

ESTUDIOS

Síntesis del Estudio
Parque de Bombas
de Calor en España

001



www.idae.es





PARQUE DE BOMBAS DE CALOR DE ESPAÑA

Síntesis del estudio



Estudios IDAE 001: Parques de Bombas de Calor de España. Síntesis del Estudio

Autores: Jesús Pedro García Montes, Claudio Míguez Gómez, Francisco Monedero Gómez, Ignacio Rico Arroyo

Coordinación y revisión: Carlos García Barquero (Jefe del Dpto. Planificación y Estudios del IDAE), Carmen López Ocón (Jefe Dpto. Hidroeléctrico, Energías del Mar y Geotermia del IDAE)

Edita: IDAE

Maquetación e impresión: Composiciones RALI S.A.

Cualquier reproducción, parcial o total, de la presente publicación debe contar con la aprobación por escrito del IDAE.

ÍNDICE

1. Antecedentes	5
2. Principio de funcionamiento y síntesis tecnológica	7
2.1. Ciclo de la bomba de calor	7
2.2. Clasificación de la bomba de calor	9
2.3. Compresor	10
2.4. Bombas de calor reversibles	11
2.5. Eficiencia energética	13
2.6. Usos de la bomba de calor	14
3. Metodología del estudio.....	15
3.1. Diseño de la muestra.....	15
3.2. Trabajo de campo	16
4. Resultados del estudio	19
4.1. Entorno estadístico	19
4.2. Hogares y establecimientos con bombas de calor	19
4.3. Parque de bombas de calor	20
4.4. Desgloses del parque de bombas de calor y su potencia	23
4.5. Aplicaciones de las bombas de calor	27
4.6. Eficiencia de las bombas de calor	27
4.7. Calor útil proporcionado por las bombas de calor	31
4.8. Rendimiento medio estacional de las bombas de calor	32
4.9. Parque y potencia de las bombas de calor consideradas renovables.....	32
5. Conclusiones	37
6. Glosario	39

1 Antecedentes

El Parlamento Europeo y el Consejo, a través de la Directiva 2009/28/EC de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, determina que en el cálculo de la cuota de energía procedente de fuentes renovables se deberá tener en cuenta la energía ambiente de tipo aerotérmico, geotérmico o hidrotérmico capturada por las bombas de calor.

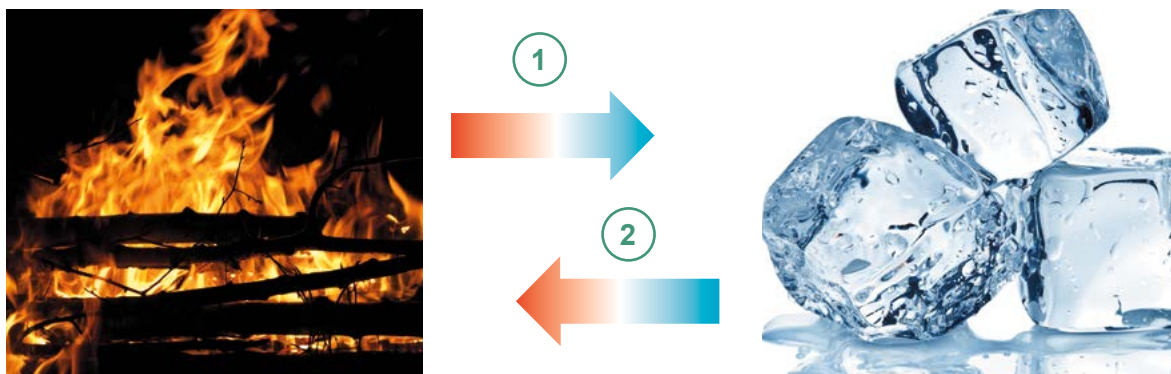
Como paso previo a la determinación de los consumos de energía ambiente renovable sobre las que deben informarse a Eurostat, y que deberán estar basadas en la Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 por la que se establecen las directrices para el cálculo por los Estados miembros de la energía renovable procedente de las bombas de calor de diferentes tecnologías, se ha hecho necesario determinar y caracterizar el parque de bombas de calor español.

Otros Estados miembros se encuentran también inmersos en este proceso de evaluación del parque utilizando diferentes métodos estadísticos de aproximación: modelización, usos de datos administrativos, emparejamiento de datos, incentivos económicos, encuestas, etc. España, por su parte, ha optado, a través del IDAE, por la realización de una encuesta de equipamiento y caracterización de bombas de calor en una muestra representativa del conjunto de hogares y establecimientos del territorio nacional. Su principal objetivo es dar respuesta a los diferentes requerimientos y cuestiones planteadas para estas tecnologías. El trabajo de campo se llevó a cabo entre los meses de julio y diciembre de 2014.

2 Principio de funcionamiento y síntesis tecnológica

Una bomba de calor es una máquina térmica, sujeta por tanto a las leyes de la termodinámica, que transfiere el calor desde un foco frío a otro caliente con una gran eficiencia. La ventaja que poseen las bombas de calor frente a otros sistemas reside en su capacidad para aprovechar la energía existente en el ambiente (foco frío), tanto en el aire como en el agua o en la tierra, para acondicionar las dependencias interiores (foco caliente) con una aportación relativamente pequeña de trabajo en forma de energía generalmente eléctrica.

Para ello, la bomba de calor utiliza un gas refrigerante en un ciclo termodinámico cerrado que, gracias a la existencia de dos focos a diferente temperatura, transporta el calor del medio ambiente a un habitáculo a acondicionar, servicio o aplicación industrial, con la particularidad de invertir el flujo natural de calor, de modo que fluya desde una temperatura más baja a otra más alta. Esto es posible al disponer del trabajo adicional realizado por el compresor (figura 1).



1. El calor fluye naturalmente del foco caliente al frío.
2. Una bomba de calor mueve este en la dirección contraria.

Figura 1. Principio de funcionamiento de la bomba de calor.

2.1. Ciclo de la bomba de calor

El principio de funcionamiento, como indica la figura 2, puede sintetizarse en cuatro etapas diferenciadas:

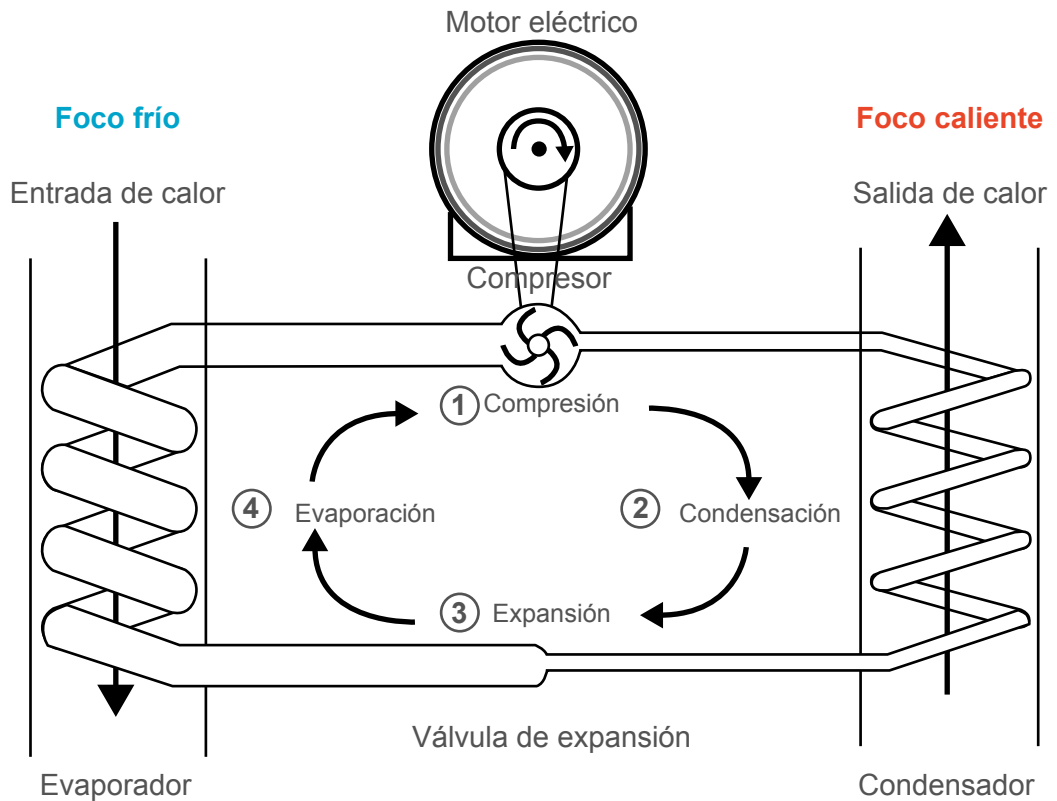


Figura 2. Bomba de calor de compresión mecánica accionada por motor eléctrico.

1. **Compresión:** en el primer paso se comprime un fluido refrigerante. En ese proceso, la energía eléctrica consumida por el compresor se transforma en calor transmitido al refrigerante al elevar el mismo tanto su presión como su temperatura, aumentando por tanto su entalpía (cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno).
2. **Condensación:** este fluido caliente se hace pasar por el condensador. En este intercambiador de calor, el fluido cede su calor al llamado foco caliente y al enfriarse se produce la condensación del refrigerante, pasando de estado gaseoso a estado líquido (proceso exotérmico).
3. **Expansión:** a continuación se hace pasar el fluido, todavía a presión, por una válvula de expansión, que consiste en un dispositivo que genera una gran pérdida de carga por lo que se produce una reducción de presión isoentálpica del fluido desde la presión de condensación hasta la presión de entrada en el evaporador, reduciéndose por lo tanto la temperatura del fluido.
4. **Evaporación:** finalmente, el fluido pasa por otro intercambiador, situado en la fuente fría, y llamado evaporador en el que se produce un cambio de fase endotérmico, donde el refrigerante se evapora absorbiendo calor de nuevo, para volver a reiniciar el ciclo en el compresor.

2.2. Clasificación de la bomba de calor

En la figura 3 se representa un esquema de funcionamiento con los distintos medios que pueden actuar como focos frío o caliente. La bomba de calor puede utilizar energía almacenada en forma de calor bajo la superficie de tierra sólida, energía geotérmica; en el aire ambiente, energía aerotérmica; o en las aguas superficiales, energía hidrotérmica.

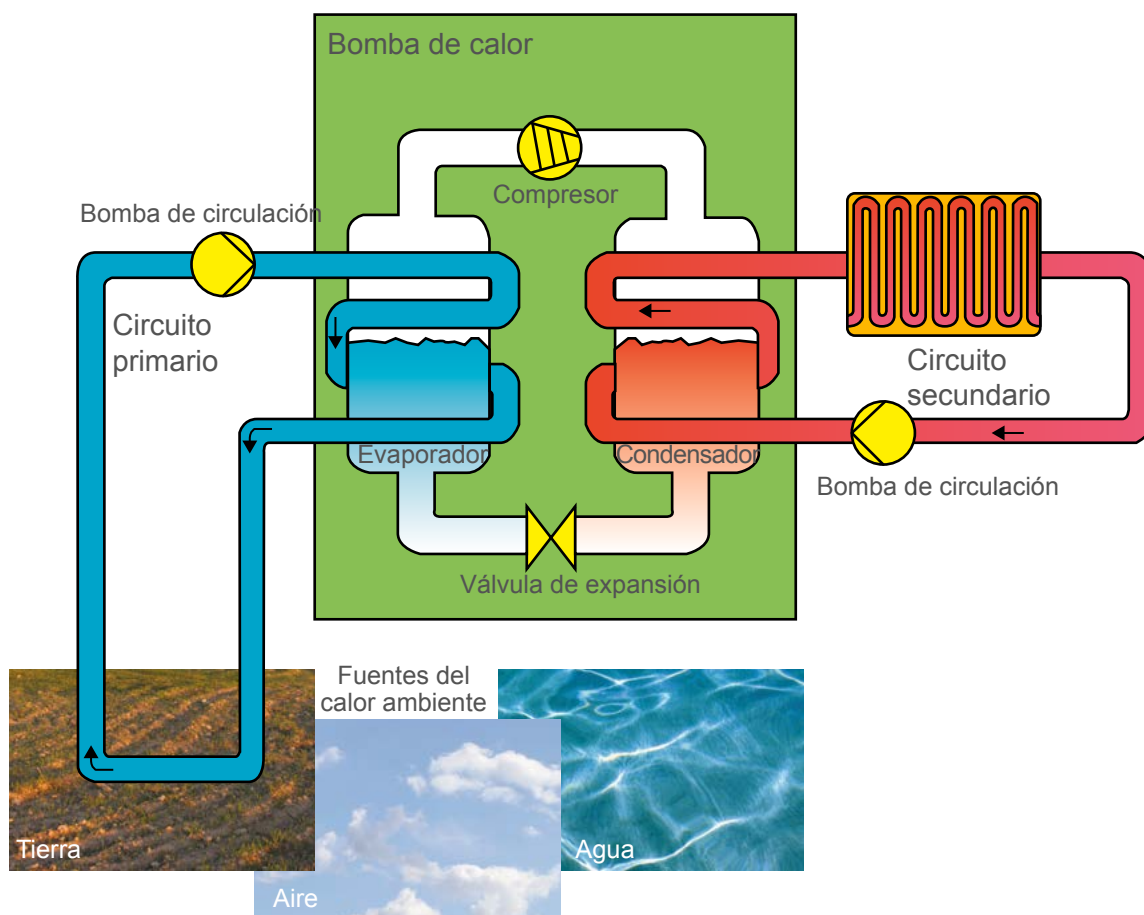


Figura 3. Esquema de funcionamiento de una bomba de calor y los focos fríos para calefacción.

En función del tipo de medio con el que la bomba de calor intercambia calor con el exterior (aire, agua o tierra); así como del medio al que se transfiere el calor de la máquina térmica (aire o agua), se pueden clasificar las bombas de calor de la siguiente manera:

1. Bomba de calor aire-aire.
2. Bomba de calor aire-agua.
3. Bomba de calor agua-aire.
4. Bomba de calor agua-agua.
5. Bomba de calor tierra-aire.
6. Bomba de calor tierra-agua.

Por ejemplo, una bomba de calor en una vivienda suele ser del tipo aire-aire, tomando el calor del aire exterior para cederlo al interior de la vivienda mediante un simple intercambiador de aire, mientras que si dicha vivienda tuviese suelo radiante sería de aire-agua, ya que el intercambio dentro de la vivienda se realizaría a través de dicho suelo radiante. Y si además el calor exterior se tomase del terreno bajo la vivienda, en lugar del aire exterior, tendríamos una bomba de calor agua-agua, con aprovechamiento de la energía geotérmica.

La figura 4 muestra un ejemplo de los flujos energéticos existentes en una bomba de calor. Como puede observarse, una parte significativa de la energía utilizada por la bomba de calor proviene del medio ambiente exterior, razón por la cual los índices de eficiencia de las bombas de calor son superiores a la unidad.

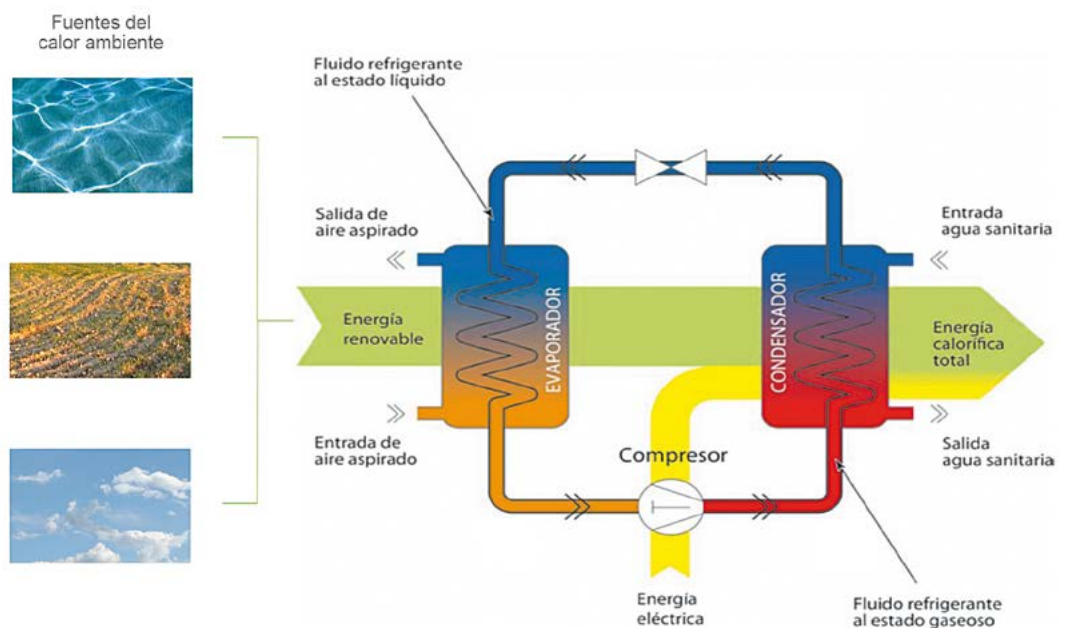


Figura 4. Flujos de energías en una bomba de calor.

2.3. Compresor

El compresor es uno de los equipos principales de una bomba de calor y es el encargado de elevar la presión del vapor refrigerante desde la presión de aspiración a la de descarga. Los compresores pueden clasificarse como abiertos, semiherméticos o herméticos según sea la disposición del motor respecto al compresor. De acuerdo al mecanismo interno de la compresión, los más destacados son los compresores de desplazamiento positivo entre los cuales se encuentran los compresores alternativos (figura 5.a), que cada vez tienden a usarse menos; rotativos (figura 5.b), empleados frecuentemente, y especialmente en bombas de no elevada potencia; tipo *scroll*, cuyo rendimiento es el más elevado siendo posible su uso en un amplio margen de potencias y que se están imponiendo en el mercado actual; y de tornillo, utilizados en bombas de calor de gran potencia (>100 kW).

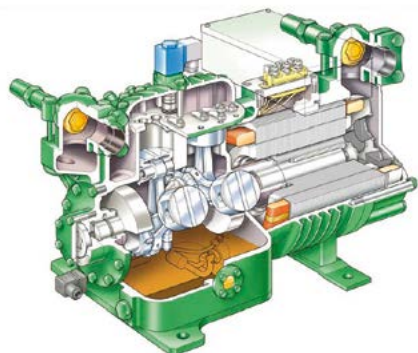


Figura 5.a. Sección de compresor alternativo.



Figura 5.b. Ejes de un compresor rotativo.

2.4. Bombas de calor reversibles

Actualmente son una amplia mayoría dentro del parque de bombas de calor en España los equipos correspondientes a bombas de calor reversibles. Este proceso reversible permite el funcionamiento de la bomba de calor, tanto en modo calefacción como en modo refrigeración, circulando el gas refrigerante en un sentido u otro, y por consiguiente, invirtiendo el flujo de calor entre el interior y el exterior. Para ello se requiere de un dispositivo auxiliar, denominado válvula de cuatro vías, gracias a la cual es posible la reversibilidad en los equipos de calor, además del funcionamiento de deshielo si se emplea este sistema.

Como se observa en la figura 6, la disposición y los componentes son los mismos, variando por tanto el funcionamiento de los intercambiadores de calor, con la inversión del ciclo gracias a la válvula de cuatro vías. En la figura de la izquierda, se aprecia el ciclo de calefacción, donde el intercambiador interior actúa como condensador y el exterior lo hace como evaporador.

En modo refrigeración, haciendo uso de una electroválvula auxiliar, desplaza el sentido dentro de la válvula de cuatro vías, invirtiendo el ciclo. A consecuencia de ello, el intercambiador interior actúa como evaporador, siendo el exterior el que funciona como condensador.

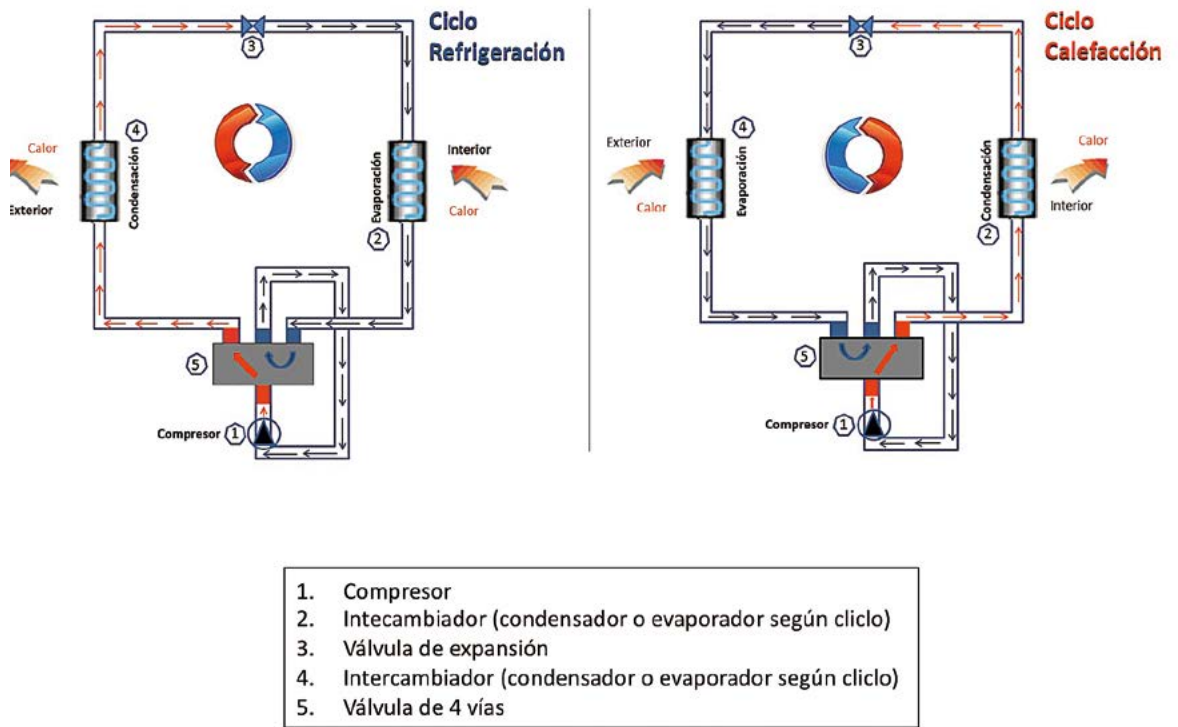


Figura 6. Esquemas de funcionamiento de una bomba de calor reversible.

En la figura 7 se visualiza el funcionamiento de una bomba de calor reversible desde el punto de vista del usuario. En modo refrigeración, la unidad interior refrigera el aire de un local y para ello es necesario que la unidad exterior transmita calor al exterior. Por el contrario, en el funcionamiento en modo calefacción, para calentar el aire de un local con la unidad interior, es necesario que simultáneamente la unidad exterior capte calor del exterior.

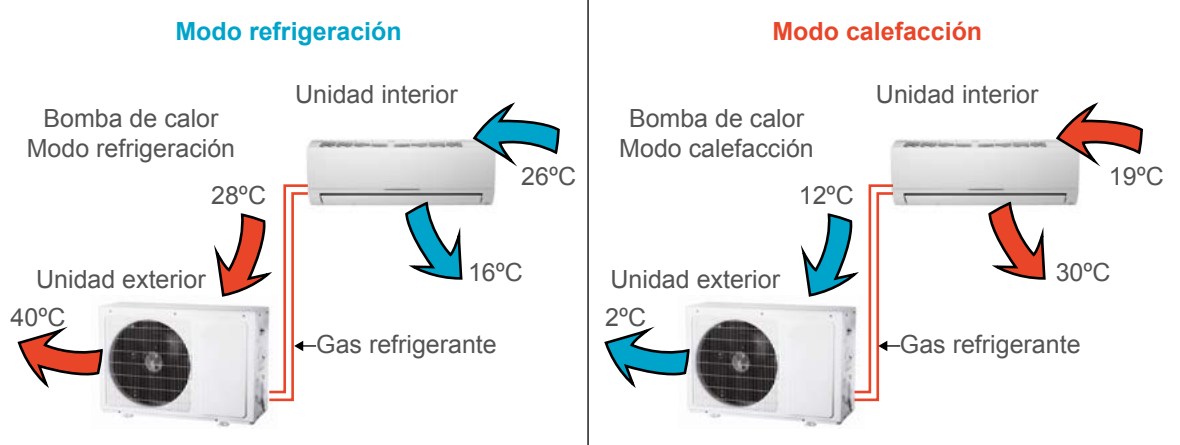


Figura 7. Esquemas nemotécnicos de los modos de calefacción y refrigeración.

2.5. Eficiencia energética

La eficiencia de una bomba de calor se mide a través de su coeficiente de prestación, COP¹ (*Coefficient of performance*). Este coeficiente se calcula como la relación existente entre la energía térmica cedida por el sistema (Q) y la energía absorbida por el compresor (W) en unas condiciones específicas de temperatura y con la unidad a plena carga.

$$\text{COP} = \frac{Q}{W}$$

En la figura 8 se observa, a modo de ejemplo, cómo en una bomba de calor agua-agua con intercambio geotérmico, son normales ratios elevados: la demanda térmica de un edificio (Q = 4 kWt, en azul) se obtiene en sus tres cuartas partes del intercambio energético con el terreno (3 kWt, en verde) y la otra tercera parte (W = 1 kWt) es la energía eléctrica consumida por el compresor de la bomba de calor. Así tenemos un valor de 4 para el COP de la bomba de calor:

$$\text{COP} = \frac{Q}{W} = \frac{4\text{kWt}}{1\text{kWt}} = 4$$

Por lo que en este ejemplo, del total de la energía necesaria para climatizar el edificio solo la cuarta parte proviene de la energía eléctrica.

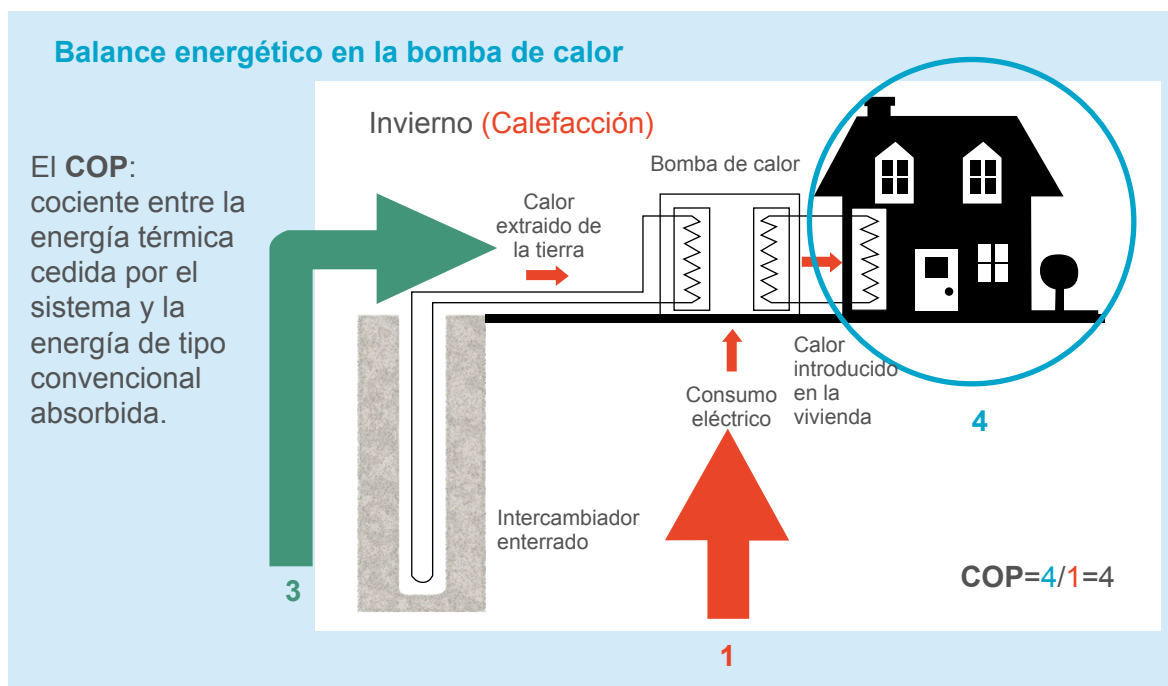


Figura 8. Balance energético en la bomba de calor.

(1) Funcionando en modo refrigeración, la eficiencia de la bomba se mide a través del EER (Energy Efficiency Rating) en lugar de COP. El EER es la relación existente entre la energía térmica absorbida por el sistema y la energía utilizada por el compresor en unas condiciones específicas de temperatura y con la unidad a plena carga.

El rendimiento en condiciones de funcionamiento para este tipo de tecnología, varía dependiendo de las condiciones del foco caliente y del foco frío, por lo que es necesario establecer el concepto de rendimiento medio estacional (SPF) en una bomba de calor. La Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 lo define de la siguiente forma:

«SPF: factor de rendimiento medio estacional estimativo, que se refiere al “coeficiente de rendimiento estacional neto en modo activo” ($SCOP_{net}$), en el caso de las bombas de calor accionadas eléctricamente, o a la “relación estacional neta de energía primaria en modo activo” ($SPER_{net}$), en el de las bombas de calor accionadas térmicamente.»

2.6. Usos de la bomba de calor

Hay que mencionar finalmente que los usos dados a las bombas de calor dependen en buena medida del sector de utilización. Así, para las viviendas y los sectores de servicios, las aplicaciones más extendidas son la climatización de habitáculos, es decir, su calefacción y refrigeración, la generación de agua caliente sanitaria y la climatización de piscinas. Por lo que respecta al sector industrial, además de las aplicaciones en climatización de locales, existe potencial de utilización en procesos de secado y destilación, así como para el calentamiento de agua.

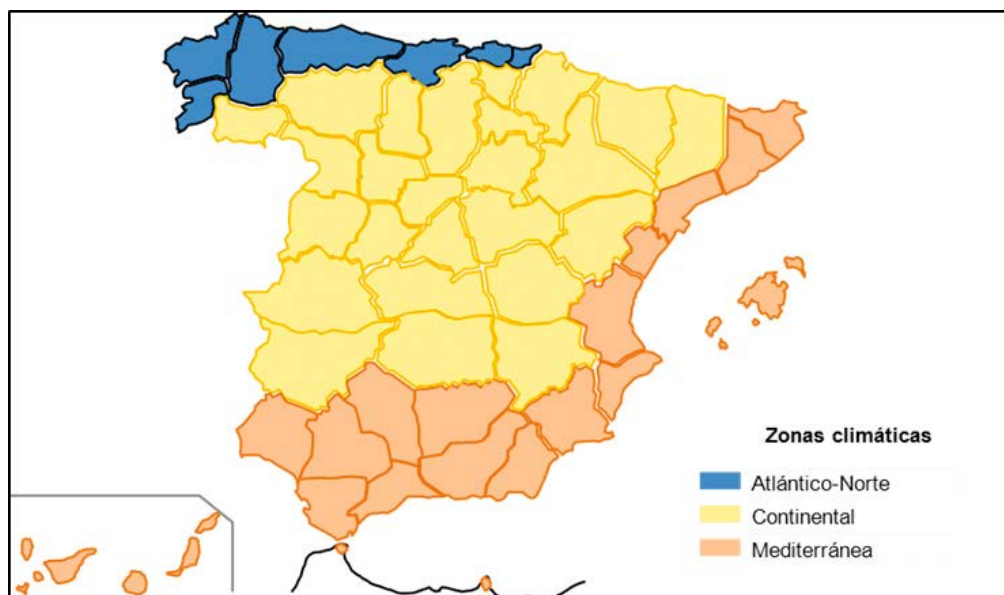
3 Metodología del estudio

Como ya se ha mencionado anteriormente, el IDAE llevó a cabo durante los meses de julio a diciembre de 2014 una encuesta para determinar y caracterizar el parque de bombas de calor en España. La aproximación metodológica empleada en el estudio y en la encuesta de equipamiento se expone a continuación.

3.1. Diseño de la muestra

Para la obtención de información fiable sobre la cuantificación y caracterización del parque de bombas de calor en España, se procedió a realizar una encuesta basada en un muestreo estratificado con dos variables: la geográfica y la sectorial. En concreto, para la variable sectorial los estratos considerados fueron: hogares y establecimientos de los sectores comercio-servicios, industria y actividades anexas al transporte.

En el caso de la distribución geográfica, la clasificación empleada desde IDAE, es aquella en la que se distribuyen las provincias en tres zonas climáticas; Atlántico-Norte, Continental y Mediterránea.



Mapa 1: Zonas climáticas.

La ficha técnica de la investigación es la siguiente:

- UNIVERSO: hogares y establecimientos de todo el territorio nacional.
- TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN: multicanal (teléfono, e-mail, fax...).
- DISEÑO MUESTRAL: muestreo aleatorio estratificado por sector y zona geográfica.
- TAMAÑO MUESTRAL: 8.087 entrevistas.
- ERROR DE MUESTREO: $\pm 1,1\%$ para datos globales y $< \pm 5\%$ por estrato con un nivel de confianza del 95% y $p=q= 0,5$.

3.2. Trabajo de campo

Los trabajos de campo se realizaron entre los meses de septiembre y diciembre de 2014.

Para una correcta ejecución, se llevaron a cabo previamente las necesarias tareas relativas al diseño de los cuestionarios y de la aplicación de carga de datos, la configuración de las bases de contacto de hogares y establecimientos y la formación del personal de campo.

El programa metodológico para la realización del trabajo de campo fue:

1. Contacto con la unidad muestral, presentación de la investigación y búsqueda del interlocutor. Para las grandes unidades, como establecimientos industriales o comerciales, el interlocutor fue el responsable interno de mantenimiento o el mantenedor externo.
2. Presentación y selección de las alternativas de participación en el estudio; encuesta telefónica, e-mail, etc.
3. Realización de la entrevista telefónica en caso de aceptar la participación en el estudio o, alternativamente, la recopilación de la información de contacto para el envío de la documentación a través de correo electrónico.
4. Seguimiento diario del grado de avance del trabajo. Comprobación del estado de la muestra en cada uno de los estratos y planificación de la siguiente jornada.
5. Validación de los datos de las entrevistas. Comprobación de la cumplimentación de los campos mínimos requeridos para poder considerarla como válida, así como verificación de la idoneidad de los datos recopilados.
6. Tratamiento estadístico de la información. Tras la obtención de toda la información recopilada en las entrevistas y de su posterior validación, se procedió a realizar el correspondiente análisis estadístico de los datos. En dichos análisis se tuvieron en cuenta tanto las variables originales integradas en la encuesta como toda una serie de factores secundarios, configurados a partir de la combinación de diversas fuentes de información fiables. El tratamiento estadístico de la información dio lugar a dos tipologías de análisis:

- a) Análisis muestral de las entrevistas, lo que permitió la cuantificación y caracterización de las bombas recogidas en campo. Dicho análisis se realizó teniendo en cuenta la zonificación climática así como los usos de frío y calor de los equipos.
- b) Análisis poblacional de las entrevistas, que consistió en la elevación al número total de hogares y establecimientos de los resultados del análisis muestral. Esto permitió determinar los establecimientos y hogares con bomba de calor, así como el número y potencia de las mismas y su caracterización.

4 Resultados del estudio

4.1. Entorno estadístico

La presente publicación muestra los resultados obtenidos en el estudio realizado. La tabla 1 presenta la distribución de la muestra finalmente utilizada para la elevación de los datos.

Población (hogares + establecimientos)	21.453.411
Muestra: sí bomba	2.885
Muestra: no bomba	5.202
Error muestreo sobre total respuestas (Sí + NO)	1,1%

Tabla 1: Distribución de la muestra a nivel global.

Así, se registraron un total de 8.087 entrevistas en las que se obtuvo una respuesta por parte del interlocutor respecto a la disponibilidad o no de bomba de calor en su hogar o establecimiento. Del total de respuestas obtenidas, en 2.885 ocasiones (36%) el entrevistado confirmó la existencia de bomba de calor. Aunque de esta cifra, se registraron 315 casos en los que no fue posible realizar la encuesta debido a diferentes causas como la negativa a colaborar en el estudio o la no disponibilidad de la información solicitada, etc. El total de respuestas obtenidas implica la obtención de un error de muestreo a nivel global de $\pm 1,1\%$ garantizando por tanto una elevada fiabilidad de los datos obtenidos.

Por tanto, las entrevistas válidas positivas, es decir, de hogares y establecimientos en que hay bomba de calor, han sido 2.570. En los 5.202 casos restantes (64%), el interlocutor informó de la no existencia de este equipamiento en su hogar/establecimiento.

4.2. Hogares y establecimientos con bombas de calor

La elevación de los resultados muestrales al universo de la encuesta se llevó a cabo mediante la aplicación de algoritmos de elevación, obteniéndose así la población total de hogares y establecimientos que tienen bomba de calor, el parque de bombas de calor y la potencia de las mismas.

La tabla 2 presenta, por zonas climáticas y sectores, el número total de hogares y establecimientos que disponen de al menos una bomba de calor.

Zona climática		Hogares	Comercio-servicios	Industria	Actividades anexas al transporte	Total
Atlántico-Norte	Universo total	2.373.620	336.070	91.835	3.774	2.805.299
	Población con bombas de calor	84.973	70.764	22.225	845	178.807
Continental	Universo total	6.077.563	894.899	237.626	8.281	7.218.369
	Población con bombas de calor	1.065.258	275.698	84.271	3.034	1.428.261
Mediterránea	Universo total	9.632.509	1.440.030	341.394	15.810	11.429.743
	Población con bombas de calor	4.620.756	901.624	213.290	11.262	5.746.932
Total	Universo total	18.083.692	2.670.999	670.855	27.865	21.453.411
	Población con bombas de calor	5.770.987	1.248.087	319.786	15.141	7.354.001

Tabla 2: Hogares y establecimientos con bomba de calor.

Las bombas de calor se encuentran presentes en un total de 7.354.001 hogares y establecimientos (34% del total en España). De este total de hogares y establecimientos con bomba de calor un 26,8% se localizan en la zona climática Mediterránea con un total de 5.746.932 hogares o establecimientos, siendo en esta zona donde se detecta una mayor proporción de hogares/establecimientos con bomba de calor; en concreto, en el 50,3% de los casos. En contraposición, en la zona Atlántico-Norte, la cantidad de hogares/establecimientos que disponen de bomba de calor desciende hasta el 6,4%.

4.3. Parque de bombas de calor

El parque de bombas de calor estimado alcanza las 11.971.823 unidades con un reparto sectorial y por zona climática como el que puede observarse en los gráficos 1 a 5, y en la tabla 3.

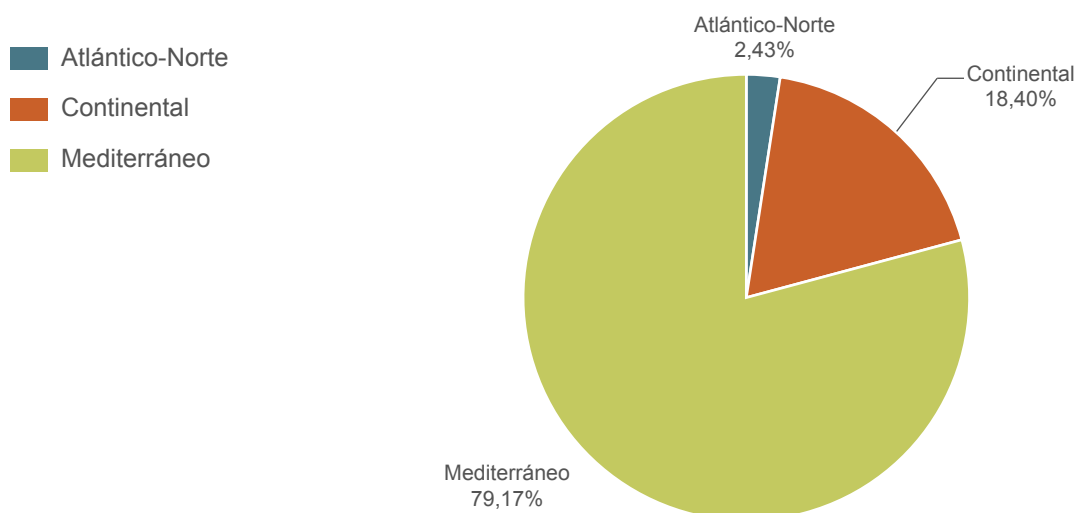


Gráfico 1: Parque de bombas de calor por zonas climáticas.

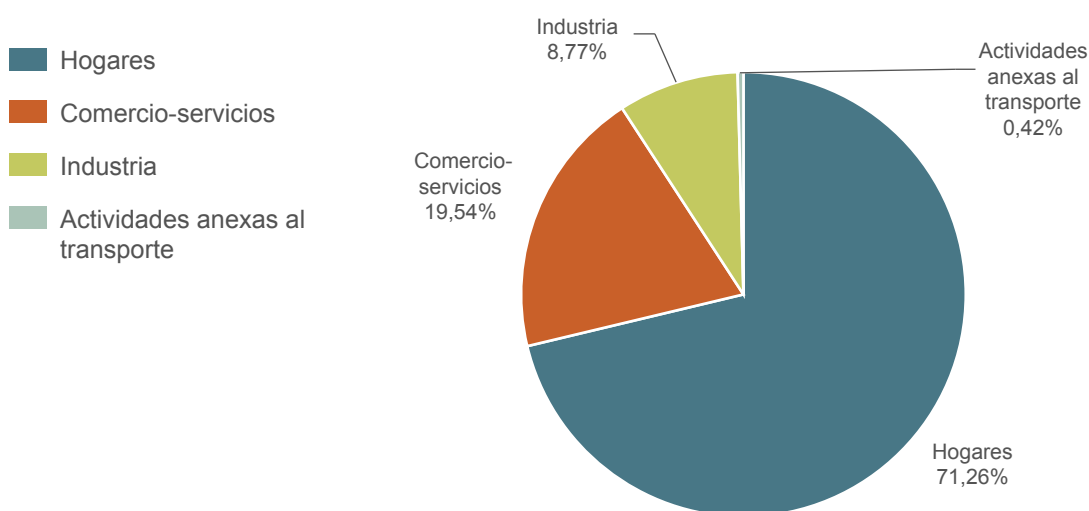


Gráfico 2: Parque de bombas de calor por sectores.

Zona climática	Hogares	Comercio-servicios	Industria	Actividades anexas al transporte	Total
Atlántico-Norte	101.653	130.531	55.509	3.490	291.183
Continental	1.421.588	534.455	236.322	10.034	2.202.399
Mediterráneo	7.008.046	1.674.624	758.652	36.920	9.478.241
Total	8.531.287	2.339.610	1.050.483	50.444	11.971.823

Tabla 3: Parque de bombas de calor por zonas climáticas y sectores.

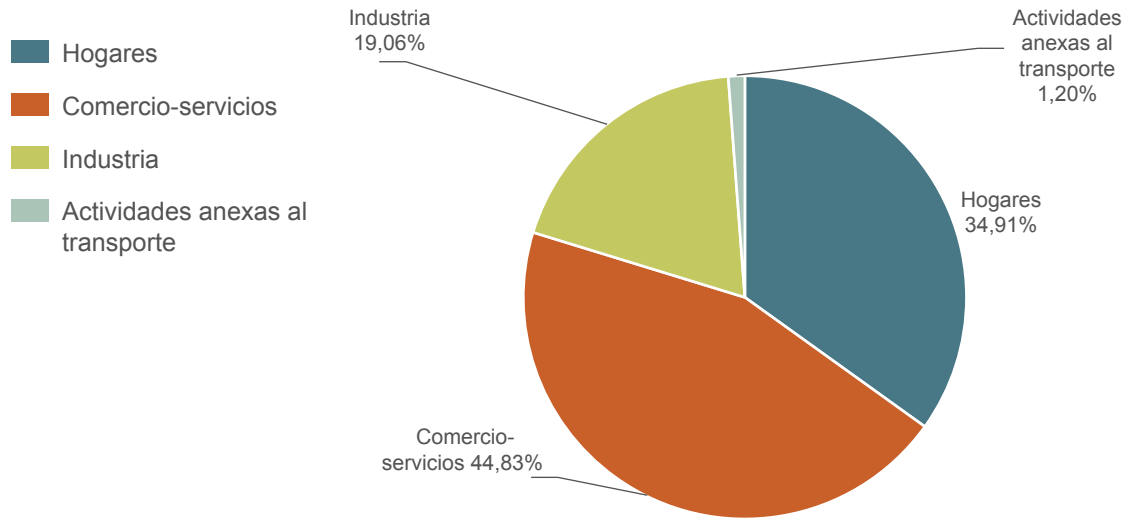


Gráfico 3: Parque de bombas de calor en Atlántico-Norte.

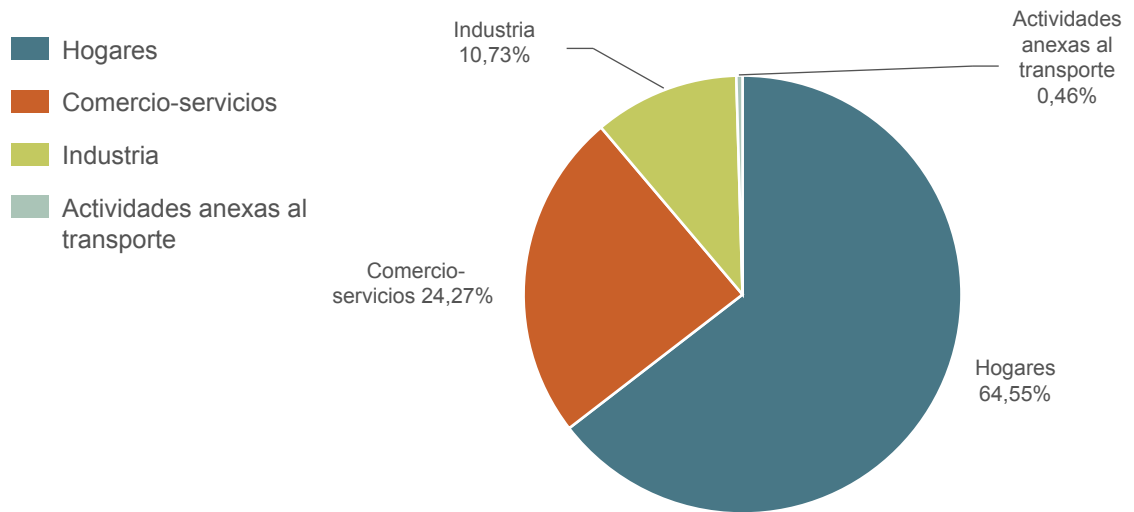


Gráfico 4: Parque de bombas de calor en zona Continental.

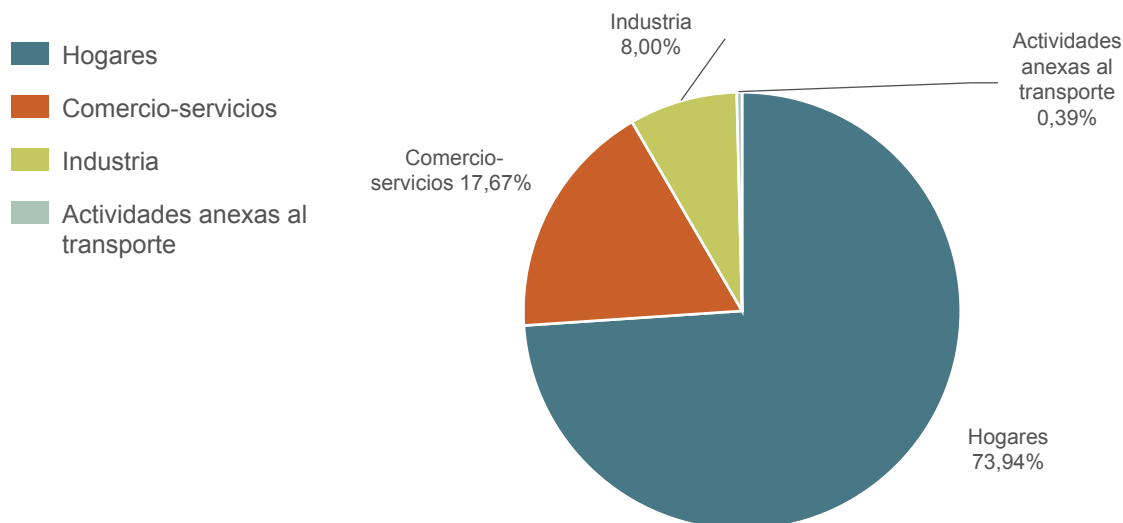


Gráfico 5: Parque de bombas de calor en zona Mediterránea.

A nivel nacional, más de las tres cuartas partes de las bombas de calor se localizan en la zona climática Mediterránea. Esto se explica principalmente por el hecho de que dicha zona climática es la que posee mayor cantidad de población y establecimientos.

A nivel sectorial, algo más del 70% del parque de bombas de calor se encuentra instalado en los hogares. Esta proporción se mantiene más o menos en todas zonas climáticas a excepción de la Atlántico-Norte, donde los hogares ceden representatividad a favor del sector de comercio y servicios, donde se encuentran instaladas casi la mitad de las bombas de calor del parque correspondiente a esa zona climática. También en el Atlántico-Norte es donde se constata una mayor proporción de bombas de calor instaladas en el sector industrial, cerca de una quinta parte del parque de esa zona.

4.4. Desgloses del parque de bombas de calor y su potencia

La tabla 4 y los gráficos 6 y 7 muestran la distribución del parque de bombas de calor, y su potencia asociada, en función de la fuente energética utilizada por la bomba de calor, así como por zonas climáticas y sectores.

SES	Área	Hogar		Comercio-servicio		Industria		Actividades anexas al transporte		Total	
		Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)
Atlántico-Norte	Aerotérmica	244.599	1.289.594	109.320	3.700.097	70.184	540.407	10.447	240.450	434.550	5.770.549
	Geotérmica	0	0	7.454	137.619	0	0	0	0	7.454	137.619
	Hidrotérmica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ns/Nc	0	0	340.382	2.419.865	60.613	567.883	89	1.320	401.084	2.989.067
Continental	Aerotérmica	4.363.532	20.565.339	98.324	5.219.537	110.855	4.209.463	11.445	103.558	4.584.156	30.097.897
	Geotérmica	0	0	624	26.989	466	39.558	0	0	1.090	66.547
	Hidrotérmica	0	0	0	0	699	1.980	0	0	699	1.980
	Ns/Nc	0	0	582.005	4.468.768	76.615	5.104.092	30	178	658.650	9.573.038
Mediterránea	Aerotérmica	3.413.272	12.785.316	37.268	2.236.531	348.526	2.842.507	27.731	968.529	3.826.797	18.832.883
	Geotérmica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hidrotérmica	0	0	0	0	798	80.153	148	22.803	946	102.956
	Ns/Nc	0	0	1.063.382	7.389.337	370.858	2.711.144	59	216	1.434.299	10.100.698
España	Aerotérmica	8.021.404	34.640.249	244.912	11.156.165	529.565	7.592.377	49.623	1.312.538	8.845.503	54.701.329
	Geotérmica	0	0	8.078	164.608	466	39.558	0	0	8.544	204.166
	Hidrotérmica	0	0	0	0	1.496	82.133	148	22.803	1.644	104.937
	Ns/Nc	0	0	1.985.769	14.277.970	508.086	8.383.119	178	1.714	2.494.032	22.662.803
Total		8.021.404	34.640.249	2.238.759	25.598.743	1.039.613	16.097.188	49.949	1.337.055	11.349.724	77.673.235

Tabla 4. Parque y potencia de bombas de calor por zona climática, fuente energética y sectores.

La energía aerotérmica es la más utilizada en el parque de bombas de calor tanto en términos de unidades instaladas como de potencia en funcionamiento, con un 78% y un 70% de penetración respectivamente. También se detecta un significativo desconocimiento del tipo de energía que utilizan las bombas de calor en sectores como el de comercio y servicios o el industrial, donde para algo más del 50% de la potencia instalada los titulares de las instalaciones no pueden indicar el tipo de energía. La presencia de bombas de calor alimentadas por recursos geotérmicos o por calor hidrotérmico es prácticamente testimonial.

Del parque total de 11.971.823 unidades de bombas, 622.099 unidades (5%) se usan solamente para refrigerar, mientras que 11.349.724 bombas de calor son utilizadas para satisfacer necesidades de calefacción y refrigeración.

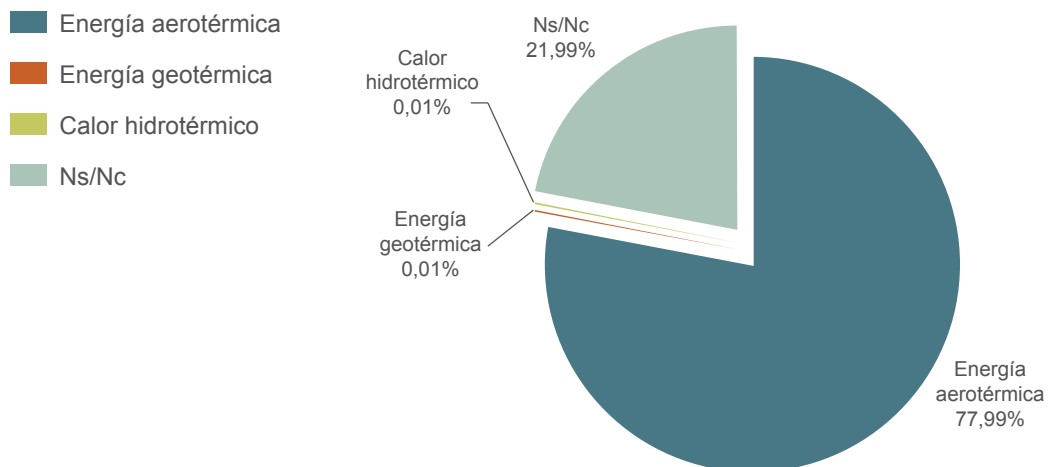


Gráfico 6: Número de equipos según su fuente térmica.

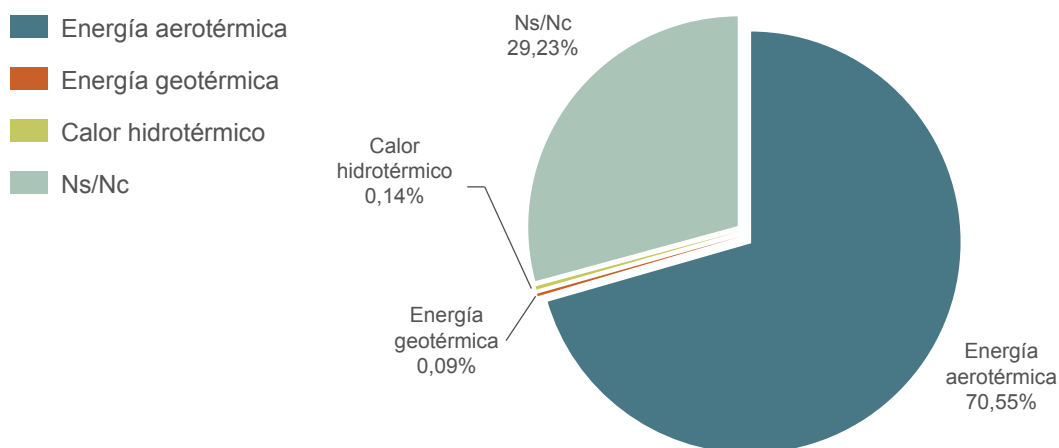


Gráfico 7: Potencia de las bombas según su fuente térmica.

La potencia total instalada del parque de bombas de calor utilizada para calefacción, uso establecido por la Directiva 2009/28/EC de 23 de abril de 2009 para poder contabilizar su aportación de energía renovable, es de 77.673 MW_t. En cuanto a la distribución por rango de potencia, Gráfico 8, continua siendo la zona Mediterránea donde se identifica una mayor concentración de equipos para el estrato más habitual [2,5-5 kW_t), ya que en él se concentran el 57% de sus bombas de calor, el 26% del total del parque.

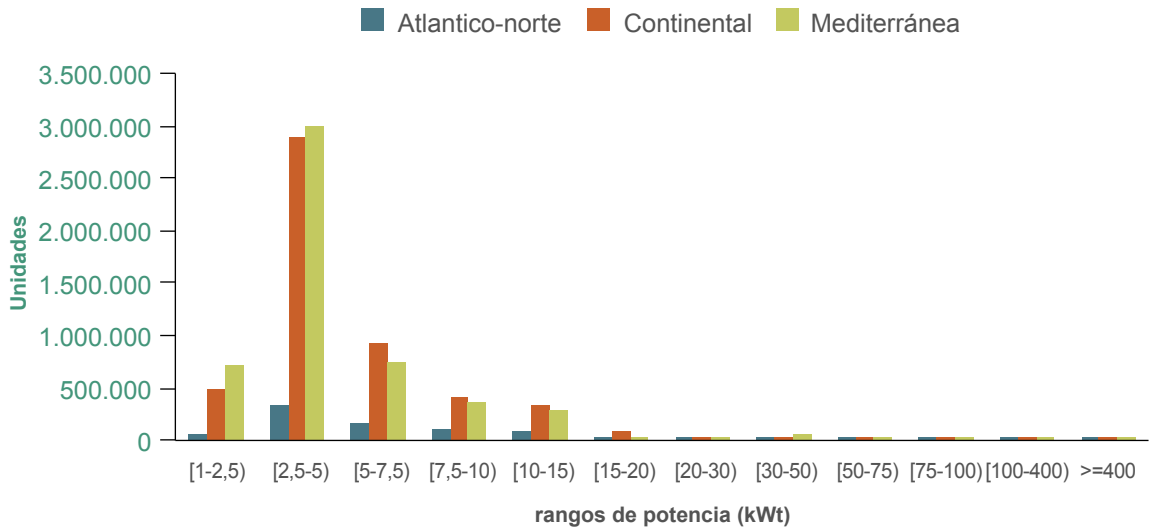


Gráfico 8: Parque de las bombas de calor según rangos de potencia.

El 71% del parque de bombas de calor se concentra en los hogares con una potencia asociada del 45% del total. Esta proporción de número de unidades-potencia se invierte en el resto de los sectores, donde la ratio de unidades de bombas de calor instaladas en el sector es menor a la correspondiente a la potencia instalada para el conjunto del sector.

Como consecuencia de lo anterior, el análisis sectorial por rangos de potencia (gráfico 9), pone de relieve una alta concentración del parque en el rango de potencias instaladas propias de los hogares, entre 2,5 a 5 kW_t. Esta mayor relevancia del sector de los hogares en términos de número de unidades de bombas de calor instaladas se extiende a los rangos de potencia inferiores a 15 kW_t.

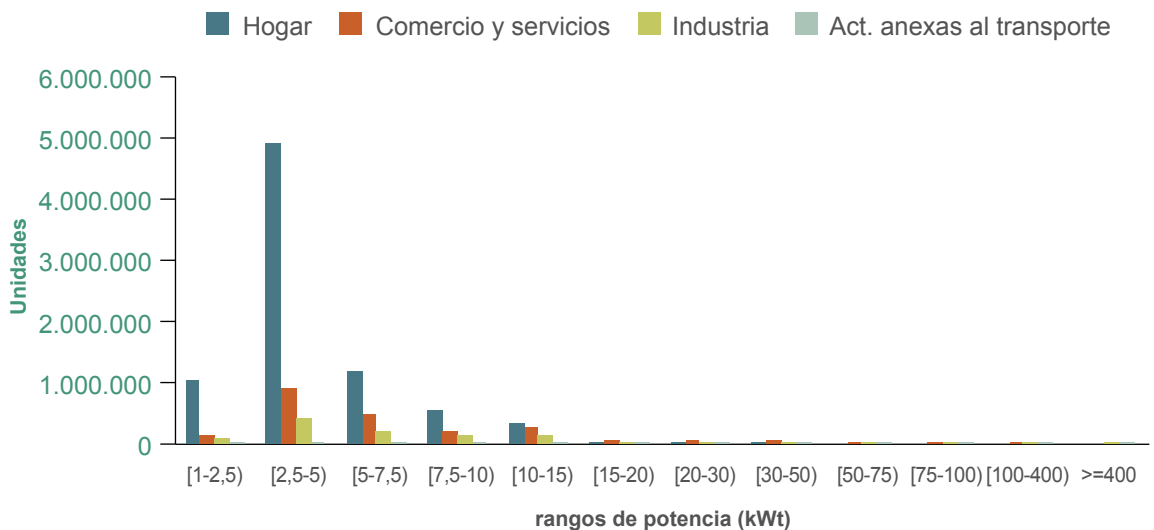


Gráfico 9: Parque de bombas de calor por sectores según rangos de potencia.

4.5. Aplicaciones de las bombas de calor

Las distintas aplicaciones de las bombas de calor, a excepción de la refrigeración exclusiva, pone de manifiesto (tabla 5), que prácticamente la totalidad de las mismas se utilizan para uso mixto de calefacción y refrigeración, siendo marginal el uso de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, que se localiza en rangos de potencia superiores a los 10 kW_t y, por lo tanto, en sectores distintos al de hogares.

Rangos de potencia	Calefacción y refrigeración		Calefacción, refrigeración y ACS		Total	
	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)
[1 - 2,5) kWt	1.271.621	2.385.909	0	0	1.271.621	2.385.909
[2,5 - 5) kWt	6.200.369	20.882.643	0	0	6.200.369	20.882.643
[5 - 7,5) kWt	1.847.240	10.956.892	466	3.262	1.847.706	10.960.153
[7,5 - 10) kWt	863.508	7.306.187	0	0	863.508	7.306.187
[10 - 15) kWt	720.285	8.672.727	2.485	35.032	722.770	8.707.759
[15 - 20) kWt	144.842	2.357.602	2.693	46.044	147.535	2.403.646
[20 - 30) kWt	95.307	2.366.433	2.693	65.135	98.000	2.431.568
[30 - 50) kWt	97.359	3.487.609	0	0	97.359	3.487.609
[50 - 75) kWt	31.418	1.991.035	0	0	31.418	1.991.035
[75 - 100) kWt	17.926	1.396.608	674	57.955	18.601	1.454.562
[100 - 400) kWt	47.057	10.426.087	0	0	47.057	10.426.087
>=400 kWt	3.782	5.236.076	0	0	3.782	5.236.076
Total	11.340.714	77.465.808	9.010	207.427	11.349.724	77.673.235
%	99,9 %	99,7 %	0,1 %	0,3 %	100,0 %	100,0 %

Tabla 5: Parque y potencia de bombas de calor por aplicaciones y rango de potencia.

4.6. Eficiencia de las bombas de calor

El COP promedio del parque de bombas de calor por zona climática (tabla 6), muestra desviaciones, en términos de varianza estadística, menores al 0,5%, lo que pone de manifiesto la uniformidad en términos de tecnologías y hábitos de compra a lo largo de todo el territorio nacional.

El 57% del parque de bombas de calor tiene un COP comprendido entre 3 y 4, siendo superior esta proporción en la zona Atlántico-Norte donde se alcanza el 61,6%. Por otra parte, la mayor penetración en términos de potencia instalada, 31%, se da en la zona climática Continental y se corresponde también con la de un COP de entre 3 y 4.

COP Calor	ZONA CLIMATICA						Total	
	Atlántico-Norte		Continental		Mediterránea		Número	Potencia (kWt)
	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)		
[1 - 2)	118	11.667	7.454	29.814	0	0	7.572	41.481
[2 - 3)	113.109	3.355.389	886.632	5.636.842	806.942	7.188.344	1.806.684	16.180.575
[3 - 4)	519.531	3.883.844	3.063.944	23.757.937	2.938.872	14.721.271	6.522.347	42.363.052
[4 - 5)	209.442	1.641.999	1.086.012	9.577.998	1.457.206	6.908.415	2.752.660	18.128.412
[5 - 6)	857	4.269	200.345	736.392	49.083	195.650	250.284	936.311
[6 - 7)	30	68	208	479	9.938	22.858	10.176	23.404
Total	843.087	8.897.235	5.244.595	39.739.463	5.262.042	29.036.537	11.349.724	77.673.235
COP Promedio	3,45		3,56		3,49		3,51	

Tabla 6: COP del parque de bombas de calor por zona climática.

El análisis sectorial del COP (tabla 7), muestra que son los hogares los que disponen de un equipamiento más eficiente y, por lo tanto, más moderno, en línea con la expansión urbanística y el incremento de equipamiento y confort de los hogares registrados antes de la crisis inmobiliaria de 2008. De media, el COP de este sector es un 4% superior al correspondiente al promedio nacional, valor que se eleva hasta el 6% si se compara con las bombas de calor existentes en el sector de actividades anexas al transporte. El COP más frecuente se encuentra en el rango de 3 a 4; alcanzando un peso del 66,5% para el sector industrial y disminuyendo hasta el 51,3% en las actividades anexas al transporte

COP Calor	Sectores								Total	
	Hogar		Comercio-servicios		Industria		Actividades anexas al transporte			
	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)
[1 - 2)	0	0	7.454	29.814	0	0	118	11.667	7.572	41.481
[2 - 3)	1.233.648	5.537.055	385.061	7.472.734	174.150	2.531.968	13.825	638.817	1.806.684	16.180.575
[3 - 4)	4.458.788	20.683.592	1.347.039	13.492.952	690.883	7.594.104	25.637	592.404	6.522.347	42.363.052
[4 - 5)	2.108.156	7.647.627	475.179	4.535.213	159.490	5.853.280	9.836	92.292	2.752.660	18.128.412
[5 - 6)	220.811	771.975	13.879	44.693	15.090	117.836	503	1.807	250.284	936.311
[6 - 7)	0	0	10.146	23.336	0	0	30	68	10.176	23.404
Total	8.021.404	34.640.249	2.238.759	25.598.743	1.039.613	16.097.188	49.949	1.337.055	11.349.724	77.673.235
COP Promedio	3,65		3,54		3,50		3,45		3,51	

Tabla 7. COP del parque de bombas de calor por sectores.

La evolución de los COP a lo largo de los años puede observarse en la tabla 8, que pone de manifiesto una mejora de este coeficiente del 39% entre las bombas de calor instaladas en el primer lustro de la década de los años 90 y las que se instalan actualmente.

COP Calor	Fecha de puesta en funcionamiento de la instalación														Total	
	1990-1994		1995-1999		2000-2004		2005-2009		2010-2014		Ns/Nc		Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)
	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)				
[1 - 2]	0	0	0	0	7.513	36.450	0	0	59	5.031	0	0	7.572	41.481		
[2 - 3]	351.823	1.893.637	392.834	2.062.495	841.206	7.505.106	147.868	1.633.998	12.977	375.856	59.976	2.709.483	1.806.684	16.180.575		
[3 - 4]	68.109	1.590.963	246.766	1.321.481	2.075.578	10.582.690	2.664.150	20.032.139	1.386.765	8.266.935	80.979	568.845	6.522.347	42.363.052		
[4 - 5]	5.583	16.748	689	5.809	142.826	6.174.808	1.086.420	4.879.844	1.486.016	6.909.158	31.127	142.044	2.752.660	18.128.412		
[5 - 6]	0	0	0	0	7	29	29.959	132.063	219.520	801.547	798	2.672	250.284	936.311		
[6 - 7]	0	0	0	0	0	0	0	0	2.693	6.193	7.483	17.211	10.176	23.404		
Total	425.514	3.501.348	640.289	3.389.785	3.067.131	24.299.083	3.928.397	26.678.044	3.108.031	16.364.720	180.363	3.440.255	11.349.724	77.673.235		
COP Promedio	2,80		2,88		3,26		3,66		3,90		3,50		3,51			

Tabla 8. COP del parque de bombas de calor por año de puesta en funcionamiento.

4.7. Calor útil proporcionado por las bombas de calor

Otro de los parámetros analizados ha sido el « Q_{usable} » de las bombas de calor, variable muy relacionada con el COP y que indica el calor útil proporcionado por las bombas de calor.

Según la ya mencionada Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013, el « Q_{usable} » se define como el calor útil total estimado proporcionado por bombas de calor expresado en GWh, y se calcula como el producto de la potencia nominal de calefacción por las horas anuales equivalentes de utilización de una bomba de calor.

De las 11.349.724 unidades de bombas de calor en España, 5.428.778 (48 %) no son utilizadas como sistema de calefacción aunque tengan esa funcionalidad, es decir, solo se usan para frío. Por lo tanto, quedarían 5.920.946 bombas de calor que son utilizadas como sistema de calefacción. De alrededor de un 1% (112.784) de estas bombas no se dispone de información relativa al uso de las mismas (horas de funcionamiento). En resumen, se dispone de información para estimar el consumo de 5.808.162 bombas de calor, esto es, aquellas que son utilizadas como sistema de calefacción, de las cuales se tiene además registradas sus horas de funcionamiento. Estas bombas proporcionan un Q_{usable} total de 30.891 GWh_t.

La tabla 9 muestra la distribución de esta variable para el modo de utilización «calor» por sectores y estaciones climatológicas mostrando, como es lógico, que el invierno es la estación en la que se utiliza mayor número de bombas, con un total de 5.340.461 equipos.

Hay que señalar que, a pesar de que el sector de los hogares concentra el mayor número y potencia de bombas de calor instaladas, las mayores aportaciones en términos energéticos se localizan en el sector industrial, derivadas de una mayor utilización de los equipamientos.

Q _{usable} CALOR	Sectores				Total	N.º bombas usadas
	Hogar	Comercio-servicios	Industria	Actividades anexas al transporte		
Primavera	291,40	3.937,95	1.481,95	564,30	6.275,60	2.272.097
Verano	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Otoño	309,43	4.598,88	1.447,48	608,56	6.964,35	2.623.128
Invierno	1.498,92	9.953,77	4.672,58	1.525,75	17.651,02	5.340.461
Anual	2.099,75	18.490,60	7.602,01	2.698,61	30.890,98	5.808.162

Tabla 9: Q_{usable} del parque de bombas de calor por sectores (GWh_t).

4.8. Rendimiento medio estacional de las bombas de calor

Del parque de bombas anterior, 5.808.162, es necesario, de acuerdo con la Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013, considerar únicamente, de cara al cumplimiento de la Directiva 2009/28/EC de 23 de abril de 2009, las consideradas como bombas de calor que utilizan energía renovable. Esta desagregación se realiza por medio del parámetro SPF, factor de rendimiento medio estacional, que no se ha podido obtener a través de una medición directa al no existir medidores instalados en los hogares y establecimientos españoles que lo permitan. Ello ha llevado a la necesidad de estimar este valor partiendo del documento reconocido del Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE): «Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios». Así, el SPF se calcula multiplicando el COP nominal de cada bomba de calor obtenido en la encuesta por un Factor de Ponderación (FP) y por un Factor de Corrección (FC) según la siguiente fórmula:

$$\text{SPF} = \text{COP}_{\text{NOMINAL}} * \text{FP} * \text{FC}$$

Las hipótesis de partida para la determinación del Factor de Ponderación (FP) han sido:

1. Para las zonas climáticas A, B, C, D y E del Código Técnico de la Edificación (CTE) se asimiló cada provincia a su capital según el CTE.
2. Para la energía aerotérmica, se considera:
 - a) Equipo *Split*:
 - En hogar: menores de 5 kW de potencia.
 - Resto: menores de 12 kW de potencia.
 - b) Equipo centralizado: resto.
3. Para la energía geotérmica se considerarán todos los casos como instalaciones de circuito cerrado e intercambiador vertical.

Por su parte, el Factor de Corrección tiene en cuenta la diferencia entre la temperatura de distribución o uso y la temperatura para la cual se ha obtenido el COP en ensayos. En el caso de este estudio se considera que no existe diferencia alguna entre estas temperaturas (FC=1).

4.9. Parque y potencia de las bombas de calor consideradas renovables

Los criterios para que la energía suministrada a las bombas de calor pueda ser considerada de origen renovable quedan establecidos en la Directiva 2009/28/CE y detallados en la Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013. Básicamente estos criterios se pueden sintetizar en dos: que su SPF sea superior a 2,5 y que, adicionalmente, la bomba de calor sea utilizada como sistema de calefacción (figura 9).

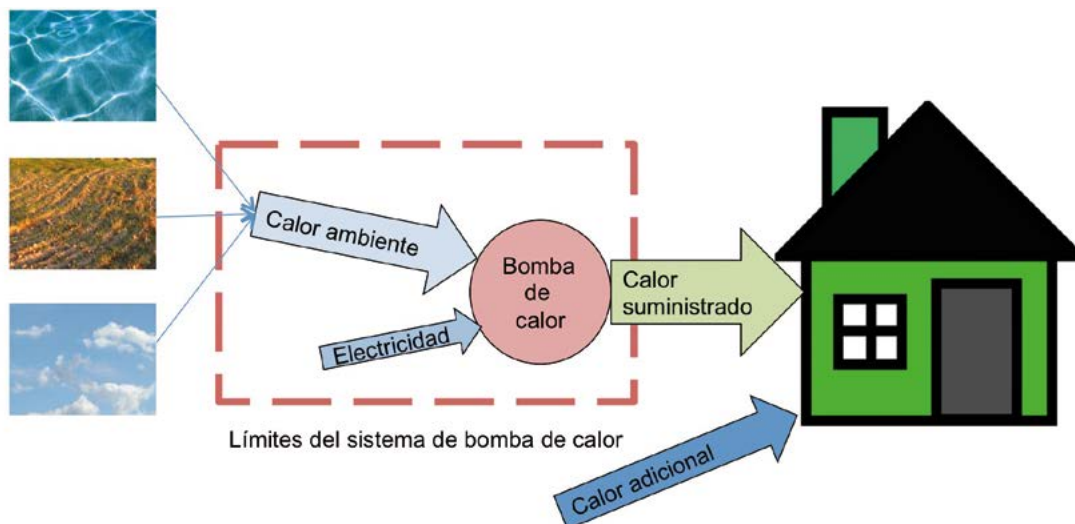


Figura 9. Límites del sistema de bomba de calor según la Directiva 2009/28/CE.

Aplicando el primero de los criterios, SPF mayor de 2,5, el parque de bombas de calor que puede ser considerado como renovable es de 4.159.368 unidades con una potencia asociada de 23.607 MW_p, (tabla 10).

ZONA CLIMÁTICA	Área	Sectores								Total	
		Hogar		Comercio-servicio		Industria		Actividades anexas al transporte			
		Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)	Número	Potencia (kWt)
Atlántico-Norte	Aerotérmica	144.536	888.785	34.784	904.620	19.141	200.415	2.989	67.863	201.450	2.061.682
	Geotérmica	0	0	7.454	137.619	0	0	0	0	7.454	137.619
	Hidrotérmica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Continental	Aerotérmica	1.875.655	9.492.830	44.615	327.957	43.380	2.379.766	3.731	46.004	1.967.382	12.246.557
	Geotérmica	0	0	624	26.989	466	39.558	0	0	1.090	66.547
	Hidrotérmica	0	0	0	0	699	1.980	0	0	699	1.980
Mediterránea	Aerotérmica	1.845.613	7.437.486	14.907	49.890	110.061	1.059.775	9.767	442.277	1.980.347	8.989.428
	Geotérmica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hidrotérmica	0	0	0	0	798	80.153	148	22.803	946	102.956
España	Aerotérmica	3.865.804	17.819.100	94.306	1.282.467	172.582	3.639.955	16.487	556.144	4.149.179	23.297.667
	Geotérmica	0	0	8.078	164.608	466	39.558	0	0	8.544	204.166
	Hidrotérmica	0	0	0	0	1.496	82.133	148	22.803	1.644	104.937
Total		3.865.804	17.819.100	102.384	1.447.075	174.545	3.761.647	16.635	578.947	4.159.368	23.606.769

Tabla 10. Parque y potencia de bombas de calor renovable.

Del total de estas bombas de calor renovables, los hogares concentran el 93% de unidades y el 75% de la potencia instalada. Le siguen en importancia el sector industrial, con un 4% de unidades y un 16% de la potencia, los comercios y servicios, con un 2% de unidades y un 6% de la potencia, y, finalmente, las actividades anexas al transporte con tan solo el 0,2% de unidades y un 2% de potencia.

Más del 90% de las unidades y de la potencia renovable de bombas de calor se concentra en las zonas climáticas Continental y Mediterránea. Por su parte, la zona Atlántico-Norte completa, con un 5% de las unidades y un 9% de la potencia instalada, la distribución geográfica de las bombas de calor renovable, superando la potencia instalada en comercios y servicios a la registrada en los hogares.

Aplicando a este parque de bombas renovables el requisito establecido por la Directiva 2009/28/EC, relativa al fomento del uso de energía de fuentes renovables, de funcionar como sistema de calefacción, el parque de bombas disminuye hasta 1.916.159 unidades con una potencia asociada de 12.940 MW_t, (tabla 11).

Este parque está formado casi exclusivamente por bombas de calor que utilizan la energía aerotérmica, siendo totalmente testimonial tanto el número de unidades como la potencia asociada del resto de fuentes energéticas renovables. Por otra parte, el 93% del parque y el 87% de la potencia se localizan en las zonas climáticas Continental y Mediterránea, siendo preponderante esta última en el número de unidades y la primera de ellas en términos de potencia instalada.

Por sectores, la mayor concentración de unidades se localiza en los hogares, con un 86%, lo que da lugar también a que este sea el sector preponderante en términos de potencia, con un 57%. Con menor número de unidades, aunque con potencias significativas, figuran industria y los comercios y servicios, con un 28 y 11%, respectivamente, de potencia instalada.

En resumen, hay un total de 1.916.159 bombas de calor, un 17 % del parque, que se utilizan como sistema de calefacción y cumplen con las especificaciones determinadas en la Decisión de la Comisión para ser consideradas como bombas de calor renovables. Estas bombas suman una potencia de 12,9 GW_t, disponiéndose adicionalmente de sus horas de funcionamiento durante 2014 (tabla 11).

SES	Área	Tipología	Sectores																	
			Hogar			Comercio-servicio			Industria			Actividades anexas al transporte			Total					
			Número	Potencia (kW)	Horas de funcionamiento año	Número	Potencia (kW)	Horas de funcionamiento año	Número	Potencia (kW)	Horas de funcionamiento año	Número	Potencia (kW)	Horas de funcionamiento año	Número	Potencia (kW)	Horas de funcionamiento año			
Atlántico-Norte	Aerotérmica	Aire-Aire	77.827	543.010	508	17.392	593.059	906	18.343	187.654	434	1.983	37.524	1.193	115.545	1.361.247	959			
		Aire-Agua	0	0	0	9.938	177.396	663	0	0	0	89	3.600	3.276	10.027	180.996	1.783			
		Aire de salida-Aire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Aire de salida-Agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Geotérmica	Ns/Nc	0	0	0	2.485	54.660	3.180	0	0	0	0	0	0	2.485	54.660	3.180			
		Tierra-Aire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		Tierra-Agua	0	0	0	4.969	95.133	2.576	0	0	0	0	0	0	4.969	95.133	2.576			
	Hidrotérmica	Ns/Nc	0	0	0	2.485	42.486	1.800	0	0	0	0	0	0	2.485	42.486	1.800			
		Agua-Aire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		Agua-Agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Continental	Aerotérmica	Ns/Nc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		Aire-Aire	608.757	2.904.144	222	38.997	309.478	849	37.896	1.875.869	694	2.713	41.580	1.274	688.362	5.131.070	860			
		Aire-Agua	0	0	0	5.619	18.480	1.480	1.828	485.471	867	148	900	780	7.595	504.851	1.327			
		Aire de salida-Aire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Geotérmica	Aire de salida-Agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		Ns/Nc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		Tierra-Aire	0	0	0	0	0	0	233	932	800	0	0	0	233	932	800			
	Hidrotérmica	Tierra-Agua	0	0	0	416	23.431	1.358	466	39.558	800	0	0	0	882	62.989	1.079			
		Ns/Nc	0	0	0	208	3.559	240	0	0	0	0	0	0	208	3.559	240			
		Agua-Aire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Mediterránea	Aerotérmica	Agua-Agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		Ns/Nc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		Agua-Aire	0	0	0	0	0	0	466	1.235	1.188	0	0	0	466	1.235	1.188			
		Agua-Agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Geotérmica	Ns/Nc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		Tierra-Aire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		Tierra-Agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Hidrotérmica	Ns/Nc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
		Agua-Aire	0	0	0	0	0	0	798	80.153	900	0	0	0	798	80.153	900			
		Agua-Agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	22.803	3.590			
TOTAL	Ns/Nc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
		1.642.745	7.349.513	175	97.415	1.367.569	1.019	162.913	3.684.390	640	13.086	588.706	946	1.916.159	12.940.178	762				

Tabla 11: Parque, potencia y utilización de las bombas de calor renovable en modo calefacción.

5 Conclusiones

La realización de la presente investigación permite dar respuesta a los objetivos informativos planteados al inicio del trabajo. En concreto, las principales conclusiones se dividen en apartados, de manera que estos sean esclarecedores de los resultados del estudio:

- La estimación numérica que resulta del estudio llevado a cabo para el parque español de bombas de calor, alcanza un total de 11.971.823 equipos, implantados en un total de 7.354.001 hogares y establecimientos (34% del total en España).
- Del total de bombas de calor estimadas, 622.099 tienen uso de solamente frío (5%). Esto quiere decir que 11.349.724 bombas de calor tienen funcionalidad de uso de calor y de frío, lo que supone una potencia térmica instalada de 77.673.235 kW_t, con un COP promedio de 3,51.
- Aplicando los criterios que la Directiva 2009/28/CE establece, y que la Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 detalla, para que la energía utilizada por la bomba de calor pueda ser considerada renovable, básicamente que su SPF sea superior a 2,5 y que, adicionalmente, la bomba de calor sea utilizada como sistema de calefacción, el parque de bombas de calor renovable alcanza 1.916.159 unidades con una potencia asociada de 12.940 MW_t.
- La energía aerotérmica utilizada como fuente de calor en bombas de calor reversible es la predominante dentro de este parque de bombas de calor.
- El 93% del parque y el 87% de la potencia se localizan en las zonas climáticas Continental y Mediterránea
- La mayor concentración de unidades se localiza en los hogares, 86%, lo que da lugar también a que este sea el sector preponderante en términos de potencia, 57%.
- Con menor número de unidades, aunque con potencias significativas figuran industria y los comercios y servicios, con un 28% y un 11%, respectivamente, de potencia instalada.

6 Glosario

- **COP**: coeficiente de prestación (*Coefficient of performance*).
- **SPF**: factor de rendimiento medio estacional (*Seasonal performance factor*).
- **SPER_{net}**: relación estacional neta de energía primaria en modo activo (*Net seasonal primary energy ratio in active mode*).
- **Q_{usable}**: calor útil total estimado proporcionado por bombas de calor (*Estimated total usable heat delivered by heat pumps*) expresado en GWh.



IDAE, Calle Madera, 8, E-28004, Madrid, Tel.: 91 456 49 00
Fax: 91 523 04 14, email: comunicacion@idae.es // www.idae.es

