 46,4 millones de habitantes.

En cuanto al consumo de energía final, a nivel nacional se ha producido una disminución del consumo de energía final del 0,5%, si bien entre 2000 y 2006 tuvo lugar un crecimiento del 16,3%, dándose a continuación una reducción en el consumo de energía final del 14,4%. Considerando el año 2015, en España se consumió el 1% de la energía final consumida en el mundo.

En la Figura 2.3, se muestra la evolución nacional del consumo, producción interior y abastecimiento exterior de energía primaria<sup>7</sup>. En esta gráfica se puede observar que la evolución del consumo y el abastecimiento exterior han sufrido variaciones con tendencias análogas, derivado de que la producción interior de energía primaria se ha mantenido prácticamente invariable durante este periodo de tiempo.

Tomando como ejemplo el año 2015, el consumo nacional de energía primaria fue de 123.867 ktep, habiéndose producido internamente el 26,9%, quedando así

<sup>6</sup> INE, 2016.

<sup>7</sup> FENERCOM, 2016.

patente la dependencia exterior de energía primaria que tiene España, de un 73,1%.

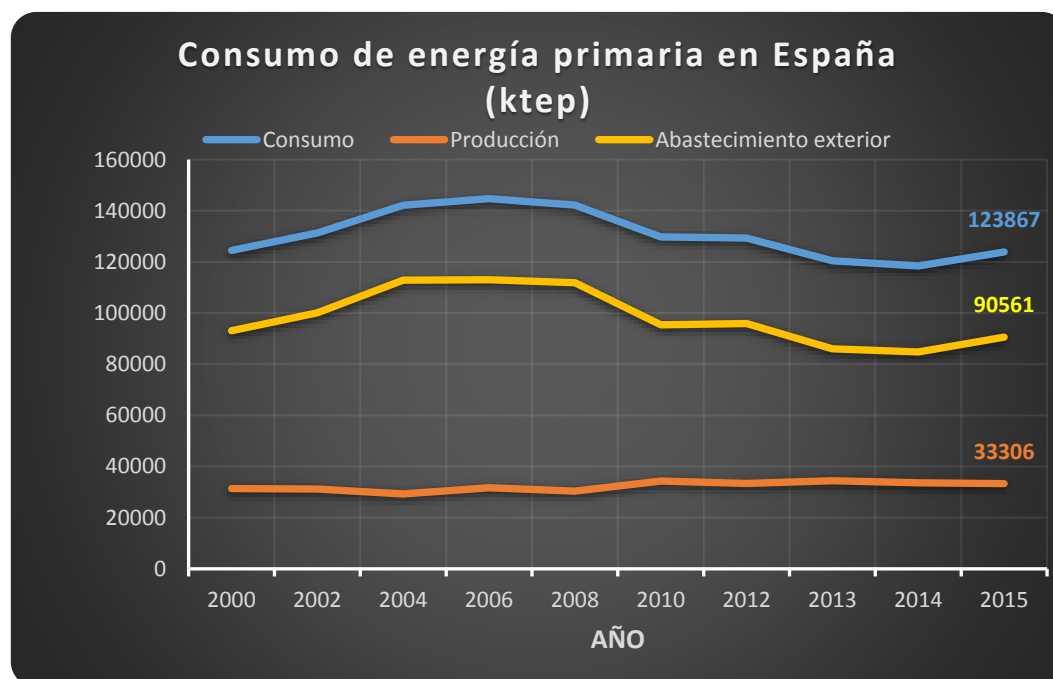


Figura 2.3. Evolución del consumo, producción y abastecimiento exterior de la energía primaria en España, 2000-2015.

Fuente: FENERCOM.

En cuanto a la energía final consumida en España, su evolución se muestra en la Figura 2.4. Considerando el año 2015, la principal fuente de energía final son los productos derivados del petróleo (34,6%), seguidos de la electricidad (16,5%), el gas natural (11,6%), las renovables (4,3%), el carbón (1%) y otras fuentes (0,2%).

A nivel nacional, las emisiones producidas por España en 2015 fueron de 291,7 MtCO<sub>2</sub>, lo que supone un 0,9% del total mundial y un 8,3% de las emisiones de la Unión Europea<sup>8</sup>, habiéndose reducido éstas un 21,8% desde 2005.

#### 2.1.1. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN LA COMUNIDAD DE MADRID

La población de la Comunidad de Madrid ha crecido un 19,6% desde el año 2000, siendo de 6,4 millones de habitantes en el año 2015, que representan un 13,9% del total nacional<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> BP Statistical Review of World Energy 2016.

<sup>9</sup> INE, 2016.

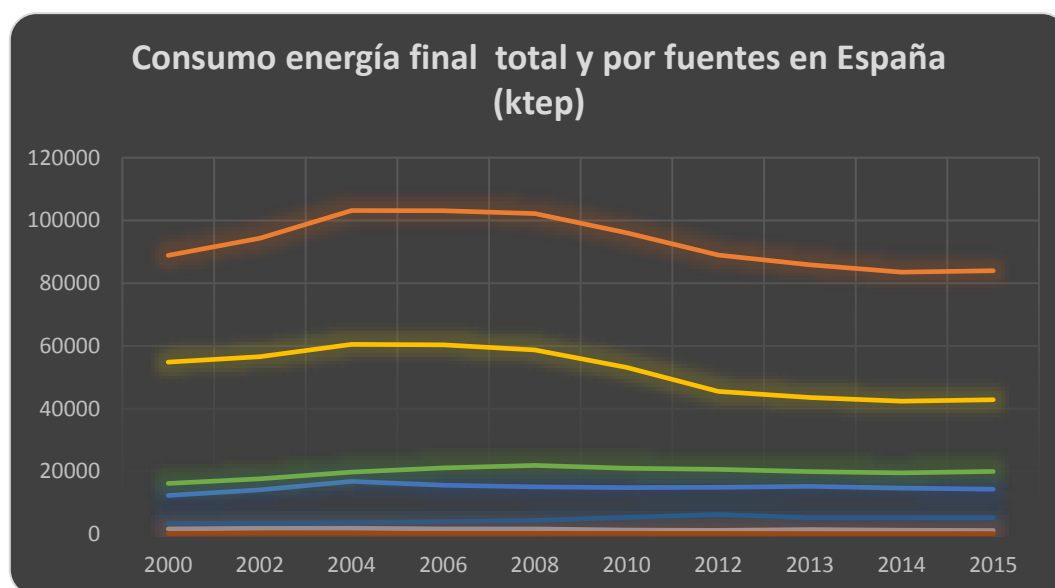


Figura 2.4. Consumo total y por fuentes de energía final. España 2000-2015.

Fuente: FENERCOM.

El consumo total de energía final en la Comunidad de Madrid durante el año 2015 fue de 9.887 ktep, lo que supone un 11,8% del consumo nacional. Se observa, en la Figura 2.5, que durante ese año el 56,3% del consumo lo fue en productos derivados del petróleo, seguido de la electricidad (23,6%) y el gas natural (18,4%), como principales fuentes de energía, siendo residual el carbón y otras fuentes energéticas.

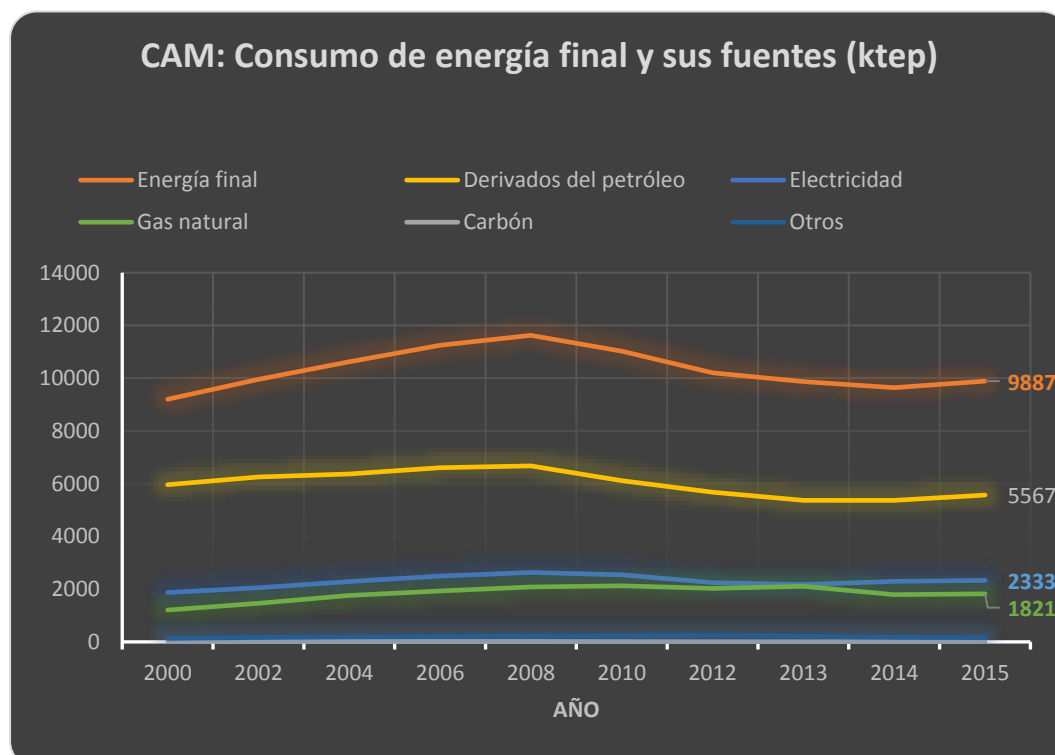


Figura 2.5. Consumo de energía final total y por fuentes. Comunidad de Madrid, 2000-2015.

Fuente: FENERCOM.



Además, se puede observar que a raíz de la crisis económica disminuye el consumo de los productos derivados del petróleo, que repunta ligeramente en el último año, decreciendo ligeramente el uso de gas natural y manteniéndose el crecimiento del uso de la electricidad, en tanto que el carbón va disminuyendo progresivamente su uso y también las que tienen como origen otras fuentes, entre las que se encuentran las renovables, sufren un decrecimiento a partir de 2010.

En cuanto a la evolución del consumo energético total, en términos netos durante periodo 2000-2015 se ha producido un incremento de 687 ktep, lo que supone un aumento del consumo del 7,5%, lo que implica un consumo por habitante de 1,54 tep/hab en 2015, frente a los 1,71 tep/hab de 2000, con una reducción del consumo por habitante del 10,1%.

Analizando por sectores económicos<sup>10</sup>, en 2015 el sector residencial consumió 2.291 ktep, lo que supone el 23,2% del consumo de la energía final de la Comunidad de Madrid para ese año, manteniéndose prácticamente en los mismos valores que en 2000, aunque aumenta un 16,7% entre 2000 y 2008, posteriormente se reduce el consumo, de manera que en 2015 se reduce en un 14,4% con respecto a 2008. El porcentaje de consumo de energía final de los diferentes sectores se representa en la Figura 2.6, en la que se observa que el sector con mayor consumo fue el de transporte (52,8%), seguido del residencial (23,2%), el de servicios (13,8%) y el industrial (8,6%).

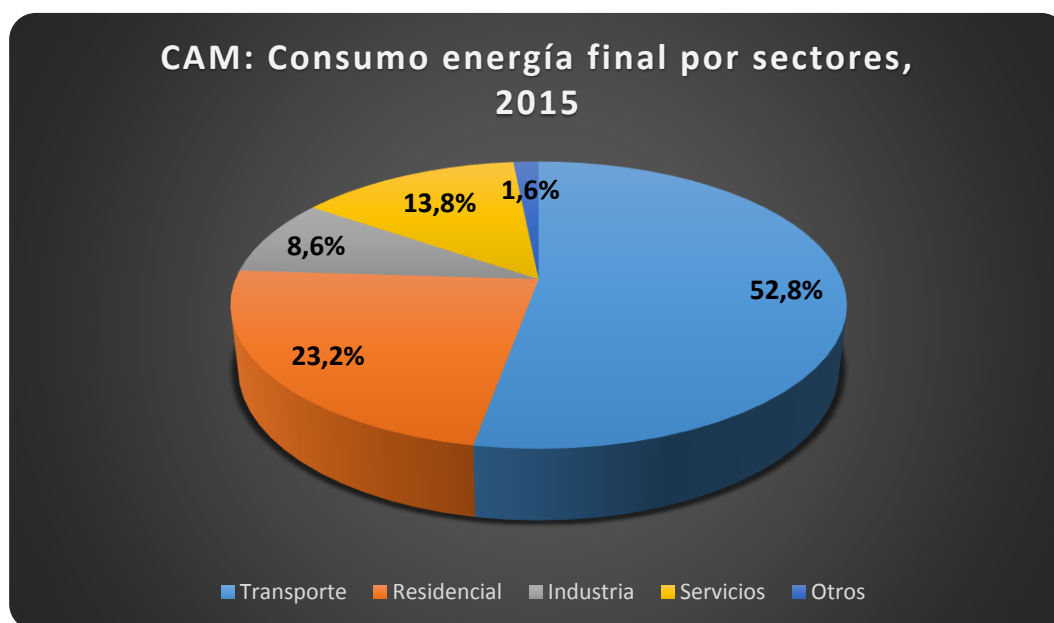
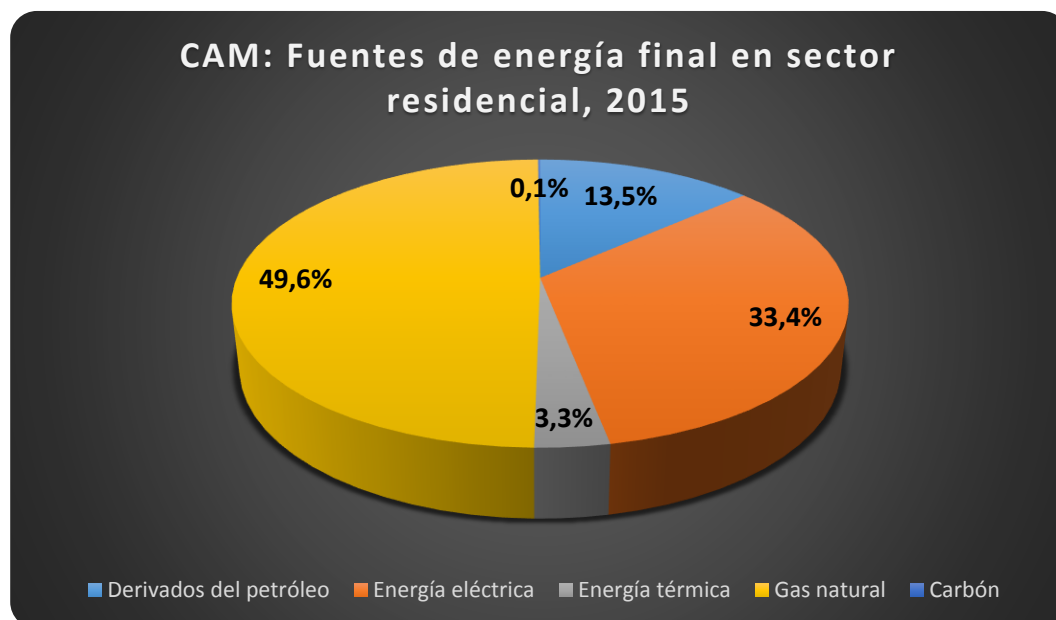


Figura 2.6. Consumo de energía final por sectores en la CAM, 2015.

Fuente: FENERCOM.

<sup>10</sup> FENERCOM, 2016.

Desglosado el consumo residencial por fuentes de energía, en la Figura 2.7 se puede observar que el gas natural es la fuente de energía final que más se consume (49,6%), seguida de la energía eléctrica (33,4%) y los productos derivados del petróleo (13,5%), siendo residual el uso de carbón y de energía térmica.



*Figura 2.7. Fuentes de energía final en el sector residencial en la CAM, 2015.*

Fuente: FENERCOM.

Entre los años 2000 al 2015, el consumo de energía final proveniente de los productos derivados del petróleo ha caído un 64,2%, haciéndolo un 81,3% la del carbón; por el contrario, ha aumentado el consumo de energía térmica (26,7%), energía eléctrica (25,4%) y gas natural (53,6%).

En relación al consumo medio por hogar en la Comunidad de Madrid de 1,087 tep<sup>11</sup>, el 47,0% corresponde a la calefacción, el 19,4% al consumo de los electrodomésticos, el 18,9% al agua caliente sanitaria, el 7,4% al consumo en la cocina, el 4,1% a la iluminación, el 2,3% a los sistemas de *standby* de los diferentes equipos y sistemas y el 0,8% a la climatización, tal y como se refleja en la Figura 2.8.

Las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad de Madrid se han reducido desde 25,8 MtCO<sub>2</sub> en el 2007 hasta las 18,5 MtCO<sub>2e</sub> en 2015, lo que supone un 28,3%. Del total de emisiones<sup>12</sup>, el 34% corresponde al sector transportes, el 24% al sector residencial, el 17% al sector servicios y el 15% al sector industrial.

<sup>11</sup> IDAE, 2011.

<sup>12</sup> Comunidad de Madrid, 2016.

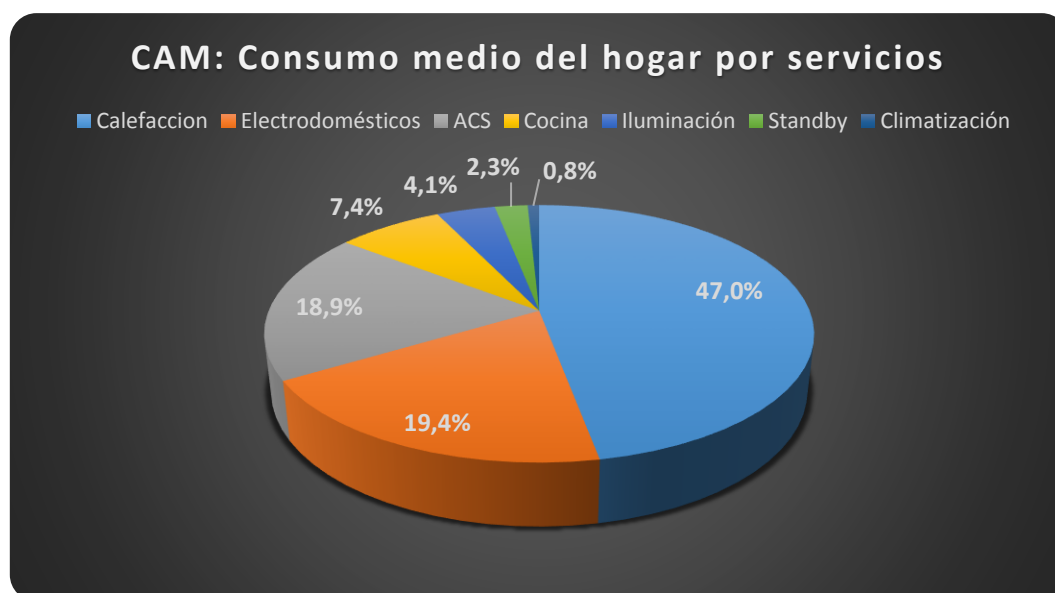


Figura 2.8. Consumo por servicios en el hogar.

Fuente: IDAE.

En el sector residencial, la media de emisiones globales en España son de 49,84 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, en tanto que en la Comunidad de Madrid se emiten 52,3 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, siendo las emisiones debidas a la calefacción de 34,12 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año a nivel nacional y de 37,16 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año en la Comunidad de Madrid, esto es, a nivel nacional el 68,5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector residencial son producidas por la calefacción, en tanto que en la Comunidad de Madrid este porcentaje aumenta hasta el 71,1%.

La importancia del sector residencial en la Comunidad de Madrid, que consume el 23,2% de la energía final (datos de 2015) y produce el 24% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, hace necesario considerarlo en cualquier estrategia tendente al ahorro y la eficiencia energética. Dentro de este sector, la calefacción supone el 47% del consumo y el 71% de las emisiones, lo que justifica el análisis de las implicaciones derivadas de la implantación de repartidores de coste de calefacción y válvulas termostáticas en las instalaciones colectivas de calefacción, por los efectos positivos que conllevan en la reducción del consumo y las emisiones.

## 2.2. Parque de viviendas en la Comunidad de Madrid

Las distintas viviendas construidas y en uso en la Comunidad de Madrid se pueden clasificar por su año de construcción, estableciéndose unos periodos que permiten estimar la situación probable de los edificios construidos durante ellos, considerada desde el punto de vista de eficiencia energética. Estos periodos son los siguientes:

- Anteriores a 1900.
- De 1901 a 1940.
- De 1941 a 1960.
- De 1961 a 1980
- De 1981 a 2006.
- Posteriores a 2006.

Teniendo en cuenta estos periodos, el número de viviendas existentes en la Comunidad de Madrid, construidas hasta el año 2011<sup>13</sup>, es de 2,469.380, distribuidas por periodos como se muestra en la Figura 2.9, en la que se observa que el 75% de las viviendas se construyeron entre los años 1961 y 2006.

La superficie útil media de las viviendas de la Comunidad de Madrid en los periodos considerados es de 90,79 m<sup>2</sup>, lo que hace un total de 230,635.653 m<sup>2</sup> construidos.



Figura 2.9. Porcentaje de viviendas en la Comunidad de Madrid por periodo de construcción.

Fuente: INE, 2011.

### 2.2.1. VIVIENDAS CON CALEFACCIÓN COLECTIVA O CENTRALIZADA

Del conjunto de las viviendas consideradas, el número de éstas que disponen de calefacción colectiva o centralizada es de 519.820, lo que supone un 20,5% del total de las viviendas, distribuidas por periodo de construcción tal y como se muestra en la Figura 2.10, correspondiendo al periodo 1961-1980 más del 60% de

<sup>13</sup> INE, 2011.

las viviendas que disponen de calefacción comunitaria o central, cuyos diseños se corresponden con las directrices emanadas de normas dictadas por el Ministerio de la Vivienda de la época.

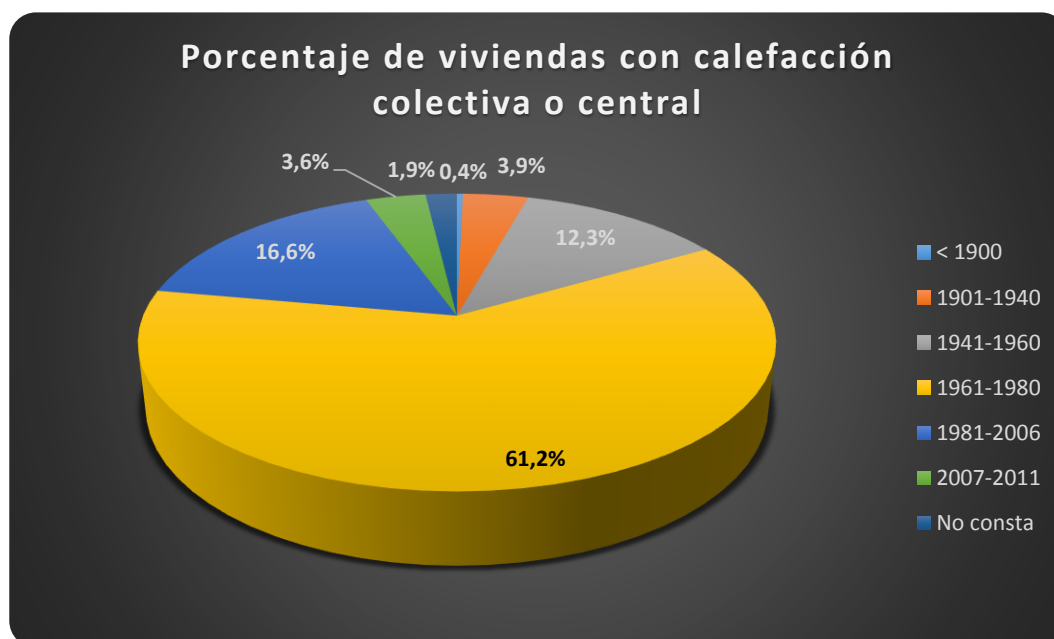


Figura 2.10. Porcentaje de viviendas con calefacción colectiva o central por periodo de construcción.

Fuente: INE, 2011.

Considerando las viviendas en las que se dispone de calefacción comunitaria o central, su superficie media útil es de 94,59 m<sup>2</sup>, es decir, un total de 49,169.774 m<sup>2</sup> de superficie calefactada, equivalentes al 21,3% de la superficie útil total de las viviendas de la Comunidad de Madrid. En el 8% de esta superficie calefactada se utiliza gasóleo C como combustible, en tanto que en el 15,8% se utiliza gas natural, repartiéndose el resto entre gases licuados del petróleo (8%), biomasa (0,4%), carbón (4%) y electricidad (0,6%)<sup>14</sup>.

Para realizar el análisis de los efectos que tiene la implantación de los repartidores de coste de calefacción y válvulas termostáticas en los edificios que cuentan con sistemas de calefacción colectiva, en el ámbito de la Comunidad de Madrid, es necesario conocer el entorno normativo en el que se ha basado el diseño de dichos sistemas, dependiente del año de construcción de los bloques de viviendas en los que se tienen instalados dichos sistemas.

Así, en los edificios construidos hasta 1960 no existía un marco normativo para ello, entrando en vigor las normas del Ministerio de la Vivienda a partir de 1961. En 1977 se establecen la Normativa de la Edificación que, desde el punto de vista de los sistemas de calefacción, da lugar al Código Técnico NBE-CT-79, que afectaría

<sup>14</sup> IDAE, 2011.

a la construcción de viviendas a partir de 1981. A partir de 2006, la construcción de viviendas ha de regirse por el Código Técnico de la Edificación, que fija parámetros de ahorro y eficiencia energética<sup>15</sup>.

Por todo ello, lógicamente el análisis de este trabajo se centra en aquellos bloques de viviendas anteriores a 2006, en los que exista un sistema de calefacción colectiva instalado, susceptible de ser implementado con los citados repartidores de coste y válvulas de cabezal termostático.

### **2.3. Instalaciones de calefacción colectiva o centralizada**

---

En términos de eficiencia energética, un edificio es más eficiente que otro cuando, para alcanzar los mismos parámetros de confort, consume menos energía primaria procedente de fuentes no renovables.

Con la aprobación del Código Técnico de la Edificación en 2006<sup>16</sup> se establecen los requisitos básicos de ahorro energético en los edificios, reduciendo la demanda de los edificios sin que se resienta el confort de los usuarios. A la hora de diseñar una nueva instalación, además de los parámetros de ahorro y eficiencia energética, también se han de considerar aspectos económico-sociales y medioambientales.

Prácticamente la mitad de la energía final que se consume en una vivienda se utiliza para el calentamiento de sus estancias, debiendo tenerse en cuenta que el sector residencial es el responsable de casi el 25% del consumo de la energía final de la Comunidad de Madrid, esto es, prácticamente el 12,5% del consumo de energía final de la Comunidad tiene su origen en los sistemas de calefacción. Por ello, gran parte del potencial ahorro energético en edificios de viviendas estriba en adecuar la forma de calentar las distintas estancias de las viviendas, debiendo procederse a tomar decisiones sobre el uso y selección de los distintos elementos que forman parte de una instalación de calefacción, ya sean estas individuales o centralizadas o colectivas.

#### **2.3.1. ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN**

Centrándonos en el caso de las instalaciones centralizadas o colectivas, una instalación de calefacción por agua está formada por tres sistemas principales:

---

<sup>15</sup> IDAE, 2011.

<sup>16</sup> RD 314/2006.

- Sistema de generación (caldera), que transforma una energía primaria en energía térmica.
- Sistema de distribución general o red de tuberías de transporte del agua, a través de cuyos elementos se transporta la energía térmica desde el sistema de generación hasta el consumo.
- Sistema de emisión (radiador, como elemento más común), formado por elementos que reciben la energía térmica transportada y la emiten o la transmiten al aire ambiente.

Además, existen una serie de elementos auxiliares de los tres anteriores, cuya finalidad es garantizar la seguridad y el rendimiento de la instalación para favorecer el confort de los usuarios:

- Elementos auxiliares del sistema de generación: quemador, encargado de llevar a cabo la combustión con la dosificación idónea de aire y combustible; chimenea, para la evacuación de los productos de la combustión; intercambiador de calor, que permite el calentamiento del agua; sistema de alimentación, expansión y seguridad (vaso de expansión, válvula de seguridad, desconector, válvula reductora de presión; filtro; contador de agua; ...); ventilador de extracción de los productos de la combustión y envolvente o cuerpo de la caldera.
- Elementos auxiliares del sistema de distribución: bomba de circulación, que garantiza la circulación del agua a través de todo el circuito en el caso de máxima demanda energética; válvula antirretorno, dilatadores y purgadores.
- Elementos auxiliares de los sistemas de emisión: válvulas de reglaje, detentores y válvulas monotubo, todas ellas existentes en versión termostática, con regulación automática del caudal; válvula de presión diferencial; elementos de control, entre los que se incluyen los repartidores de coste.

### 2.3.2. CONDICIONES AMBIENTALES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Las necesidades de calefacción de un edificio dependen, en primer lugar, de las condiciones ambientales exteriores e interiores, que aumentan lógicamente a medida que disminuye la temperatura exterior.

Las pérdidas de calor se producen por transmisión a través de los cerramientos y por ventilación, y aumentan con la diferencia entre las temperaturas exterior e interior. Cuanto mayor sea la temperatura interior que se alcance en las viviendas mayor será también el consumo de calefacción.

Para determinar la temperatura interior de diseño de los sistemas de calefacción, según establece la norma UNE-EN 15378, se consideran los siguientes supuestos: personas con una actividad metabólica sedentaria de 1,2 met, grado de vestimenta de 1 clo y un porcentaje estimado de insatisfechos inferior al 6%<sup>17</sup>. Esta temperatura es de 21 a 23 °C, para una humedad relativa de entre el 45 y el 60%. Se considera que un aumento de 1°C en la temperatura interior equivale a un aumento del consumo energético de entre el 5 y el 7%.

La temperatura exterior de diseño de las instalaciones de calefacción se alcanza durante muy pocas horas al año en horario y temporada de calefacción, por lo que generalmente las necesidades energéticas del edificio son menores. Se determina como el percentil 97,5% para los meses de diciembre, enero y febrero<sup>18,19</sup>.

El aislamiento térmico de los edificios, que contempla las pérdidas por transmisión a través de los cerramientos, depende del tamaño de las viviendas y del aislamiento térmico de los cerramientos. Las viviendas situadas en las plantas primera y última tienen mayores necesidades de calefacción, ya que presentan pérdidas por suelo y cubierta, respectivamente, mientras que las plantas intermedias quedan protegidas por las anteriores.

Además, los edificios habrán de tener un mayor nivel de aislamiento térmico cuanto más fría sea la localidad de ubicación del edificio. Por ello, se han establecido doce zonas climáticas<sup>8</sup>, como combinación de 5 grados de severidad climática de invierno (indicada con una letra) con 4 grados de severidad climática de verano (indicada con un número).

La mejor forma de reducir los consumos en calefacción consiste en aumentar el aislamiento térmico de los edificios, debiendo tenerse también en cuenta el efecto sobre el mismo de la orientación de las fachadas.

Sin embargo, los edificios existentes pueden tener grandes deficiencias en su aislamiento térmico, dado que no estaban obligados a seguir normativa algún en su año de construcción.

### 2.3.3. COMBUSTIBLES MÁS UTILIZADOS

Los combustibles más utilizados en sistemas de calefacción centralizada son el gasóleo y el gas natural, cuyas propiedades se resumen en la Tabla 2.1<sup>20</sup>. En ella, el poder calorífico inferior (PCI) es el calor de la combustión que no aprovecha la

---

<sup>17</sup> UNE-EN 15378:2007.

<sup>18</sup> UNE 100001:2001.

<sup>19</sup> UNE 10014:2004 IN.

<sup>20</sup> IDAE, 2010.



energía de condensación del agua, en tanto que el poder calorífico superior (PCS) aprovecha esta energía y, por tanto, con la misma cantidad de combustible, permite generar más calor. Se incluyen también los valores correspondientes al poder comburívoro, o cantidad de aire seco mínima necesaria para la combustión completa y estequiométrica de la unidad de combustible, y el poder fumígeno húmedo, o cantidad de productos de la combustión que se producen en la combustión estequiométrica de la unidad de combustible, considerando el vapor de agua existente.

|                                              | <b>Gasóleo C</b>            | <b>Gas natural</b>        |
|----------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Densidad relativa (kg/m <sup>3</sup> )       | 900                         | 0,656                     |
| Poder calorífico inferior (PCI)              | 10,28 kWh/l<br>12,24 kWh/kg | 10,83 kWh/Nm <sup>3</sup> |
| Poder calorífico superior (PCS)              | 10,89 kWh/l                 | 12 kWh/Nm <sup>3</sup>    |
| Poder comburívoro (Nm <sup>3</sup> /kWh)     | 0,92                        | 0,95                      |
| Poder fumígeno húmedo (Nm <sup>3</sup> /kWh) | 0,97                        | 1,05                      |
| Producción de agua (g/kWh)                   | 87                          | 155                       |

*Tabla 2.1. Propiedades del gas natural y del gasóleo C.*

Fuente: IDAE.

En la Tabla 2.2 se indican para estos dos combustibles, las emisiones contaminantes equivalentes, junto con el factor de conversión de energía primaria a energía final.

|                                                         | <b>Gasóleo C</b> | <b>Gas natural</b> |
|---------------------------------------------------------|------------------|--------------------|
| Factor de conversión energía primaria/energía final     | 1,182            | 1,195              |
| Producción de CO <sub>2</sub> (kg/kWh de energía final) | 0,311            | 0,252              |
| Producción de CO (g/kWh)                                | 0,0506703        | 0,0614186          |
| Producción de NOx (g/kWh)                               | 0,67888          | 0,141263           |

*Tabla 2.2. Producción de gases contaminantes.*

#### 2.3.4. COSTES A CONTEMPLAR EN LA INSTALACIÓN

El costo total de los servicios de calefacción de las instalaciones colectivas se compone de distintos conceptos que no siempre son directamente proporcionales a los consumos de ambos servicios, sino que tienen una parte fija, independiente del uso y justificada por la propia disponibilidad del servicio, y otra variable en función de su grado de utilización.

Los diferentes componentes de los costes de una instalación comunitaria son los siguientes:

- Combustible. Representa el término más importante del costo total. Independientemente del tipo de combustible a utilizar, el precio del combustible es muy variable. Estos precios varían según distribuidores y, en cualquier caso, para el gasóleo y el gas natural, han de añadirse a los precios unitarios las tasas correspondientes: impuesto especial sobre hidrocarburos tanto estatal como autonómico, así como el IVA.
- Gastos fijos de mantenimiento. Las tareas de mantenimiento preventivo o correctivo son asumidas y facturadas por la empresa contratada al efecto. Las tareas de mantenimiento preventivo, de carácter obligatorio, están fijadas en la legislación vigente que define tanto las operaciones a realizar como la frecuencia de las mismas.
- Consumo eléctrico asociado. Los equipos de la sala de calderas consumen energía eléctrica con independencia del consumo del servicio de calefacción, ya que las bombas han de estar en funcionamiento de manera continua.
- Agua fría para el llenado de la instalación.
- Otros costes. Además de los anteriores, han de tenerse en cuenta otros gastos entre los que se encuentran los derivados del alquiler de contadores, la elaboración de recibos, la parte correspondiente de los costes de personal contratado por la comunidad de vecinos, los gastos financieros que le sean imputables, ...

### 2.3.5. POSIBLES AHORROS EN LAS INSTALACIONES

Optimizando las instalaciones de calefacción y realizando una serie de actuaciones tendentes a mejorar su eficiencia energética se pueden conseguir diferentes ahorros de energía. En la Tabla 2.3 se estiman algunos de estos ahorros<sup>21</sup>. Los plazos de amortización dan una idea de la necesidad de inversión en la mejora de la instalación, de manera que a mayores costes aumenta el plazo de amortización de los mismos.

Además de estas medidas, se pueden implementar otras, como son la mejora de la envolvente del edificio, que puede suponer un ahorro de entre el 5 y el 8% por cada grado de aumento de la temperatura ambiente interior, o disminuir 1°C la temperatura de confort en la vivienda, lo que supondría un ahorro de entre el 5 y el 10%.

---

<sup>21</sup> *Instalaciones y eficiencia energética.com.*

### 2.3.6. REPARTIDORES DE COSTES DE CALEFACCIÓN

En las instalaciones de calefacción se puede contribuir al ahorro y eficiencia energética del edificio mediante la determinación de los consumos individuales y globales, junto con su posterior reparto económico entre los usuarios.

Existen dos sistemas de obtención de los datos de consumo para repartir los costes entre los usuarios:

| Mejora                                                     | Ahorro energía (%) | Amortización    |
|------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|
| Aislamiento caldera no calorifugada                        | 1-3                | 1,5 años        |
| Cambio de quemador                                         | 7-9                | 1,5 años        |
| Optimización de la combustión                              | 5-10               | 6 meses         |
| Cambio a caldera de baja temperatura                       | 15-25              | 5 años          |
| Cambio a caldera de condensación                           | 20-30              | 8 años          |
| Cambio a bomba electrónica                                 | 50-60              | 1,5 años        |
| Nuevo control de regulación                                | 20-25              | 1-3 años        |
| Aislamiento de tuberías                                    | 5-10               | 1-2 años        |
| Descalcificación de tuberías                               | 5-10               | 2-3 años        |
| <b>Instalación de válvulas termostáticas</b>               | <b>7-10</b>        | <b>1-2 años</b> |
| <b>Instalación de repartidores de coste de calefacción</b> | <b>20-30</b>       | <b>1-2 años</b> |

*Tabla 2.3. Actuaciones para mejorar la eficiencia energética.*

Fuente: Instalaciones y eficiencia energética.com.

- Contadores de energía térmica, que miden el consumo del sistema de calefacción de cada usuario, en el caso de instalaciones en anillo.
- Repartidores de costes, que estiman la energía que emite el radiador en el que está montado, en el caso de instalaciones con distribución por columnas.

El repartidor de costes de calefacción es un dispositivo que se coloca en la superficie del radiador y permite estimar el calor que emite, mediante la medida de la temperatura en la superficie del radiador y la temperatura ambiente de la habitación en la que está instalado.

Son dispositivos de fácil instalación, totalmente autónomos, programados individualmente para cada radiador, en función de las características de éste, transmiten los datos vía radio y son seguros frente a manipulaciones, instalándose normalmente junto a válvulas de cabezal termostático, para así mejorar el ahorro.

Reseñar, en este punto, que la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética, en su artículo 9 establece la instalación de contadores de consumo individuales en los edificios con una fuente de calefacción central antes del 31 de diciembre de 2016.

Sin embargo, ni el Proyecto de Real Decreto de trasposición de la Directiva, ni el Real Decreto 56/2016 de trasposición de la misma hacen referencia al citado artículo 9, a pesar de la importancia que tienen los sistemas de calefacción centralizada o colectiva tanto en el ámbito energético como en el medioambiental, tal como se ha comentado anteriormente, principalmente con los datos disponibles para la Comunidad de Madrid.

Aun así, en 2014 la Comunidad de Madrid lanzó en 2014 el “Plan Renove de Repartidores de Costes de Calefacción Central y Válvulas con Cabezal Termostático”, que comenzó el 17 de marzo y finalizó el 31 de diciembre, así como el “Plan de Impulso de Válvulas con Cabezal Termostático” de 2015 y el “Plan de Impulso de Repartidores de Costes del Calefacción Central y Válvulas con Cabezal Termostático de la Comunidad de Madrid 2016”.

---

## 3. Metodología

---

Se describe a continuación la metodología seguida en este estudio. En primer lugar, se realiza un planteamiento general de trabajo, pasando a continuación a desarrollar, las distintas fases que se han desarrollado en el mismo.

### 3.1. Planteamiento del estudio

---

El presente estudio se va a realizar sobre edificios en los que existe una instalación colectiva de calefacción, todos ellos ubicados en la Comunidad de Madrid. Se pretende analizar el grado de ahorro que supone la instalación de repartidores de coste de calefacción y su repercusión en el marco económico de la Comunidad, así como medioambiental.

Para ello se ha desarrollado un método para la estimación de estos ahorros en el que se precise del menor número de datos posible, dada la dificultad existente para conseguir la cantidad de datos que permitiera establecer con exactitud los resultados buscados, aunque la limitación de datos utilizados no resta validez a los resultados obtenidos. La citada dificultad que tiene entre sus orígenes dos causas principales. Por una parte, el recelo encontrado en conseguir datos generales sobre la instalación y sus consumos. Por otra, un estudio riguroso requeriría, o bien disponer de los planos de la construcción de la finca, o bien la visita a las diferentes viviendas a estudiar. En ambos casos, parece una opción inviable.

### 3.2. Consideraciones previas

---

A la hora de abordar este estudio, ha sido necesario tener en cuenta una serie de consideraciones previas, que han llevado a establecer una metodología novedosa. Entre las consideraciones a tener en cuenta, destacar las siguientes:

1. No se dispone de datos relativos a la distribución interior de las viviendas incluidas en los edificios a estudiar, ni los relacionados con posibles modificaciones de la envolvente del edificio (cambio de ventanas, cerramiento de terrazas, ...) que permitan evaluar el posible ahorro derivado de estas actuaciones.

2. Los edificios a estudiar se pueden corresponder con diferentes periodos de edificación, en algunos de los cuales no existía normativa específica sobre el diseño de los sistemas de calefacción.
3. Tampoco se dispone de datos de los materiales de construcción utilizados, por lo que no es posible establecer los valores de los coeficientes de transferencia de calor de los distintos cerramientos.
4. Se desconoce si se han producido cambios en la instalación, relacionados con un cambio de caldera en los últimos años, o modificaciones en el sistema de distribución o cambio de radiadores en las viviendas, ...
5. Normalmente no se va a disponer de los gastos fijos de la instalación, excluido el coste del combustible y el consumo de éste en las diferentes temporadas de calefacción que se vayan a evaluar.
6. La variabilidad de los costes del combustible, negociados con los suministradores, y con variaciones en cortos plazo de tiempo y entre distintos suministradores, lo que dificulta realizar una estimación económica de los posibles ahorros.

### **3.3. Desarrollo de la metodología**

---

Teniendo en cuenta estas restricciones, el procedimiento seguido en el trabajo consta de las siguientes fases:

#### **I. Obtención de datos de las fincas**

1. Recopilación de datos de las fincas, suministrados por distintas empresas dedicadas a la medida de contadores.

Los datos iniciales estarán conformados por la localización de la finca, así como la indicación, en cada caso, de las temporadas de calefacción previa y posteriores a la instalación de los repartidores de costes, los periodos y los horarios de encendido, el tipo de combustible utilizado y los costes y consumos del mismo en las distintas temporadas. Sería muy interesante también disponer de información sobre las posibles modificaciones realizadas, que puedan mejorar el ahorro y la eficiencia energética, así como, si están disponibles, los costes fijos de la instalación, excluidos, lógicamente, los del propio combustible.

2. Búsqueda de las características de la edificación, a través del Catastro, de la que obtener el año de construcción del edificio, el número de viviendas y la superficie catastral de las mismas.

3. Como datos añadidos sobre los diferentes edificios, se procederá a obtener la cota del mismo, mediante la aplicación Google Earth, a partir de la localización de la misma.
4. Determinar el rendimiento medio estacional de la caldera. Se han establecido, en función de los valores por defecto establecidos en la norma UNE-EN ISO 15378, los valores de 0,83 para los casos de calderas a gas natural, y 0,79 para el caso de calderas a gasóleo C, correspondientes a calderas posteriores a 1998.

## **II. Obtención de datos climatológicos**

Una vez que se dispone de los datos de las fincas, se llevará a cabo la determinación de los datos climatológicos correspondientes, teniendo en cuenta que todas ellas se encuentran en la zona climática D3, obteniéndose los valores de las temperaturas mínima y máxima diarias de cada temporada y periodo de encendido, en cada uno de los casos (fincas) en estudio. Estos datos se obtendrán de la AEMET, para una estación meteorológica del centro de Madrid: Madrid-Retiro, cuya cota es de 667 m.

## **III. Cálculos previos**

Los datos anteriormente comentados permiten la realización de los siguientes cálculos:

1. Determinación de la superficie a calefactar en cada uno de los edificios, considerando el conjunto de viviendas del mismo como una monozona. Para ello, se sumará la superficie catastral de cada una de las viviendas de la finca y el resultado se multiplicará por 0,85, lo que resulta en reducir la superficie, dado que en el valor catastral se incluyen espacios comunes, así como la superficie que corresponde a los distintos paramentos de la vivienda.
2. Determinar los días totales de calefacción correspondientes a cada caso, a partir del periodo de encendido de calefacción.
3. Determinar las horas diarias de encendido de calefacción, a partir de los horarios de encendido proporcionados.
4. En aquellos casos en los que la información sobre el combustible consumido se proporcione en unidades de volumen o masa, convertirlos a unidades de energía (kWh), utilizando para ello los valores del poder

calorífico inferior (PCI) correspondientes al combustible usado, que se dan en la Tabla 2.1.

5. Determinar la temperatura mínima, considerada como el percentil para las temperaturas de los meses de diciembre, enero y febrero, según la norma UNE 100014 IN, para la temporada.
6. Corregir este valor de temperatura en función de la altura, de modo que si la cota del emplazamiento es inferior a la del observatorio no se realizará corrección alguna, corrigiendo 1°C por cada 154 m de diferencia, en caso contrario.
7. Determinar la temperatura media diaria, para el periodo de encendido de cada temporada, como la semisuma de los valores máximo y mínimo correspondiente.
8. Corregir el valor obtenido para la temperatura media, de forma análoga a la expresada en el punto 6 de este apartado metodológico.
9. Determinar los grados-día, para cada temporada y periodo de encendido, teniendo en cuenta la norma UNE 100002, con temperatura base de 15°C.
10. Corregir el valor de los grados-día, en función de la diferencia de cotas entre el edificio en estudio y el observatorio, tal y como establece la norma UNE 100002, sumando al valor obtenido en el apartado 8 el producto de la diferencia entre la cota del edificio y la del observatorio, multiplicada por 1,52.

#### **IV. Estudio realizado para la temporada previa a la instalación de los repartidores de costes (Temporada 0)**

Con los datos obtenidos, y tras realizar los cálculos previos descritos, para cada una de las fincas se estudiará la Temporada 0, con los que se va a calcular la potencia nominal, en kW, para cada una de las temperaturas de confort.

Para ello, se necesitan los siguientes datos:

- Horas diarias de encendido de la calefacción.
- Temperatura de confort. Se trabajará en tres casos distintos: 21, 22 y 23°C.
- Energía final de combustible consumida, en kWh.
- Grados-día en base 15, corregidos.



- Temperatura media de la temporada corregida. Se establece trabajar con este valor de temperatura, dado que la mínima se alcanza pocos días dentro de la temporada, por lo que su uso daría lugar a sobre evaluar el consumo.
- Rendimiento medio estacional.

Con estos datos, y utilizando la expresión

$$Q_c = \frac{P_n \cdot h \cdot GD_{15c}}{(T_c - T_{mc}) \cdot \bar{\eta}} \quad (1)$$

donde  $Q_c$  es la energía final del combustible consumido en la temporada,  $P_n$  la potencia neta de la caldera,  $h$  el número diario de horas de funcionamiento,  $GD_{15c}$  los grados-día con base 15 corregidos,  $T_c$  la temperatura de confort,  $T_{mc}$  la temperatura media de la temporada corregida, y  $\bar{\eta}$  el correspondiente rendimiento medio estacional de la caldera, se despejará el valor de la potencia nominal.

El cálculo se realizará para cada una de las temperaturas de confort, determinándose el valor máximo de los tres obtenidos, por ser éste el que más se aproxime a las condiciones de diseño del sistema de calefacción, al realizarse el mismo a partir de temperaturas mínimas que pocas veces se alcanzan a lo largo de la temporada.

#### **V. Estudio realizado para las temporadas en las que se cuenta con repartidores de costes ya instalados (Temporada 1, Temporada 2, ...)**

Para cada una de las fincas se estudiarán las distintas temporadas de las que se tengan datos, trabajando en cada una de ellas con los siguientes datos:

- Potencia nominal calculada para la temporada 0.
- Horas diarias de encendido de la calefacción.
- Temperatura de confort. Se trabajará en tres casos distintos: 21, 22 y 23°C.
- Energía de combustible consumida, en kWh.
- Grados-día en base 15, corregidos.
- Temperatura media de la temporada corregida. Se establece trabajar con este valor de temperatura, dado que la mínima se alcanza pocos días dentro de la temporada, por lo que su uso daría lugar a sobre evaluar el consumo.
- Rendimiento medio estacional.

Con estos datos, y utilizando la expresión (1) se determinará, para cada una de las tres temperaturas de confort el valor calculado del consumo de energía de combustible.

## **VI. Estudio y análisis global de ahorros**

Una vez calculados todos los datos sobre ahorros, se procederá a realizar los siguientes cálculos, separando los casos en los que el combustible es gasóleo C de los que se trabaja con gas natural:

1. Determinar el ahorro medio global, de todas las fincas, en unidades de energía final, con respecto a la Temporada 0, por diferencia entre el consumo calculado y el dato de consumo medido para cada una de las temporadas y temperaturas de confort.
2. Determinar la horquilla de valores mínimo y máximo globales de ahorro de energía final.
3. Establecer el ahorro porcentual de la globalidad de los casos estudiados, tanto medio como mínimo y máximo.
4. Determinar el ahorro de energía por metro cuadrado de superficie calefactada, medio, mínimo y máximo.
5. A partir de la superficie calefactada media de las viviendas de la Comunidad de Madrid (94,59 m<sup>2</sup>), establecer el ahorro de energía final medio, mínimo y máximo de una vivienda.
6. A partir de los ahorros de energía final de una vivienda, teniendo en cuenta la existencia de 41.585 viviendas con calefacción de gasóleo C y 82.131 viviendas con calefacción de gas natural, estimar los ahorros energéticos en el caso de que, al menos el 50% de las mismas dispusiesen de repartidores de coste.
7. Evaluar el ahorro de energía primaria por vivienda y en global para la Comunidad de Madrid, en el caso indicado en el apartado anterior.
8. Evaluar el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub>, utilizando los correspondientes factores de conversión, extrapolando los valores obtenidos en una

vivienda a la totalidad de las viviendas consideradas, en el supuesto de que todas ellas dispusiesen de repartidores de costes.

## **VII. Estudio comparativo**

Se pretende en este caso realizar una comparativa entre el ahorro producido en una vivienda, en términos energéticos, y su equivalencia en ahorro de energía eléctrica final.

De igual forma, se establecerá la equivalencia entre la reducción de emisiones debidas al uso de repartidores de coste de calefacción y las producidas por diferentes tipos de turismos que circulan por la Comunidad de Madrid.



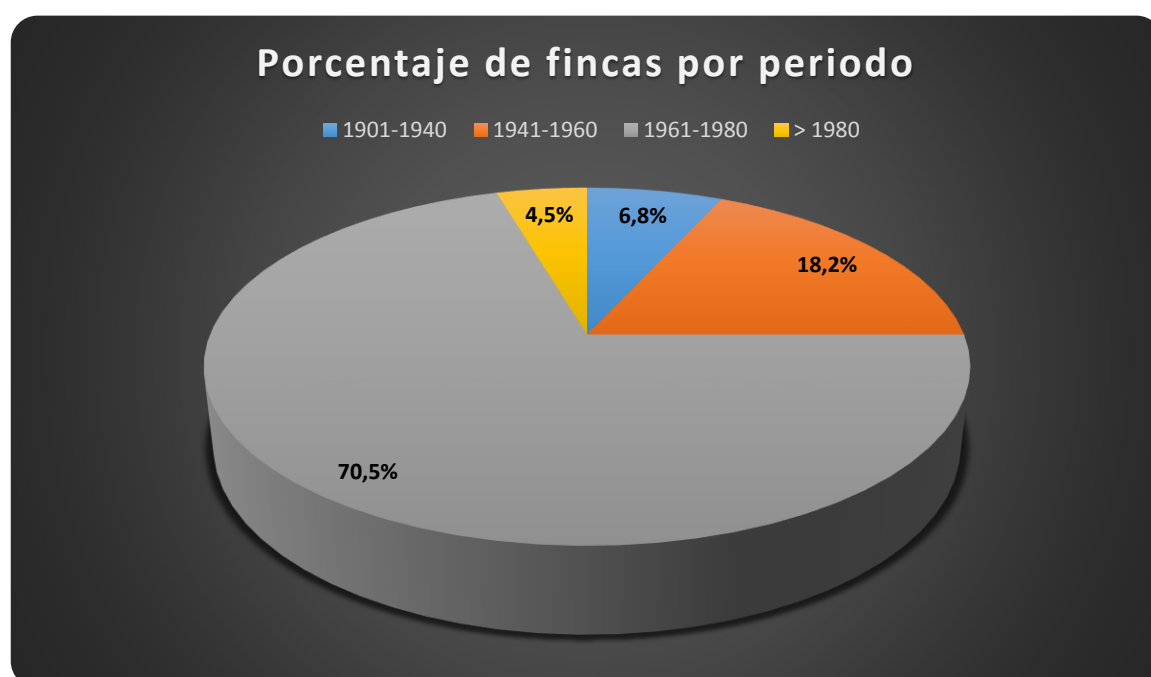
---

## 4. Datos de las fincas

---

El estudio se va a realizar sobre un total de 44 fincas, que se corresponden con 37 casos diferentes, dado que existen varios casos de fincas que comparten la instalación, en un caso entre 5 fincas, en otro entre 3 y en otro entre 2. Los años de construcción de las diferentes fincas van desde 1929 a 1985, con una distribución por periodos indicada en la Figura 4.1.

Del total, 5 casos (9 fincas) utilizan como combustible el gasóleo C, y los 32 casos (35 fincas) tienen como combustible el gas natural.



*Figura 4.1. Distribución de fincas a estudiar por periodo de construcción.*

A continuación, se presentan los datos correspondientes a cada una de las fincas, en un formato tipo “ficha”, en el que, utilizando un identificador, se incluyen los datos de la misma comentados, en función de los criterios especificados en el apartado de la metodología, que incluyen los datos descriptivos, las características de funcionamiento de la instalación de calefacción y los datos correspondientes a las Temporadas 0 y siguientes.

Las “fichas” de las fincas que utilizan gasóleo C se han sombreado, para diferenciarlas del resto.

|                                   |                 |                           |        |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 01              |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |
| Año de construcción               | 1965            | Número de viviendas       | 29     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 644             | Superficie catastral (m²) | 2594   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
| TEMPORADA 0                       |                 |                           |        |
| 2014-2015                         |                 |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 212701 |
| TEMPORADA 1                       |                 |                           |        |
| 2015-2016                         |                 |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888    |
| Temperatura media (°C)            | 11,0            | Consumo (kWh)             | 177482 |

|                                   |               |                           |        |
|-----------------------------------|---------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 02            |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |               |                           |        |
| Año de construcción               | 1964          | Número de viviendas       | 35     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 687           | Superficie catastral (m²) | 3007   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |               |                           |        |
| Combustible                       | Gasóleo       | Días de calefacción       | 196    |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov -15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
| TEMPORADA 0                       |               |                           |        |
| 2014-2015                         |               |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8          | Grados-día                | 950    |
| Temperatura media (°C)            | 10,9          | Consumo (kWh)             | 253916 |
| TEMPORADA 1                       |               |                           |        |
| 2015-2016                         |               |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6           | Grados-día                | 874    |
| Temperatura media (°C)            | 10,7          | Consumo (kWh)             | 195320 |

|                                   |                 |                           |        |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 03              |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |
| Año de construcción               | 1970            | Número de viviendas       | 13     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 664             | Superficie catastral (m²) | 832    |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 198    |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 30 Abr | Horas de funcionamiento   | 11     |
| TEMPORADA 0                       |                 | 2014-2015                 |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)            | 10,8            | Consumo (kWh)             | 132564 |
| TEMPORADA 1                       |                 | 2015-2016                 |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 863    |
| Temperatura media (°C)            | 10,8            | Consumo (kWh)             | 90949  |

|                                   |                |                           |       |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|-------|
| ID                                | 04             |                           |       |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |       |
| Año de construcción               | 1929           | Número de viviendas       | 17    |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 709            | Superficie catastral (m²) | 1405  |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |       |
| Combustible                       | Gas Natural    | Días de calefacción       | 212   |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 31 May | Horas de funcionamiento   | 11    |
| TEMPORADA 0                       |                |                           |       |
|                                   | 2014-2015      |                           |       |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7           | Grados-día                | 951   |
| Temperatura media (°C)            | 11,5           | Consumo (kWh)             | 90341 |
| TEMPORADA 1                       |                |                           |       |
|                                   | 2015-2016      |                           |       |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6            | Grados-día                | 874   |
| Temperatura media (°C)            | 11,3           | Consumo (kWh)             | 90806 |

|                                   |                |                           |        |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 05             |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |        |
| Año de construcción               | 1951           | Número de viviendas       | 8      |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 709            | Superficie catastral (m²) | 2667   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |        |
| Combustible                       | Gasóleo        | Días de calefacción       | 227    |
| Periodo de calefacción            | 1 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
| TEMPORADA 0                       |                |                           |        |
|                                   | 2014-2015      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7           | Grados-día                | 956    |
| Temperatura media (°C)            | 11,9           | Consumo (kWh)             | 123360 |
| TEMPORADA 1                       |                |                           |        |
|                                   | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,7            | Grados-día                | 892    |
| Temperatura media (°C)            | 11,4           | Consumo (kWh)             | 92520  |

|                                                    |                               |                           |                         |    |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|----|
| ID                                                 | 06                            |                           |                         |    |
| DATOS DESCRIPTIVOS                                 |                               |                           |                         |    |
| Año de construcción                                | 1973                          | Número de viviendas       | 6                       |    |
| Altura sobre el nivel del mar (m)                  | 706                           | Superficie catastral (m²) | 1886                    |    |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO                  |                               |                           |                         |    |
| Combustible                                        | Gas Natural                   | Días de calefacción       | 212                     |    |
| Periodo de calefacción                             | 1 Nov – 31 May <sup>(*)</sup> |                           | Horas de funcionamiento | 24 |
| TEMPORADA 0                                        |                               |                           |                         |    |
| 2014-2015                                          |                               |                           |                         |    |
| Temperatura mínima (°C)                            | -0,6                          | Grados-día                | 956                     |    |
| Temperatura media (°C)                             | 12,4                          | Consumo (kWh)             | 141.682                 |    |
| TEMPORADA 1                                        |                               |                           |                         |    |
| 2015-2016                                          |                               |                           |                         |    |
| Temperatura mínima (°C)                            | 1,6                           | Grados-día                | 874                     |    |
| Temperatura media (°C)                             | 11,3                          | Consumo (kWh)             | 138.950                 |    |
| <sup>(*)</sup> En la temporada 0 de Octubre a Mayo |                               |                           |                         |    |



|                                   |                |                           |         |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|
| ID                                | 07             |                           |         |
|                                   |                |                           |         |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |         |
| Año de construcción               | 1985           | Número de viviendas       | 128     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 695            | Superficie catastral (m²) | 13152   |
|                                   |                |                           |         |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |         |
| Combustible                       | Gas Natural    | Días de calefacción       | 243     |
| Periodo de calefacción            | 1 Oct – 31 May | Horas de funcionamiento   | 13      |
|                                   |                |                           |         |
| TEMPORADA 0                       | 2014-2015      |                           |         |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,6           | Grados-día                | 956     |
| Temperatura media (°C)            | 12,4           | Consumo (kWh)             | 1181070 |
|                                   |                |                           |         |
| TEMPORADA 1                       | 2015-2016      |                           |         |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,7            | Grados-día                | 892     |
| Temperatura media (°C)            | 11,9           | Consumo (kWh)             | 829320  |

|                                   |                |                           |        |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 08             |                           |        |
|                                   |                |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |        |
| Año de construcción               | 1950           | Número de viviendas       | 7      |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 675            | Superficie catastral (m²) | 944    |
|                                   |                |                           |        |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |        |
| Combustible                       | Gasóleo        | Días de calefacción       | 196    |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 15 May | Horas de funcionamiento   | 13     |
|                                   |                |                           |        |
| TEMPORADA 0                       | 2014-2015      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8           | Grados-día                | 950    |
| Temperatura media (°C)            | 10,9           | Consumo (kWh)             | 243729 |
|                                   |                |                           |        |
| TEMPORADA 1                       | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6            | Grados-día                | 874    |
| Temperatura media (°C)            | 10,7           | Consumo (kWh)             | 213125 |
|                                   |                |                           |        |

|                                   |                 |                           |         |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|---------|
| ID                                | 09              |                           |         |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |         |
| Año de construcción               | 1962            | Número de viviendas       | 34      |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 706             | Superficie catastral (m²) | 4799    |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |         |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213     |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11      |
| TEMPORADA 0                       |                 | 2014-2015                 |         |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952     |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 510.356 |
| TEMPORADA 1                       |                 | 2015-2016                 |         |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888     |
| Temperatura media (°C)            | 11,0            | Consumo (kWh)             | 454.337 |

|                                   |                 |                           |        |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 10              |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |
| Año de construcción               | 1968            | Número de viviendas       | 16     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 727             | Superficie catastral (m²) | 769    |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
| TEMPORADA 0                       | 2014-2015       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 134438 |
| TEMPORADA 1                       | 2015-2016       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888    |
| Temperatura media (°C)            | 11,0            | Consumo (kWh)             | 96927  |

|                                          |                 |                           |        |
|------------------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                       | 11              |                           |        |
| <b>DATOS DESCRIPTIVOS</b>                |                 |                           |        |
| Año de construcción                      | 1966            | Número de viviendas       | 10     |
| Altura sobre el nivel del mar (m)        | 712             | Superficie catastral (m²) | 739    |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO</b> |                 |                           |        |
| Combustible                              | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |
| Periodo de calefacción                   | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
| <b>TEMPORADA 0</b>                       |                 |                           |        |
| 2014-2015                                |                 |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)                  | -0,7            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)                   | 11,5            | Consumo (kWh)             | 112224 |
| <b>TEMPORADA 1</b>                       |                 |                           |        |
| 2015-2016                                |                 |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)                  | 1,6             | Grados-día                | 888    |
| Temperatura media (°C)                   | 11,0            | Consumo (kWh)             | 58649  |

|                                          |                 |                           |        |
|------------------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                       | 12              |                           |        |
| <b>DATOS DESCRIPTIVOS</b>                |                 |                           |        |
| Año de construcción                      | 1965            | Número de viviendas       | 18     |
| Altura sobre el nivel del mar (m)        | 704             | Superficie catastral (m²) | 1451   |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO</b> |                 |                           |        |
| Combustible                              | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |
| Periodo de calefacción                   | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
| <b>TEMPORADA 0</b>                       |                 |                           |        |
| 2014-2015                                |                 |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)                  | -0,7            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)                   | 11,5            | Consumo (kWh)             | 182957 |
| <b>TEMPORADA 1</b>                       |                 |                           |        |
| 2015-2016                                |                 |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)                  | 1,6             | Grados-día                | 888    |
| Temperatura media (°C)                   | 11,0            | Consumo (kWh)             | 122237 |

|                                   |                 |                           |        |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 13              |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |
| Año de construcción               | 1973            | Número de viviendas       | 88     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 701             | Superficie catastral (m²) | 7560   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
| TEMPORADA 0                       |                 |                           |        |
|                                   | 2014-2015       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 593408 |
| TEMPORADA 1                       |                 |                           |        |
|                                   | 2015-2016       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888    |
| Temperatura media (°C)            | 11,0            | Consumo (kWh)             | 517631 |

|                                   |                 |                           |        |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 14              |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |
| Año de construcción               | 1948            | Número de viviendas       | 11     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 682             | Superficie catastral (m²) | 998    |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 198    |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 30 Abr | Horas de funcionamiento   | 11     |
| TEMPORADA 0                       | 2014-2015       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)            | 10,8            | Consumo (kWh)             | 119033 |
| TEMPORADA 1                       | 2015-2016       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888    |
| Temperatura media (°C)            | 10,8            | Consumo (kWh)             | 84344  |

|                                   |                 |                           |        |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 15              |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |
| Año de construcción               | 1974            | Número de viviendas       | 30     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 637             | Superficie catastral (m²) | 5855   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
| TEMPORADA 0                       |                 |                           |        |
|                                   | 2014-2015       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 448553 |
| TEMPORADA 1                       |                 |                           |        |
|                                   | 2015-2016       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888    |
| Temperatura media (°C)            | 11,0            | Consumo (kWh)             | 487948 |

|                                   |                |                           |         |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|---------|
| ID                                | 16             |                           |         |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |         |
| Año de construcción               | 1974           | Número de viviendas       | 53      |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 629            | Superficie catastral (m²) | 5937    |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |         |
| Combustible                       | Gas Natural    | Días de calefacción       | 196     |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11      |
| TEMPORADA 0                       |                |                           |         |
|                                   | 2013-2014      |                           |         |
| Temperatura mínima (°C)           | 0              | Grados-día                | 992     |
| Temperatura media (°C)            | 10,7           | Consumo (kWh)             | 538.241 |
| TEMPORADA 1                       |                |                           |         |
|                                   | 2014-2015      |                           |         |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8           | Grados-día                | 950     |
| Temperatura media (°C)            | 10,9           | Consumo (kWh)             | 559632  |
| TEMPORADA 2                       |                |                           |         |
|                                   | 2015-2016      |                           |         |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6            | Grados-día                | 874     |
| Temperatura media (°C)            | 10,7           | Consumo (kWh)             | 500516  |

|                                   |                |                           |        |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 17             |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |        |
| Año de construcción               | 1962           | Número de viviendas       | 11     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 648            | Superficie catastral (m²) | 1493   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural    | Días de calefacción       | 212    |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 31 May | Horas de funcionamiento   | 7      |
| TEMPORADA 0                       | 2013-2014      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 0,1            | Grados-día                | 1001   |
| Temperatura media (°C)            | 11,1           | Consumo (kWh)             | 200359 |
| TEMPORADA 1                       | 2014-2015      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7           | Grados-día                | 951    |
| Temperatura media (°C)            | 11,5           | Consumo (kWh)             | 149257 |
| TEMPORADA 2                       | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6            | Grados-día                | 874    |
| Temperatura media (°C)            | 11,3           | Consumo (kWh)             | 130336 |

|                                   |                |                           |        |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 18             |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |        |
| Año de construcción               | 1960           | Número de viviendas       | 16     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 685            | Superficie catastral (m²) | 994    |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural    | Días de calefacción       | 166    |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 15 Abr | Horas de funcionamiento   | 9,5    |
| TEMPORADA 0                       | 2011-2012      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -2,2           | Grados-día                | 987    |
| Temperatura media (°C)            | 9,1            | Consumo (kWh)             | 230552 |
| TEMPORADA 1                       | 2012-2013      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,2           | Grados-día                | 976    |
| Temperatura media (°C)            | 9,4            | Consumo (kWh)             | 222568 |
| TEMPORADA 2                       | 2013-2014      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,2           | Grados-día                | 976    |
| Temperatura media (°C)            | 9,4            | Consumo (kWh)             | 211532 |
| TEMPORADA 3                       | 2014-2015      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8           | Grados-día                | 941    |
| Temperatura media (°C)            | 9,5            | Consumo (kWh)             | 171880 |
| TEMPORADA 4                       | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,4            | Grados-día                | 829    |
| Temperatura media (°C)            | 10,1           | Consumo (kWh)             | 152443 |

|                                   |                 |                           |        |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 19              |                           |        |
|                                   |                 |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |
| Año de construcción               | 1952            | Número de viviendas       | 26     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 707             | Superficie catastral (m²) | 2537   |
|                                   |                 |                           |        |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
|                                   |                 |                           |        |
| TEMPORADA 0                       | 2012-2013       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -1,1            | Grados-día                | 1258   |
| Temperatura media (°C)            | 9,3             | Consumo (kWh)             | 192555 |
|                                   |                 |                           |        |
| TEMPORADA 1                       | 2013-2014       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 0,1             | Grados-día                | 1005   |
| Temperatura media (°C)            | 11,1            | Consumo (kWh)             | 183285 |
|                                   |                 |                           |        |
| TEMPORADA 2                       | 2014-2015       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 137322 |
|                                   |                 |                           |        |
| TEMPORADA 3                       | 2015-2016       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888    |
| Temperatura media (°C)            | 11,0            | Consumo (kWh)             | 120831 |



|                                          |                 |                                  |         |
|------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|---------|
| <b>ID</b>                                | 20              |                                  |         |
| <b>DATOS DESCRIPTIVOS</b>                |                 |                                  |         |
| <b>Año de construcción</b>               | 1982            | <b>Número de viviendas</b>       | 128     |
| <b>Altura sobre el nivel del mar (m)</b> | 725             | <b>Superficie catastral (m²)</b> | 14904   |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO</b> |                 |                                  |         |
| <b>Combustible</b>                       | Gas Natural     | <b>Días de calefacción</b>       | 213     |
| <b>Periodo de calefacción</b>            | 15 Oct – 15 May | <b>Horas de funcionamiento</b>   | 8,5     |
| <b>TEMPORADA 0</b>                       | 2012-2013       |                                  |         |
| <b>Temperatura mínima (°C)</b>           | -1,1            | <b>Grados-día</b>                | 1258    |
| <b>Temperatura media (°C)</b>            | 9,3             | <b>Consumo (kWh)</b>             | 1538501 |
| <b>TEMPORADA 1</b>                       | 2013-2014       |                                  |         |
| <b>Temperatura mínima (°C)</b>           | 0,1             | <b>Grados-día</b>                | 1005    |
| <b>Temperatura media (°C)</b>            | 11,1            | <b>Consumo (kWh)</b>             | 1210225 |
| <b>TEMPORADA 2</b>                       | 2014-2015       |                                  |         |
| <b>Temperatura mínima (°C)</b>           | -0,7            | <b>Grados-día</b>                | 952     |
| <b>Temperatura media (°C)</b>            | 11,5            | <b>Consumo (kWh)</b>             | 1096692 |
| <b>TEMPORADA 3</b>                       | 2015-2016       |                                  |         |
| <b>Temperatura mínima (°C)</b>           | 1,6             | <b>Grados-día</b>                | 888     |
| <b>Temperatura media (°C)</b>            | 11,0            | <b>Consumo (kWh)</b>             | 1075823 |

|                                   |                |                           |        |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 21             |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |        |
| Año de construcción               | 1970           | Número de viviendas       | 80     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 732            | Superficie catastral (m²) | 3794   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural    | Días de calefacción       | 196    |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 15 May | Horas de funcionamiento   | 10     |
| TEMPORADA 0                       | 2012-2013      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -1,3           | Grados-día                | 1210   |
| Temperatura media (°C)            | 9,1            | Consumo (kWh)             | 208562 |
| TEMPORADA 1                       | 2013-2014      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 0,0            | Grados-día                | 992    |
| Temperatura media (°C)            | 10,7           | Consumo (kWh)             | 198752 |
| TEMPORADA 2                       | 2014-2015      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8           | Grados-día                | 950    |
| Temperatura media (°C)            | 10,9           | Consumo (kWh)             | 138798 |
| TEMPORADA 3                       | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6            | Grados-día                | 874    |
| Temperatura media (°C)            | 10,7           | Consumo (kWh)             | 138623 |

|                                   |                   |  |                           |         |  |
|-----------------------------------|-------------------|--|---------------------------|---------|--|
| ID                                | 22 <sup>(*)</sup> |  |                           |         |  |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                   |  |                           |         |  |
| Año de construcción               | 1970-1978         |  | Número de viviendas       | 65      |  |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 701               |  | Superficie catastral (m²) | 11704   |  |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                   |  |                           |         |  |
| Combustible                       | Gasóleo           |  | Días de calefacción       | 198     |  |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 30 Abr   |  | Horas de funcionamiento   | 11      |  |
| TEMPORADA 0                       |                   |  |                           |         |  |
|                                   | 2013-2014         |  |                           |         |  |
| Temperatura mínima (°C)           | 0,0               |  | Grados-día                | 1005    |  |
| Temperatura media (°C)            | 10,4              |  | Consumo (kWh)             | 1760070 |  |
| TEMPORADA 1                       |                   |  |                           |         |  |
|                                   | 2014-2015         |  |                           |         |  |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8              |  | Grados-día                | 950     |  |
| Temperatura media (°C)            | 10,9              |  | Consumo (kWh)             | 1443261 |  |
| TEMPORADA 2                       |                   |  |                           |         |  |
|                                   | 2015-2016         |  |                           |         |  |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6               |  | Grados-día                | 863     |  |
| Temperatura media (°C)            | 10,8              |  | Consumo (kWh)             | 1294992 |  |
| (*) Incluye 5 fincas.             |                   |  |                           |         |  |

|                                   |                   |                           |         |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|---------|
| ID                                | 27 <sup>(*)</sup> |                           |         |
|                                   |                   |                           |         |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                   |                           |         |
| Año de construcción               | 1973              | Número de viviendas       | 201     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 748               | Superficie catastral (m²) | 29726   |
|                                   |                   |                           |         |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                   |                           |         |
| Combustible                       | Gas Natural       | Días de calefacción       | 172     |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 21 Abr    | Horas de funcionamiento   | 7       |
|                                   |                   |                           |         |
| TEMPORADA 0                       | 2013-2014         |                           |         |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,1              | Grados-día                | 980     |
| Temperatura media (°C)            | 9,7               | Consumo (kWh)             | 3574254 |
|                                   |                   |                           |         |
| TEMPORADA 1                       | 2014-2015         |                           |         |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8              | Grados-día                | 944     |
| Temperatura media (°C)            | 9,7               | Consumo (kWh)             | 2764895 |
|                                   |                   |                           |         |
| TEMPORADA 2                       | 2015-2016         |                           |         |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,5               | Grados-día                | 842     |
| Temperatura media (°C)            | 10,2              | Consumo (kWh)             | 1968324 |
| (*) Incluye 3 fincas.             |                   |                           |         |

|                                          |                |                                  |        |
|------------------------------------------|----------------|----------------------------------|--------|
| <b>ID</b>                                | 30             |                                  |        |
| <b>DATOS DESCRIPTIVOS</b>                |                |                                  |        |
| <b>Año de construcción</b>               | 1962           | <b>Número de viviendas</b>       | 16     |
| <b>Altura sobre el nivel del mar (m)</b> | 709            | <b>Superficie catastral (m²)</b> | 1729   |
| <b>CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO</b> |                |                                  |        |
| <b>Combustible</b>                       | Gas Natural    | <b>Días de calefacción</b>       | 166    |
| <b>Periodo de calefacción</b>            | 1 Nov – 15 Abr | <b>Horas de funcionamiento</b>   | 11     |
| <b>TEMPORADA 0</b>                       | 2013-2014      |                                  |        |
| <b>Temperatura mínima (°C)</b>           | -0,8           | <b>Grados-día</b>                | 941    |
| <b>Temperatura media (°C)</b>            | 9,5            | <b>Consumo (kWh)</b>             | 188751 |
| <b>TEMPORADA 1</b>                       | 2014-2015      |                                  |        |
| <b>Temperatura mínima (°C)</b>           | -0,8           | <b>Grados-día</b>                | 941    |
| <b>Temperatura media (°C)</b>            | 9,5            | <b>Consumo (kWh)</b>             | 143569 |
| <b>TEMPORADA 2</b>                       | 2015-2016      |                                  |        |
| <b>Temperatura mínima (°C)</b>           | 1,4            | <b>Grados-día</b>                | 829    |
| <b>Temperatura media (°C)</b>            | 10,1           | <b>Consumo (kWh)</b>             | 135039 |

|                                   |    |                |                           |  |         |
|-----------------------------------|----|----------------|---------------------------|--|---------|
| ID                                | 31 |                |                           |  |         |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |    |                |                           |  |         |
| Año de construcción               |    | 1964           | Número de viviendas       |  | 34      |
| Altura sobre el nivel del mar (m) |    | 677            | Superficie catastral (m²) |  | 4625    |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |    |                |                           |  |         |
| Combustible                       |    | Gas Natural    | Días de calefacción       |  | 181     |
| Periodo de calefacción            |    | 1 Nov – 30 Abr | Horas de funcionamiento   |  | 10      |
| TEMPORADA 0                       |    | 2013-2014      |                           |  |         |
| Temperatura mínima (°C)           |    | -0,1           | Grados-día                |  | 980     |
| Temperatura media (°C)            |    | 9,7            | Consumo (kWh)             |  | 3574254 |
| TEMPORADA 1                       |    | 2012-2013      |                           |  |         |
| Temperatura mínima (°C)           |    | -1,6           | Grados-día                |  | 1190    |
| Temperatura media (°C)            |    | 8,5            | Consumo (kWh)             |  | 277569  |
| TEMPORADA 2                       |    | 2013-2014      |                           |  |         |
| Temperatura mínima (°C)           |    | -0,1           | Grados-día                |  | 992     |
| Temperatura media (°C)            |    | 9,9            | Consumo (kWh)             |  | 222235  |
| TEMPORADA 3                       |    | 2014-2015      |                           |  |         |
| Temperatura mínima (°C)           |    | -0,8           | Grados-día                |  | 950     |
| Temperatura media (°C)            |    | 10,0           | Consumo (kWh)             |  | 212984  |
| TEMPORADA 4                       |    | 2015-2016      |                           |  |         |
| Temperatura mínima (°C)           |    | 1,5            | Grados-día                |  | 849     |
| Temperatura media (°C)            |    | 10,4           | Consumo (kWh)             |  | 195888  |

|                                   |                 |                           |        |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 32              |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |
| Año de construcción               | 1975            | Número de viviendas       | 12     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 703             | Superficie catastral (m²) | 944    |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |
| Combustible                       | Gasóleo         | Días de calefacción       | 213    |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
| TEMPORADA 0                       |                 |                           |        |
|                                   | 2013-2014       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)            | 11,1            | Consumo (kWh)             | 115685 |
| TEMPORADA 1                       |                 |                           |        |
|                                   | 2014-2015       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 68876  |

|                                   |                |                           |        |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 33             |                           |        |
|                                   |                |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |        |
| Año de construcción               | 1970           | Número de viviendas       | 15     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 649            | Superficie catastral (m²) | 1429   |
|                                   |                |                           |        |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural    | Días de calefacción       | 181    |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 30 Abr | Horas de funcionamiento   | 14     |
|                                   |                |                           |        |
| TEMPORADA 0                       | 2014-2015      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8           | Grados-día                | 950    |
| Temperatura media (°C)            | 10,0           | Consumo (kWh)             | 231313 |
|                                   |                |                           |        |
| TEMPORADA 1                       | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,5            | Grados-día                | 849    |
| Temperatura media (°C)            | 10,4           | Consumo (kWh)             | 206139 |

|                                   |                |                           |        |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 34             |                           |        |
|                                   |                |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |        |
| Año de construcción               | 1966           | Número de viviendas       | 16     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 664            | Superficie catastral (m²) | 2680   |
|                                   |                |                           |        |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural    | Días de calefacción       | 181    |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 30 Abr | Horas de funcionamiento   | 13     |
|                                   |                |                           |        |
| TEMPORADA 0                       | 2014-2015      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8           | Grados-día                | 950    |
| Temperatura media (°C)            | 10,0           | Consumo (kWh)             | 398519 |
|                                   |                |                           |        |
| TEMPORADA 1                       | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,5            | Grados-día                | 849    |
| Temperatura media (°C)            | 10,4           | Consumo (kWh)             | 310668 |
|                                   |                |                           |        |

|                                   |                |                           |        |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 35             |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |        |
| Año de construcción               | 1965           | Número de viviendas       | 14     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 676            | Superficie catastral (m²) | 2708   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural    | Días de calefacción       | 181    |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 30 Abr | Horas de funcionamiento   | 10     |
| TEMPORADA 0                       | 2014-2015      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8           | Grados-día                | 950    |
| Temperatura media (°C)            | 10,0           | Consumo (kWh)             | 208578 |
| TEMPORADA 1                       | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,5            | Grados-día                | 849    |
| Temperatura media (°C)            | 10,4           | Consumo (kWh)             | 189957 |



|                                                                                       |                |                           |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                                                                    | 36             |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                                                                    |                |                           |        |
| Año de construcción                                                                   | 1976           | Número de viviendas       | 24     |
| Altura sobre el nivel del mar (m)                                                     | 684            | Superficie catastral (m²) | 3395   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO                                                     |                |                           |        |
| Combustible                                                                           | Gas Natural    | Días de calefacción       | 181    |
| Periodo de calefacción                                                                | 1 Nov – 30 Abr | Horas de funcionamiento   | 10     |
| TEMPORADA 0                                                                           | 2013-2014      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)                                                               | -0,1           | Grados-día                | 992    |
| Temperatura media (°C)                                                                | 9,9            | Consumo (kWh)             | 363702 |
| TEMPORADA 1                                                                           | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)                                                               | 1,5            | Grados-día                | 849    |
| Temperatura media (°C)                                                                | 10,4           | Consumo (kWh)             | 345364 |
| No se dispone de los datos del primer año tras la instalación de los RCCs y válvulas. |                |                           |        |

|                                                                                       |                |                           |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                                                                    | 37(*)          |                           |        |
|                                                                                       |                |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                                                                    |                |                           |        |
| Año de construcción                                                                   | 1960           | Número de viviendas       | 48     |
| Altura sobre el nivel del mar (m)                                                     | 744            | Superficie catastral (m²) | 5306   |
|                                                                                       |                |                           |        |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO                                                     |                |                           |        |
| Combustible                                                                           | Gas Natural    | Días de calefacción       | 181    |
| Periodo de calefacción                                                                | 1 Nov – 30 Abr | Horas de funcionamiento   | 14     |
|                                                                                       |                |                           |        |
| TEMPORADA 0                                                                           | 2013-2014      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)                                                               | -0,1           | Grados-día                | 992    |
| Temperatura media (°C)                                                                | 9,9            | Consumo (kWh)             | 414463 |
|                                                                                       |                |                           |        |
| TEMPORADA 1                                                                           | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)                                                               | 1,5            | Grados-día                | 849    |
| Temperatura media (°C)                                                                | 10,4           | Consumo (kWh)             | 376251 |
| (*) Incluye 2 fincas.                                                                 |                |                           |        |
| No se dispone de los datos del primer año tras la instalación de los RCCs y válvulas. |                |                           |        |

|                                   |                |                           |        |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 39             |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                |                           |        |
| Año de construcción               | 1981           | Número de viviendas       | 53     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 697            | Superficie catastral (m²) | 4210   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural    | Días de calefacción       | 181    |
| Periodo de calefacción            | 1 Nov – 30 Abr | Horas de funcionamiento   | 10     |
| TEMPORADA 0                       |                |                           |        |
|                                   | 2014-2015      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,8           | Grados-día                | 950    |
| Temperatura media (°C)            | 10,0           | Consumo (kWh)             | 461327 |
| TEMPORADA 1                       |                |                           |        |
|                                   | 2015-2016      |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,5            | Grados-día                | 849    |
| Temperatura media (°C)            | 10,4           | Consumo (kWh)             | 376251 |

|                                   |                 |                           |        |  |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|--|
| ID                                | 40              |                           |        |  |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |  |
| Año de construcción               | 1957            | Número de viviendas       | 15     |  |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 674             | Superficie catastral (m²) | 1483   |  |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |  |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |  |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |  |
| TEMPORADA 0                       |                 | 2013-2014                 |        |  |
| Temperatura mínima (°C)           | 0,1             | Grados-día                | 1005   |  |
| Temperatura media (°C)            | 11,1            | Consumo (kWh)             | 164420 |  |
| TEMPORADA 1                       |                 | 2014-2015                 |        |  |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952    |  |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 153914 |  |
| TEMPORADA 2                       |                 | 2015-2016                 |        |  |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888    |  |
| Temperatura media (°C)            | 11,0            | Consumo (kWh)             | 126850 |  |

|                                   |                 |                           |       |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|-------|
| ID                                | 41              |                           |       |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |       |
| Año de construcción               | 1966            | Número de viviendas       | 16    |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 610             | Superficie catastral (m²) | 955   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |       |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213   |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11    |
| TEMPORADA 0                       | 2013-2014       |                           |       |
| Temperatura mínima (°C)           | 0,1             | Grados-día                | 1005  |
| Temperatura media (°C)            | 11,1            | Consumo (kWh)             | 78821 |
| TEMPORADA 1                       | 2014-2015       |                           |       |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952   |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 78821 |
| TEMPORADA 2                       | 2015-2016       |                           |       |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888   |
| Temperatura media (°C)            | 11,0            | Consumo (kWh)             | 70937 |

|                                   |                 |                           |        |  |  |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|--|--|
| ID                                | 42              |                           |        |  |  |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |  |  |
| Año de construcción               | 1929            | Número de viviendas       | 14     |  |  |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 701             | Superficie catastral (m²) | 1830   |  |  |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |  |  |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |  |  |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |  |  |
| TEMPORADA 0                       | 2013-2014       |                           |        |  |  |
| Temperatura mínima (°C)           | 0,1             | Grados-día                | 1005   |  |  |
| Temperatura media (°C)            | 11,1            | Consumo (kWh)             | 205742 |  |  |
| TEMPORADA 1                       | 2014-2015       |                           |        |  |  |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952    |  |  |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 211889 |  |  |
| TEMPORADA 2                       | 2015-2016       |                           |        |  |  |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888    |  |  |
| Temperatura media (°C)            | 11,0            | Consumo (kWh)             | 131421 |  |  |

|                                   |                 |                           |        |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 43              |                           |        |
|                                   |                 |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |
| Año de construcción               | 1940            | Número de viviendas       | 30     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 638             | Superficie catastral (m²) | 2350   |
|                                   |                 |                           |        |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 11     |
|                                   |                 |                           |        |
| TEMPORADA 0                       | 2013-2014       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -1,1            | Grados-día                | 1258   |
| Temperatura media (°C)            | 9,3             | Consumo (kWh)             | 226824 |
|                                   |                 |                           |        |
| TEMPORADA 1                       | 2015-2016       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | -0,7            | Grados-día                | 952    |
| Temperatura media (°C)            | 11,5            | Consumo (kWh)             | 156028 |
|                                   |                 |                           |        |

|                                   |                 |                           |        |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| ID                                | 44              |                           |        |
| DATOS DESCRIPTIVOS                |                 |                           |        |
| Año de construcción               | 1965            | Número de viviendas       | 32     |
| Altura sobre el nivel del mar (m) | 714             | Superficie catastral (m²) | 6624   |
| CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO |                 |                           |        |
| Combustible                       | Gas Natural     | Días de calefacción       | 213    |
| Periodo de calefacción            | 15 Oct – 15 May | Horas de funcionamiento   | 8      |
| TEMPORADA 0                       |                 |                           |        |
|                                   | 2012-2013       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 0,0             | Grados-día                | 1005   |
| Temperatura media (°C)            | 10,4            | Consumo (kWh)             | 822400 |
| TEMPORADA 1                       |                 |                           |        |
|                                   | 2015-2016       |                           |        |
| Temperatura mínima (°C)           | 1,6             | Grados-día                | 888    |
| Temperatura media (°C)            | 11,0            | Consumo (kWh)             | 482235 |



## 5. Resultados de ahorros energéticos y de reducción de emisiones contaminantes

A continuación, en la Tabla 5.1, se muestran los resultados de la evolución de los ahorros obtenidos para los diferentes casos. Cuando en alguno de ellos se dispone de más de una temporada a analizar, los resultados obtenidos para cada una de las temporadas se incluyen en filas consecutivas.

La lectura de la cabecera es la siguiente:

- ID: Identificador de la finca.
- A-2x (kWh): Ahorro energético en kWh para la temperatura de confort x.
- A-2x (%): Porcentaje de ahorro de energía para la temperatura de confort x.
- A-medio (kWh): Ahorro medio de energía.
- A-medio (5): Porcentaje medio de ahorro de energía.

El sombreado que se ha utilizado tiene la única función de separar los datos de los diferentes edificios.

| ID | A-21<br>(kWh) | A-21<br>(%) | A-22<br>(kWh) | A-22<br>(%) | A-23<br>(kWh) | A-23<br>(%) | A-medio<br>(kWh) | A-medio<br>(%) |
|----|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|------------------|----------------|
| 01 | 50689,7       | 22,2        | 29906,2       | 14,4        | 12592,8       | 6,6         | 31062,9          | 14,9           |
| 02 | 79885,1       | 29,0        | 55835,2       | 22,2        | 35650,9       | 15,4        | 57123,7          | 22,6           |
| 03 | 52890,0       | 36,8        | 40230,6       | 30,7        | 29619,3       | 24,6        | 40913,3          | 31,0           |
| 04 | 7252,8        | 7,4         | -1727,1       | -1,9        | -9200,3       | -11,3       | -1224,9          | -1,4           |
| 05 | 40895,1       | 30,7        | 28614,0       | 23,6        | 18403,4       | 16,6        | 29304,2          | 24,1           |
| 06 | 2615,9        | 1,8         | -10271,6      | -8,0        | -21008,5      | -17,8       | -9554,7          | -7,4           |
| 07 | 449090,8      | 35,1        | 325149,1      | 28,2        | 223115,7      | 21,2        | 332451,9         | 28,6           |
| 08 | 50911,3       | 19,3        | 27679,2       | 11,5        | 8204,8        | 3,7         | 28931,8          | 12,0           |
| 09 | 95171,4       | 17,3        | 46246,8       | 9,2         | 5321,9        | 1,2         | 48913,4          | 9,7            |
| 10 | 47876,8       | 33,1        | 35139,1       | 26,6        | 24461,2       | 20,2        | 35825,7          | 27,0           |
| 11 | 62198,0       | 51,5        | 51475,7       | 46,7        | 42501,1       | 42,0        | 52058,3          | 47,0           |
| 12 | 74748,0       | 37,9        | 57189,4       | 31,9        | 42504,9       | 25,8        | 58147,4          | 32,2           |
| 13 | 122478,7      | 19,1        | 64549,9       | 11,1        | 16235,9       | 3,0         | 67754,9          | 11,6           |
| 14 | 44831,2       | 34,7        | 33423,2       | 28,4        | 23866,8       | 22,1        | 34040,4          | 28,8           |
| 15 | 3535,9        | 0,7         | -40060,5      | -9,0        | -76525,2      | -18,7       | -37683,3         | -8,4           |
| 16 | 63914,0       | 10,3        | 7968,9        | 1,4         | -38763,9      | -7,4        | 11039,6          | 1,9            |
|    | 60361,8       | 10,8        | 10784,5       | 2,1         | -30740,1      | -6,5        | 13468,7          | 2,6            |
| 17 | 89448,9       | 37,5        | 66617,5       | 30,9        | 47772,4       | 24,2        | 67946,3          | 31,3           |
|    | 82708,5       | 38,8        | 62820,0       | 32,5        | 46327,9       | 26,2        | 63952,1          | 32,9           |

| ID   | A-21<br>(kWh) | A-21<br>(%) | A-22<br>(kWh) | A-22<br>(%) | A-23<br>(kWh) | A-23<br>(%) | A-medio<br>(kWh) | A-medio<br>(%) |
|------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|------------------|----------------|
| 18   | 49400,4       | 18,2        | 28046,2       | 11,2        | 9801,2        | 4,2         | 29082,6          | 11,6           |
|      | 60436,4       | 22,2        | 39082,2       | 15,6        | 20837,2       | 9,0         | 40118,6          | 15,9           |
|      | 93843,2       | 35,3        | 72743,8       | 29,7        | 54748,7       | 24,2        | 73778,6          | 30,0           |
|      | 94133,6       | 38,2        | 73677,1       | 32,6        | 56354,9       | 27,0        | 74721,9          | 32,9           |
| 19   | 29691,5       | 13,9        | 10622,4       | 5,5         | -5312,6       | -3,0        | 11667,1          | 6,0            |
|      | 73446,5       | 34,8        | 53880,5       | 28,2        | 37638,6       | 21,5        | 54988,5          | 28,6           |
|      | 67555,5       | 35,9        | 50792,5       | 29,6        | 36769,0       | 23,3        | 51705,7          | 30,0           |
| 20   | 493574,6      | 29,0        | 342862,8      | 22,1        | 216647,1      | 15,2        | 351028,2         | 22,5           |
|      | 590711,1      | 35,0        | 436024,7      | 28,4        | 307317,4      | 21,9        | 444684,4         | 28,8           |
|      | 436029,8      | 28,8        | 303115,1      | 22,0        | 191682,2      | 15,1        | 310275,7         | 22,4           |
| 21   | 33737,5       | 14,5        | 13927,3       | 6,5         | -2772,0       | -1,4        | 14964,3          | 7,0            |
|      | 88113,1       | 38,8        | 68519,3       | 33,1        | 52040,3       | 27,3        | 69557,6          | 33,4           |
|      | 68474,3       | 33,1        | 50846,4       | 26,8        | 35984,0       | 20,6        | 51768,2          | 27,2           |
| 22-5 | 618292,4      | 30,0        | 437230,8      | 23,3        | 285405,9      | 16,5        | 446976,4         | 23,6           |
|      | 572936,3      | 30,7        | 410028,1      | 24,0        | 273256,0      | 17,4        | 418740,1         | 24,4           |
| 27-3 | 1293788,4     | 31,9        | 977066,0      | 26,1        | 706196,8      | 20,3        | 992350,4         | 26,4           |
|      | 1846232,6     | 48,4        | 1537803,9     | 43,9        | 1275520,5     | 39,3        | 1553185,7        | 44,1           |
| 30   | 72156,4       | 33,4        | 55210,5       | 27,8        | 40733,0       | 22,1        | 56033,3          | 28,1           |
|      | 65975,5       | 32,8        | 49485,5       | 26,8        | 35495,9       | 20,8        | 50319,0          | 27,1           |
| 31   | 81611,2       | 26,9        | 56571,5       | 20,3        | 35344,5       | 13,7        | 57842,4          | 20,7           |
|      | 80547,5       | 27,4        | 56188,7       | 20,9        | 35562,9       | 14,3        | 57433,0          | 21,2           |
|      | 76101,4       | 28,0        | 52807,0       | 21,2        | 33188,0       | 14,5        | 54032,1          | 21,6           |
| 32   | 68158,4       | 49,7        | 55406,5       | 44,6        | 44825,9       | 39,4        | 56130,3          | 44,9           |
| 33   | 45905,5       | 18,2        | 24198,6       | 10,5        | 5934,1        | 2,8         | 25346,1          | 10,9           |
| 34   | 124856,7      | 28,7        | 87347,9       | 21,9        | 55787,6       | 15,2        | 89330,7          | 22,3           |
| 35   | 38276,9       | 16,8        | 18719,1       | 9,0         | 2248,6        | 1,2         | 19748,2          | 9,4            |
| 36   | 38912,3       | 10,1        | 6183,2        | 1,8         | -21408,3      | -6,6        | 7895,7           | 2,2            |
| 37-2 | 64637,8       | 14,7        | 28293,0       | 7,0         | -2515,9       | -0,7        | 30138,3          | 7,4            |
| 39   | 129283,0      | 25,6        | 86463,2       | 18,7        | 50330,8       | 11,8        | 88692,3          | 19,1           |
| 40   | 41167,0       | 21,1        | 22689,8       | 12,8        | 7409,8        | 4,6         | 23755,6          | 13,4           |
| 41   | 41284,8       | 34,4        | 29859,7       | 27,5        | 20419,4       | 20,6        | 30521,3          | 27,9           |
|      | 35042,0       | 33,1        | 25388,7       | 26,4        | 17347,2       | 19,6        | 25925,9          | 26,8           |
| 42   | 31850,1       | 13,1        | 9141,2        | 4,1         | -9696,7       | -4,8        | 10431,5          | 4,7            |
| 43   | 87744,1       | 36,0        | 64555,2       | 29,3        | 45394,8       | 22,5        | 65898,1          | 29,7           |
| 44   | 436384,6      | 47,5        | 355113,7      | 42,4        | 287054,2      | 37,3        | 359517,5         | 42,7           |

Tabla 5.1. Ahorros calculados.

### 5.1. Ahorro de energía: datos globales

Teniendo en cuenta los datos de la Tabla 5.1, se obtienen los resultados globales, por temporada, siguientes:



- Para el conjunto de fincas estudiado, el ahorro de energía final determinado varía entre los 4,6 y los 9,6 GWh, con un valor promediado de 7,0 GWh.  
Porcentualmente, se han determinado ahorros de energía final de entre el 17,8 y el 30,8%, siendo la media del 24,7%.
- Para las fincas que utilizan el gas natural como combustible, el ahorro medio de energía final total es de 6,4 GWh, encontrándose este valor en una horquilla entre 4,0 y 8,1 GWh, por temporada de calefacción.  
En términos porcentuales, el ahorro se encuentra entre el 18,0 y el 30,9%, con un valor medio del 26,1%.
- En el caso de las fincas que utilizan el gasóleo C como combustible, el ahorro medio total es de 1 GWh, valor comprendido entre el mínimo de 0,7 y un máximo de 1,4 GWh, por temporada de calefacción.  
Porcentualmente, el ahorro medio, comprendido entre el 16,8 y el 30,2%, se sitúa en el 23,9%.

Lógicamente, los valores mínimos de ahorro se obtienen para el caso de considerar la temperatura de confort a 23 °C, pudiendo estimarse que en el caso del gas natural cada grado de aumento en la temperatura de confort se convierte en una pérdida de ahorro de un 6,4%, siendo ligeramente superior este valor en el caso del gasóleo, alcanzándose el valor de 6,7%.

En el caso de determinar el ahorro energético por metro cuadrado de superficie para el caso del gas natural, los valores varían con la temperatura entre 23,5 y 48,0 kWh/m<sup>2</sup>, con un valor promedio de ahorro de 35,4 kWh/m<sup>2</sup>.

Para el caso de uso de gasóleo como combustible se obtiene un margen entre 25,3 y 54,4 kWh/m<sup>2</sup>, con un valor medio de 39,4 kWh/m<sup>2</sup>.

Para el global de las fincas, con independencia del combustible utilizado, se han conseguido ahorros de energía final de entre 23,7 y 48,8 kWh/m<sup>2</sup>, siendo el valor medio de 35,9 kWh/m<sup>2</sup>.

## **5.2. Ahorro de energía: datos por vivienda**

---

Teniendo en cuenta la superficie media de la vivienda a calefactar, que en la Comunidad de Madrid es de 94,59 m<sup>2</sup>, resultaría que el ahorro de energía final obtenido, por temporada y vivienda, oscilaría entre 2,2 y 4,5 MWh, con una media de ahorro de 3,3 MWh, para el caso del gas natural, siendo estos valores de 2,4, 5,1 y 3,7 MWh, respectivamente, en el caso del gasóleo C.

En global, con independencia del combustible utilizado en la instalación de calefacción, una vivienda tipo ahorraría entre 2,2 y 4,6 MWh por temporada, siendo la media de ahorro de 3,4 MWh de energía final.

Si se consideran los factores de conversión de energía final a energía primaria, el ahorro de esta última por vivienda media sería de entre 2,6 y 5,3 MWh, con una media de 4,3 MWh, para el caso del gas natural, y de entre 2,9 y 6,1 MWh, con una media de 4,4 MWh, para el caso de uso de gasóleo C.

Todos los valores de ahorro de energía final o primaria de una vivienda dados anteriormente, derivados de la instalación de repartidores de coste de calefacción y válvulas termostáticas, se corresponden con los alcanzados durante una temporada de calefacción que equivale por término medio a un uso de ésta durante 195 días.

### **5.3. Ahorro de energía para el parque de viviendas de la Comunidad de Madrid**

---

Si nos atenemos a los porcentajes de superficie calefactada con gasóleo (8%) o gas natural (15,8%), sobre el total de superficie de vivienda con calefacción en la Comunidad de Madrid, considerando que solo un 50% de las viviendas con calefacción centralizada o colectiva instalasen repartidores de costes y válvulas con cabezal termostático, el número de éstas sería de 20792 utilizando gasóleo C y 41065 viviendas utilizando gas natural.

Teniendo en cuenta el ahorro de energía final indicado en el apartado anterior, el ahorro total de energía final debido a las viviendas con calefacción a gas natural estaría comprendido entre 90,3 y 184,8 GWh, con una media de ahorro total de 147,8 GWh. En el caso de utilizar el gasóleo C como combustible este ahorro estaría comprendido entre 49,9 y 106 GWh, con una media de 76,7 GWh.

Por tanto, el funcionamiento simultáneo de las calefacciones a gas y a gasóleo, en el supuesto planteado, daría lugar a un ahorro de energía final, por temporada, de entre 140,2 y 290,8 GWh, con una media del mismo de 224,5 GWh.

Atendiendo a las mismas consideraciones, en el supuesto de viviendas que instalasen repartidores de coste y válvulas termostáticas, el ahorro de energía primaria en la Comunidad de Madrid sería de entre 106,7 y 218,4 GWh, con media de 174,7 GWh, para el caso de uso de gas natural, y de una media de 91,7 GWh y variaciones entre 59,6 y 126,7 GWh, en el caso de uso de gasóleo.

Con estos valores, supuesto el 50% del parque de viviendas de la Comunidad de Madrid que disponen de calefacción central o colectiva, junto con los porcentajes que corresponden a uno u otro combustible, el ahorro de energía primaria sería de 266,4 GWh, por término medio, con una variación en función de la temperatura de confort de entre 166,3 y 345,1 GWh, para las temperaturas de 23 y 21 °C, respectivamente.

Todos los valores de ahorro de energía final o primaria del 50% de las viviendas del parque de la Comunidad de Madrid dados anteriormente, derivados de la instalación de repartidores de coste de calefacción y válvulas termostáticas, se corresponden con los alcanzados durante una temporada de calefacción que equivale por término medio a un uso de ésta durante 195 días.

#### **5.4. Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>**

---

Dados los valores recogidos en la Tabla 2.2, relativos a la emisión de CO<sub>2</sub>, cada vivienda de superficie media existente en la Comunidad de Madrid, al utilizar repartidores de coste y válvulas termostáticas, en el caso de utilizar como combustible de calefacción el gas natural, ahorraría en emisiones entre 0,6 y 1,1 kgCO<sub>2</sub>e, con una media de reducción de emisiones de 0,9 kgCO<sub>2</sub>e. En el caso de la vivienda media con calefacción a gasóleo, el ahorro en emisiones sería de entre 0,7 y 1,6 kgCO<sub>2</sub>e, con una media de 1,2 kgCO<sub>2</sub>e.

Bajo el supuesto realizado, en el que en el 50% de las viviendas que utilizan uno u otro combustible en sus instalaciones de calefacción centralizada o colectiva, se instalasen los repartidores de coste y las válvulas termostáticas, las 41065 viviendas calefactadas con gas natural darían lugar a una reducción de emisiones variable, en función de la temperatura de confort, entre 22,77 y 46,57 tCO<sub>2</sub>e, con una media de 37,25 tCO<sub>2</sub>e. En el caso de las 20792 viviendas calefactadas con gasóleo C, la variación en la reducción de emisiones estaría comprendida entre 15,51 y 32,97 tCO<sub>2</sub>e, siendo el valor medio de este ahorro de 23,93 tCO<sub>2</sub>e. Teniendo en cuenta tanto las viviendas calefactadas con gas natural como con gasóleo C, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> tendría un margen de variación entre 38,38 tCO<sub>2</sub>e, para la temperatura de confort de 23°C, a 79,54 tCO<sub>2</sub>e, para la temperatura de confort de 21°C, con un ahorro medio de emisiones de 61,18 tCO<sub>2</sub>e.



---

## 6. Comparativa de ahorro de energía y emisiones contaminantes

---

A continuación, se establecen dos comparativas diferentes, a partir de los resultados obtenidos de ahorro tras la instalación de repartidores de coste y válvulas termostáticas. Por una parte, se compara el ahorro de energía final en calefacción con su equivalente en energía eléctrica final de un hogar medio. Por otra, se establece la comparativa entre el ahorro en emisiones contaminantes derivados con su equivalente en emisiones de vehículos turismo.

### 6.1. Ahorro energético en calefacción vs. ahorro de energía eléctrica final en el hogar

---

Según Red Eléctrica de España<sup>22</sup>, teniendo en cuenta que la cantidad de energía que se consume en un hogar varía mucho en función del tamaño y tipo de la vivienda, su ubicación y el número de ocupantes, se puede estimar el consumo medio de un hogar español en 3272 kWh de energía eléctrica final al año, o bien un consumo medio diario de 9 kWh.

Tomando estos datos como referencia, la instalación de repartidores de coste y válvulas termostáticas en los sistemas de calefacción centralizada o colectiva que y el ahorro mínimo de energía final para una vivienda tipo (94,59 m<sup>2</sup>) dado en el apartado 4.2, éste equivaldría a la energía eléctrica final consumida por un hogar medio durante un periodo de 244 días, para el caso de calefacción a gas natural, o de 266 días, si la calefacción es a gasóleo. Es decir, el ahorro de energía final de cualquiera de los sistemas de calefacción centralizada o colectiva estudiados, al instalar los repartidores de coste y las válvulas termostáticas, es equivalente, como mínimo, al consumo de energía eléctrica final de un hogar medio durante unos 8 meses. Ha de tenerse en cuenta que el número de días medio de la temporada de calefacción, para los casos analizados, es de 195 días (poco más de 6 meses).

Atendiendo a las equivalencias de ahorro de energía eléctrica final dadas por Red Eléctrica de España, el mínimo ahorro de energía final derivado del uso de repartidores de coste y válvulas termostáticas, que corresponde a la instalación de calefacción centralizada o colectiva a gas natural para mantener una

---

<sup>22</sup> REE, s.f.

temperatura de confort 23 °C en un 50% del parque de viviendas, supuesta una vivienda tipo de 94,59 m<sup>2</sup>, es análogo al que produciría el apagado de los 'stand by' de todos los dispositivos de 505000 hogares durante un mes, o al que daría lugar el cambio de bombillas convencionales por otras de bajo consumo y su uso durante un mes en 511000 hogares.

## 6.2. Ahorro en emisiones contaminantes de las instalaciones de calefacción vs. Emisiones de vehículos turismo

Para abordar esta comparativa, se ha de tener en cuenta el número de vehículos existentes en la Comunidad de Madrid. Atendiendo únicamente a los turismos, su número en 2014 era de 3256265<sup>23</sup>, de los cuales 1343478 utilizan como carburante gasolina y 1910402 gas-oil<sup>24</sup>.

La Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia<sup>25</sup> establece los niveles medios de contaminantes emitidos por los turismos, en función del carburante utilizado, lo que se refleja en la Tabla 6.1.

| Contaminante           | Carburante |           |
|------------------------|------------|-----------|
|                        | Gasolina   | Gasoil A  |
| CO (g/l)               | 21,40981   | 1,402752  |
| CO <sub>2</sub> (kg/l) | 2,27821    | 2,49184   |
| NOx (g/l)              | 3,0396     | 10,211968 |

Tabla 6.1. Contaminación de vehículos turismo por tipo de carburante.

Ahora bien, considerando estos valores medios, es complicado establecer una equivalencia entre las emisiones ahorradas al instalar repartidores de coste y válvulas termostáticas en los sistemas de calefacción centralizada o colectiva, y las emisiones producidas por los vehículos turismo, dado que estas últimas dependen de numerosos factores:

- Año de fabricación del vehículo.
- Consumo del vehículo, que depende de la velocidad, las revoluciones, el entorno (urbano, carretera, ...), ..., y cuya variación, dada en litros por cada 100 km, es muy amplia en función del fabricante, modelo y carburante.

<sup>23</sup> Instituto de Estadística de la CAM, 2015.

<sup>24</sup> DGT, 2015.

<sup>25</sup> CNMC, 2013.

- La calidad del carburante (gasoil A o gasolina), que hace que la densidad del carburante tenga una horquilla de variación de entre 0,720 y 0,775 kg/l para la gasolina, y entre 0,820 y 0,845 kg/l para el gasoil. Hacer notar en este punto que para obtener los valores de la Tabla 6.1, a partir de las emisiones dadas por kg de carburante, se ha trabajado con valores de densidad de 0,745 y 0,832 kg/l para la gasolina y el gasoil, respectivamente).

Así, en la consecución de la equivalencia buscada, se han considerado, por una parte, los valores de conversión dados en la Tabla 2.2 para las instalaciones de calefacción, tanto para el gas natural como para el gasóleo C, y los resultados de ahorro energético derivados del uso de repartidores de coste y válvulas termostáticas, calculados en el apartado 5, y por otra, se ha utilizado el caso más desfavorable (menor ahorro) en las instalaciones de calefacción. Los resultados obtenidos se presentan en litros de combustible, siendo fácil deducir para un consumo dado de un vehículo determinar el equivalente en kilómetros recorridos por el mismo.

Calculando la media ponderada de ahorro de energía final debido a la instalación de calefacción para una vivienda tipo (94,59 m<sup>2</sup>), éste resulta ser, en el caso más desfavorable, de 2,27 MWh. De igual forma, los factores de conversión ponderados del gas natural y el gasóleo C a los distintos contaminantes, resultan ser de 0,2718 kgCO<sub>2</sub>/kWh, 131,2 gCO/kWh y 730,9 gNO<sub>x</sub>/kWh, considerando el kWh de energía final.

Así, para un vehículo turismo con gasolina como carburante, la reducción de emisiones del sistema de calefacción estimado para una vivienda, desde el punto de vista de emisiones de CO<sub>2</sub> equivaldría a las emisiones producidas por dicho turismo cuando haya consumido 271 litros de carburante. En el caso de un turismo a gasoil equivaldría a un consumo de 248 litros.

La equivalencia de las emisiones de CO que se ahorrarían en una vivienda tipo al instalar repartidores de coste y válvulas termostáticas equivaldría a las emisiones producidas por un turismo a gasolina al consumir 6 litros, o de gasoil al consumir casi 94 litros de carburante.

Por último, considerando la reducción de emisiones de NO<sub>x</sub>, derivado del ahorro de energía final en la calefacción de la vivienda tipo, equivaldría a las emisiones debidas a un turismo medio cuando consuma 251 litros de gasolina o 72 de gasoil.





---

## Referencias

---

- Asociación Española de Normalización y Certificación. *Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo. UNE 100014:2004 IN*. AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. *Climatización. Condiciones climáticas para proyectos. UNE-EN 100001:2001*. AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. *Climatización. Grados-día base 15°C. UNE 100002-88*. AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. *Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local. UNE-EN ISO 7730:2006*. AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. *Sistemas de calefacción. Método para el cálculo de la carga térmica. UNE-EN 15378:2007*. AENOR.
- Banco Mundial (2016). *World DataBank. Population, total*. Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>.
- BP (2016). *BP Statistical review of World energy*. (65 Ed.). BP p.l.c
- Chaâteau, B. and Rossetti di Valdalbero, D. (Eds.) (2011). *World and european energy and environment transition Outlook – WETO-T*. European Commission, EUR 24805. Publications Office of the European Union.
- Chaffoteaux (2011). *Instalaciones eficientes de calefacción para edificios de viviendas y del sector terciario*. Chaffoteaux-Ariston Thermo Group.
- CLH (2012). *Especificaciones de productos*. Disponible en: <http://www.clh.es/section.cfm?id=3&side=19&lang=sp>.
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (2013). *Estudio sobre las emisiones derivadas del consumo de carburantes en el transporte por carretera en España*. CNMC.
- Comunidad de Madrid (2016). *Guía para reducir el gasto en calefacción central manteniendo el confort*. CAM.
- Dirección General de Tráfico (2015). *Parque de vehículos. Anuario 2014*. DGT. Disponible en: [www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/tablas-estadisticas/](http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/tablas-estadisticas/).
- European Commission (2014). *The European Union explained: Europe 2020: Europe's growth strategy*. Publications Office of the European Union.

- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (2016). *Balance energético de la Comunidad de Madrid 2015*. FENERCOM.
- Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid (2015). *Parque de vehículos por zonas estadísticas y por municipios para cada clase de vehículos*. CAM. Disponible en: [www.madrid.org/estadis/fijas/estructu/general/anuario/anuacap09.htm](http://www.madrid.org/estadis/fijas/estructu/general/anuario/anuacap09.htm).
- Instituto Nacional de Estadística (2016). *Censo de población y viviendas 2011*. INE. Disponible en: <http://www.ine.es>.
- Instituto Nacional de Estadística (2016). *Cifras de población y censos demográficos*. INE. Disponible en: <http://www.ine.es>.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2008). *Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en edificios de viviendas. Información y consejos para las comunidades de vecinos*. IDAE.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2010). *Guía técnica. Diseño de centrales de calor eficientes*. IDAE.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2011). *Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final del proyecto Sech-Spahousec*. IDAE.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2011). *Escala de calificación energética para edificios existentes*. IDAE.
- International Energy Agency (2015). *Energy and climate change. World Energy Outlook Special Report*. IEA Publications.
- Julgar, L.; Miranda, Á.L. y Villarrubia, M. (2011). *Manual de calefacción*. Marcombo.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía*. Boletín Oficial del Estado de 13 de febrero de 2016.
- Ministerio de Vivienda. *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*. Boletín Oficial del Estado de 28 de marzo de 2006.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. *Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la*

*eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.*  
Diario Oficial de la Unión Europea L 315/1-56, de 14 de noviembre de 2012.

Red Eléctrica de España (s.f.). “Cómo consumimos electricidad”. Disponible en:  
[http://www.ree.es/sites/default/files/interactivos/como\\_consumimos\\_electricidad/](http://www.ree.es/sites/default/files/interactivos/como_consumimos_electricidad/).

Rivas, P. (2016). “Cómo ahorrar energía en una instalación de calefacción”.  
Disponible en: <http://instalacionesyeficienciaenergetica.com/como-ahorrar-energia-instalacion-calefaccion/>.

Yndurain, F. (2005). *Energía: Presente y futuro de las diversas tecnologías*.  
Academia Europea de Ciencias y Artes.



