

CUÁNTA energía renovable genera una Bomba de Calor.

Las Bombas de Calor (BdC) son las que pueden aprovechar la energía ambiente (aerotérmica e hidrotérmica) y geotérmica a muy baja temperatura en todas sus tipologías y por tanto pueden «capturar» energía renovable. Cuando la energía capturada es poca, comparada con la que consumen, no se considera que sea una BdC renovable. Saber si es o no renovable lo hemos explicado en el artículo «**Cuándo las Bombas de Calor son renovables**», ahora explicaremos cómo calcular cuánta energía renovable generan.

1. Directrices Europeas.

La directiva 2018/2001 del parlamento europeo y del consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al «fomento de del uso de energía procedente de fuentes renovables» (versión refundida); en el artículo 5 «Cálculo de la cuota de energía procedente de fuentes renovables» en el tercer párrafo del punto 3 dice¹:

«3. [...] La energía ambiente y la energía geotérmica utilizadas para calefacción y refrigeración mediante bombas de calor y sistemas urbanos de refrigeración se tendrá en cuenta a efectos del apartado 1, párrafo primero, letra b), siempre que la producción final de energía supere de forma significativa el insumo de energía primaria necesaria para impulsar la bomba de calor. **La cantidad de calor o de frío que se ha de considerar como energía procedente de fuentes renovables a efectos de la presente Directiva se calculará de conformidad con la metodología establecida en el anexo VII y tendrá en cuenta el uso de energía en todos los sectores de uso final.**»

Insertamos aquí el Anexo VII de la directiva citada.

«Balance energético de las bombas de calor

La cantidad de energía aerotérmica, geotérmica o hidrotérmica capturada por bombas de calor que debe considerarse energía procedente de fuentes renovables a los efectos de la presente Directiva, E_{RES} , se calculará de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$E_{RES} = Q_{usable} \times (1 - 1/SPF)$$

¹ El artículo 7º de la directiva se refiere al cálculo de la cuota de energía procedente de fuentes renovables de cada estado miembro, de modo que el consumo final bruto de energía procedente de fuentes renovables será la suma de los tres apartados siguientes: consumo final bruto de electricidad procedente de fuentes de energía renovables, consumo final bruto de energía procedente de fuentes renovables en el sector de calefacción y refrigeración y el consumo final de energía procedente de fuentes renovables en el sector del transporte. Es nuestro entender que si se contabiliza como cuota del estado miembro, debe contabilizarse individualmente también para consumidor la energía la energía procedente de fuentes renovables para la calefacción y refrigeración.

siendo:

Q_{usable} = el calor útil total estimado proporcionado por bombas de calor conformes a los criterios mencionados en el artículo 7, apartado 4, con la siguiente restricción: solo se tendrán en cuenta las bombas de calor para las que $SPF > 1,15 * 1/\eta$.

SPF = el factor de rendimiento medio estacional estimativo para dichas bombas de calor.

H = el cociente entre la producción total bruta de electricidad y el consumo primario de energía para la producción de electricidad, y se calculará como una media de la Unión basada en datos de Eurostat. »

Para cumplir lo anterior, recordemos que es una refundición de directivas previas, el Diario Oficial de la Unión Europea publica una decisión de la comisión (2013/114/UE) con fecha 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, conforme a lo dispuesto en el artículo 5 de la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo».

En dicha decisión se definen las directrices para el cálculo por los Estados miembros de la energía renovable procedente de las bombas de calor de diferentes tecnologías. Establece, a falta de datos más actualizados, que **el SPF mínimo que debe considerarse como renovable es de 2,5 si utilizan la energía eléctrica para su funcionamiento y 1,15 en el resto de los casos.**

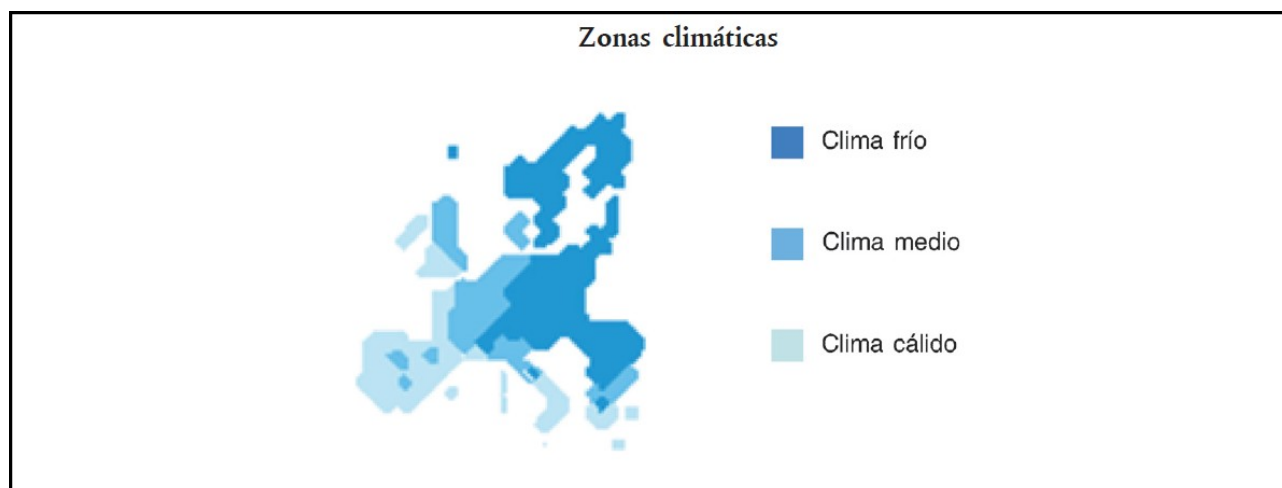
La propia decisión, mediante tablas, determina el valor de SPF en función del clima, de la fuente energética de la BdC y del medio de distribución.

Para el caso de alimentadas con energía eléctrica.

ENERGÍA ELÉCTRICA		Clima más cálido		Clima medio		Clima más frío	
Fuente energética de la Bomba de Calor	Fuente energética y medio de distribución	H_{HP}	$SPF (SCOP_{qhw})$	H_{HP}	$SPF (SCOP_{qhw})$	H_{HP}	$SPF (SCOP_{qhw})$
Energía Aerotérmica	Aire-Aire	1200	2,70	1770	2,60	1970	2,50
	Aire-Agua	1170	2,70	1640	2,60	1710	2,50
	Aire-Aire (reversible)	480	2,70	710	2,60	1970	2,50
	Aire-Agua (reversible)	470	2,70	660	2,60	1710	2,50
	Aire de Salida-Aire	760	2,70	660	2,60	600	2,50
	Aire de Salida-Agua	760	2,70	660	2,60	600	2,50
Energía Geotérmica	Tierra-Aire	1340	3,20	2070	3,20	2470	3,20
	Tierra-Agua	1340	3,50	2070	3,50	2740	3,50
Calor Hidrotérmico	Agua-Aire	1340	3,20	2070	3,20	2740	3,20
	Agua-Agua	1340	3,50	2070	3,50	2740	3,50

Hemos recogido solo las Bdc eléctricas, y de éstas hemos resaltado las tres más habituales en residencial: aerotérmica de aire-agua reversible o no y la geotérmica de tierra-agua.

El tipo de clima se puede obtener de la ilustración siguiente de la misma decisión:



En el mapa, que no es muy detallado, a España le corresponden dos climas: el cálido y el medio.

La tabla también aporta el valor H_{HP} , que son las horas equivalentes a plena carga de la Bdc. Este parámetro es necesario para determinar el calor útil total estimado proporcionado por la Bdc (Q_{usable}) en kWh, de acuerdo a la siguiente fórmula recogida en la directiva:

$$Q_{usable} = H_{HP} \times P_{rated}$$

Siendo:

P_{rated} Potencia de las bombas de calor instaladas. Cuando sean más de una Bdc debe considerarse la potencia y el tiempo de uso de cada una. En la decisión Europea viene un ejemplo de cálculo.

H_{HP} Horas equivalentes de funcionamiento a plena carga.

Dicho de otro modo, el valor de Q_{usable} es la cantidad de energía útil que la Bdc suministra al edificio.

Por supuesto, tanto **el valor de SPF como H_{HP} son valores estadísticos del parque de cada tipo de las Bdc instaladas en cada zona climática y por eso cada país debe realizar su propio estudio para obtener valores más ajustados. Incluso un mismo modelo de Bdc tendrá un SPF y H_{HP} diferente dependiendo de la zona climática y del perfil de uso del edificio.**

Ejemplo de aplicación:

En la costa atlántica de Francia, disponemos una BdC aerotérmica de Aire-Agua alimentada con energía eléctrica con una potencia nominal de calor de 7,50 kW. Se pretende determinar la energía renovable que captura.

En costa atlántica de Francia, estamos en el clima cálido. Entrando en la tabla obtendríamos un SPF de 2,70 y H_{HP} de 1.170 horas. Al ser el SPF superior a 2,50 se trata de una BdC renovable y por tanto podemos considerar la energía renovable que genera.

Hallamos el calor útil generado por la BdC (Q_{usable})

$$Q_{usable} = 1.750 \times 7,50 = 8.775 \text{ kWh}$$

La cantidad de energía capturada por la BdC será:

$$E_{RES} = Q_{usable} \times (1 - 1/SPF)$$

$$E_{RES} = 8.775 \times (1 - 1/2,70) = 5.525 \text{ kWh}$$

La fórmula de E_{RES} es muy fácil de explicar utilizando el ejemplo anterior. Esta BdC aporta un total de 8.775 kWh de energía al edificio que acondiciona y siendo el SPF de 2,7 consume una energía total de:

$$E_{cons} = \frac{E_{\text{útil}}}{SPF} = \frac{8.775 \text{ kWh}}{2,70} = 3.250 \text{ kWh}$$

Por tanto, la diferencia entre la energía que aporta y la energía que consume será la energía gratis que genera, la energía renovable.

$$E_{RES} = (8.775 \text{ kWh} - 3.250 \text{ kWh}) = 5,525 \text{ kWh}$$

Si esta operación la desarrollamos sin números, tendremos:

$$E_{RES} = (Q_{usable} - \frac{Q_{usable}}{SPF}) = Q_{usable} \times (1 - 1/SPF)$$

Que es la fórmula de partida.

2. Normativa Española.

En España, mediante el documento reconocido «*Síntesis del Estudio Parque de Bombas de Calor en España*», publicado por IDAE (Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía) se definen los valores de H_{HP} para una sola tipología de BdC eléctrica: Aero-termia de Aire-Aire. Para otros tipos, al no disponer de estudios, debemos considerar los valores de H_{HP} de la decisión comentada anteriormente o tomar como equivalentes estos mismos.

Para hallar el valor de H_{HP} para las BdC Aire-Aire se definen tres zonas climáticas diferentes recogidas en el mapa siguiente:



Las zonas están perfectamente definidas por provincias en función de si es interior (sin costa) o de costa, y en éstas diferenciando entre la del atlántico y la del mediterráneo².

Los valores de H_{HP} están recogidos en la tabla siguiente³:

Zona climática	Horas de funcionamiento [H_{HP}]
Atlántico-norte	508
Continental	222
Mediterránea	110

Para la zona Atlántico-Norte, las horas obtenidas son parecidas a las de la decisión europea: 508 horas frente a las 480 horas. Pero para el resto de zonas climáticas la diferencia es muy importante. Al no disponer de valores para las otras tipologías, debemos utilizar los valores de H_{HP} recogidas en la decisión europea. Par la zona atlántica es posible que no

² La única particularidad es que toda la comunidad autónoma andaluza se considera dentro de la zona mediterránea.

³ Corresponde a residencial. Para el sector comercio-servicios, industria y transporte hay otros valores.

haya mucha diferencia⁴, pero para el resto de zonas es muy posible que el error sea importante.

Para facilitar el cálculo de la energía renovable generada, hemos elaborado la siguiente **tabla válida para todas las tipologías de BdC y todas las zonas climáticas**. Partiendo del SPF real, calculado con el procedimiento recogido en el artículo «*Cuándo las Bombas de Calor son renovables*», la potencia nominal [kW] de la BdC y las horas de funcionamiento a plena potencia H_{HP} , obtenemos los kWh de energía renovable que aporta.

Si sustituimos en la fórmula inicial:

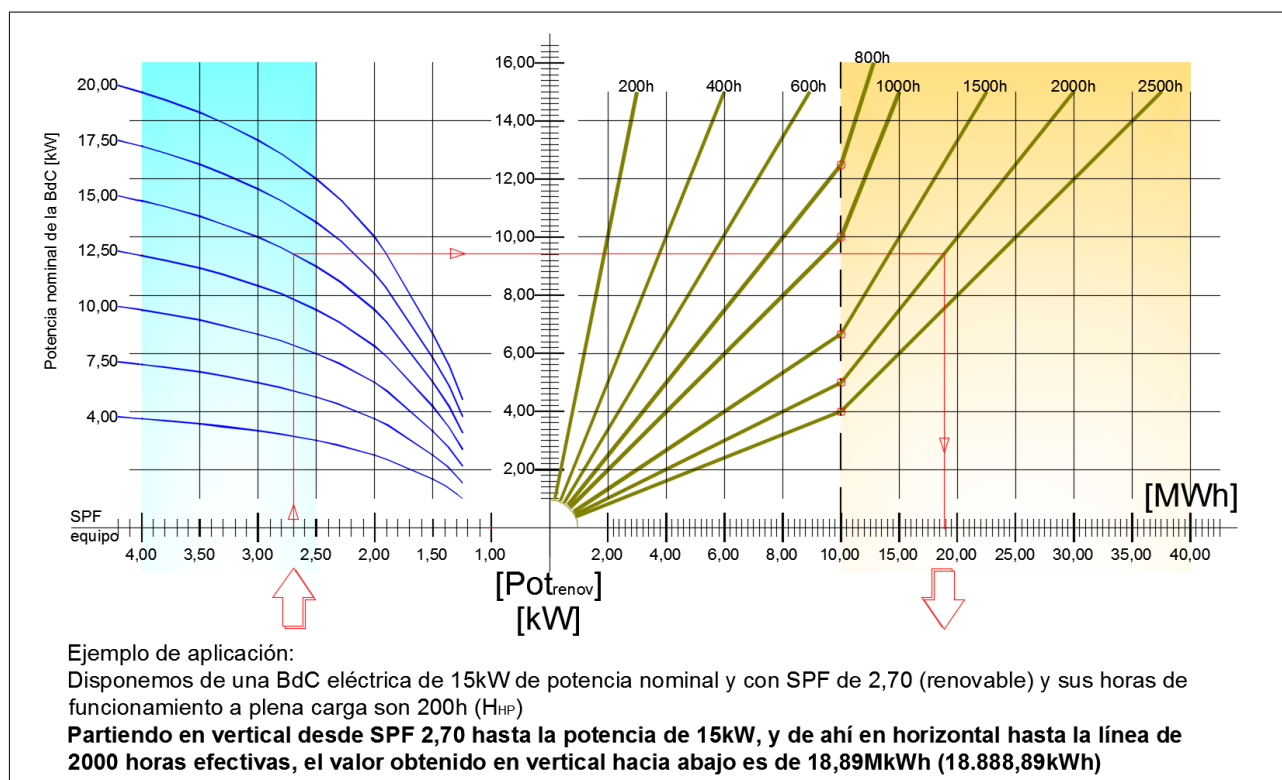
$$E_{RES} = H_{HP} \times P_{rated} \times (1 - 1/SPF)$$

Podemos dejar la fórmula como sigue

$$E_{RES} = H_{HP} \times Pot_{renov}$$

Siendo Pot_{renov} la potencia que se puede considerar como renovable de la bomba para las horas equivalentes a plena carga.

La tabla queda como sigue:

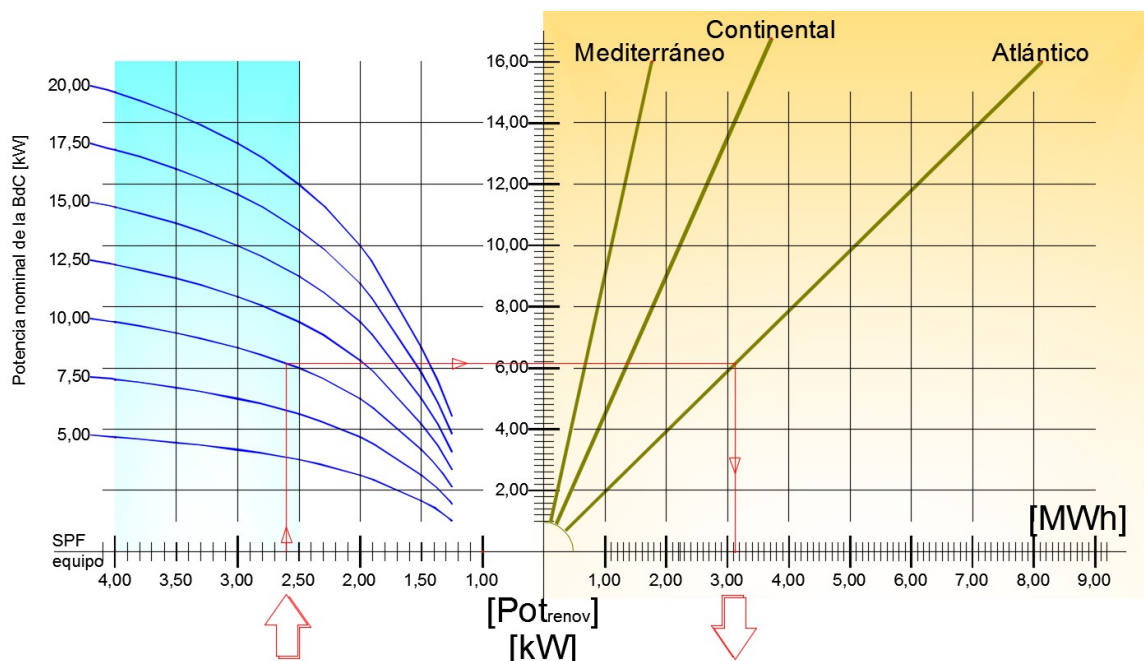


Gráfica de MWh de energía renovable de cualquier tipo de BdC

A partir de SPF 2,5 está sombreado ya que es el intervalo válido para las BdC eléctricas. Las curvas parábolicas corresponden a las potencias nominales de las BdC en kW.

⁴ Como las horas son similares para las Aire-Aire (480 y 508) se puede extrapolar que será similar para el resto de tipologías.

La misma tabla aplicada a España para las Bdc eléctricas de Aire-Aire, será:



Ejemplo de aplicación:

Disponemos de una Bdc eléctrica de 10kW de potencia nominal y con SPF de 2,60 (renovable) y en la zona Atlántica.

Partiendo en vertical desde SPF 2,60 hasta la potencia de 10kW, y de ahí en horizontal hasta la línea de zona Atlántica, el valor obtenido en vertical hacia abajo es de 3,13MkWh (3.126,15kWh)

Por ejemplo, para equipos de 10kW de potencia nominal, típicos de una vivienda, capturaríamos con una Bdc eléctrica (SPF=2,5) una cantidad de energía renovable que oscila desde 0,66 a 3,05 MWh.

3. Conclusión.

Ya sabemos cuánta energía renovable genera nuestra Bdc. ¿Para que nos sirve?

Nos sirve para generar energía renovable, conseguimos el mismo confort con un gasto menor de energía final y con los cambios de coeficientes de paso y de los programas de certificación, conseguimos con relativa facilidad una calificación «A» del edificio.

Pero conseguimos lo mismo aunque la Bdc no fuese renovable⁵.

La única ventaja está en que si se utiliza para la producción de ACS, es renovable y cumple las limitaciones de emisiones de CO₂ y consumo de energía primaria no renovable, ya comentado en artículos anteriores, podemos prescindir de los paneles solares.

Y no es fácil conseguir que cumpla las condiciones necesarias para prescindir de los paneles solares.

⁵ Además, dado el precio por kWh de energía eléctrica frente al gas natural, no siempre es un ahorro para el usuario final usar Bdc.