CUÁNTA energía renovable genera una Bomba de Calor.

Las Bombas de Calor (BdC) son las que pueden aprovechar las energías aerotérmica, geotérmica e hidrotérmica en todas sus tipologías y por tanto capturan 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.

La directiva 2009/28/CE del parlamento europeo y del consejo de 23 de abril de 2009 relativa al «fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables»; en el cuarto apartado del artículo 5 «Cálculo de la cuota de energía procedente de fuentes renovables» dice[1]:

*«4. […] **La cantidad de calor 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**. […].»*

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:

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

siendo:

*Q_{usable} = el calor útil total estimado proporcionado por bombas de calor conformes a los criterios mencionados en el artículo 5, apartado 4, aplicada como sigue: solo se tendrán en cuenta las bombas de calor para las que SPF > 1,15 * 1/η.*

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

Para determinar E_{RES} cada estado miembro debe aportar el valor de Q_{usable} y SPF específico y antes del 1 de enero de 2013 la Comisión establecerá las directrices para que los Estados miembros estimen dichos valores.

Para cumplir lo anterior, en 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

1 El artículo 5º 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 de fuentes de energía renovable, **consumo final bruto de energía procedente de fuentes renovables para la calefacción y la refrigeración** y el consumo final de energía procedentes 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 nergía la energía procedente de fuentes renovables para la calefacción y refrigeración.

Este artículo es de libre difusión, pero agradeceríamos que realizases una cita de este tipo:
«Artículo escrito por Juam Ferreiro de *Galería Independiente S.L.*
www.galeriaindependiente.com»

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 (SCOPqhw)	H_{HP}	spf (SCOPqh.)	H_{HP}	spf (SCOPq)
Energía aerotérmica	Aire-Aire	1 200	2.70	1 770	2.60	1 970	2.50
	Aire-Agua	1 170	2.70	1 640	2.60	1 710	2.50
	Aire-Aire (reversible)	480	2.70	710	2.60	1 970	2.50
	Aire-Agua (reversible)	470	2.70	660	2.60	1 710	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	1 340	3.20	2 070	3.20	2 470	3.20
	Tierra-Agua	1 340	3.50	2 070	3.50	2 470	3.50
Calor hidrotérmico	Agua-Aire	1 340	3.20	2 070	3.20	2 470	3.20
	Agua-Agua	1 340	3.50	2 070	3.50	2 470	3.50

Ilustración 1: Valores de SPF y H_{HP} para BdC eléctricas.

Para el caso de alimentadas con energía térmica.

ENERGÍA TÉRMICA		Clima más cálido		Clima medio		Clima más frío	
Fuente energética de la bomba de calor:	Fuente energética y medio de distribución	H_{HP}	SPF (SPERne.)	H_{HP}	SPF (SPERne.)	H_{HP}	SPF (SPERne.)
Energía aerotérmica	Aire-Aire	1 200	1.20	1 770	1.20	1 970	1.15
	Aire-Agua	1 170	1.20	1 640	1.20	1 710	1.15
	Aire-Aire (reversible)	480	1.20	710	1.20	1 970	1.15
	Aire-Agua (reversible)	470	1.20	660	1.20	1 710	1.15
	Aire de salida-Aire	760	1.20	660	1.20	600	1.15
	Aire de salida-Agua	760	1.20	660	1.20	600	1.15
Energía geotérmica	Tierra -Aire	1 340	1.40	2 070	1.40	2 470	1.40
	Tierra-Agua	1 340	1.60	2 070	1.60	2 470	1.60
Calor hidrotérmico	Agua-Aire	1 340	1.40	2 070	1.40	2 470	1.40
	Agua-Agua	1 340	1.60	2 070	1.60	2 470	1.60

Ilustración 2: Valores de SPF y H_{HP} para BdC NO eléctricas.

Hemos resaltado las tres más habituales en residencial: aerotérmica de aire-agua reversible o no y la geotermica de tierra-agua.

Este artículo es de libre difusión, pero agradeceríamos que realizases una cita de este tipo:
«Artículo escrito por Juam Ferreiro de *Galería Independiente S.L.*
www.galeriaindependiente.com»

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

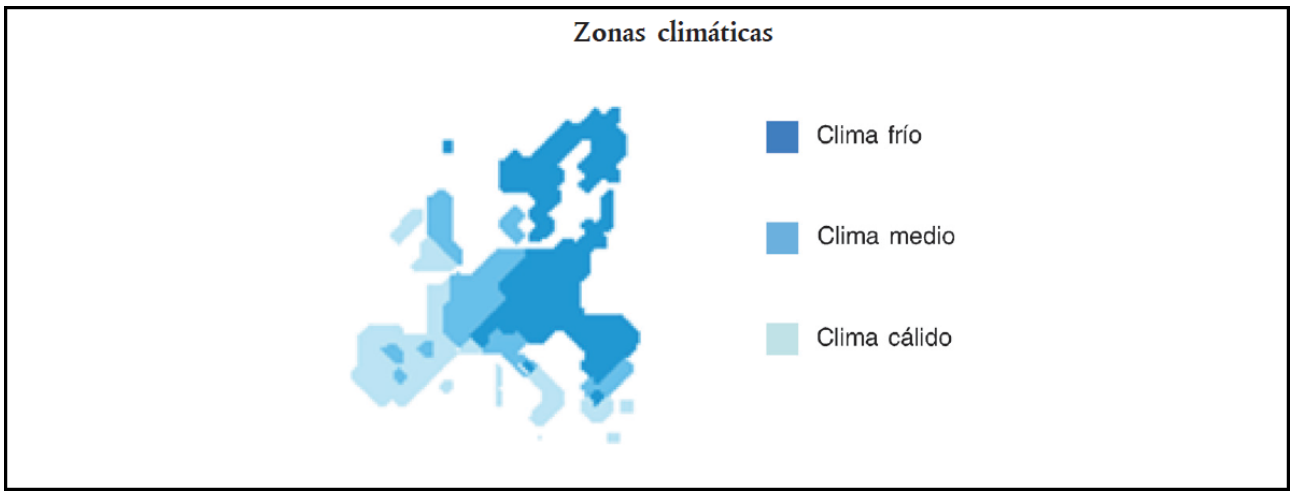

Ilustración 3: Mapa Europeo de las zonas climáticas

El mapa 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:

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

Este artículo es de libre difusión, pero agradeceríamos que realizases una cita de este tipo:
«Artículo escrito por Juam Ferreiro de *Galería Independiente S.L.*
www.galeriaindependiente.com»

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})

$$Q_{usable} = 1.170 \times 7{,}50 = 8.775kWh$$

La cantidad de energía capturada por la BdC será:

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

$$E_{RES} = 8.775 \times (1 - 1/2{,}7) = 5.525kWh$$

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

$$E_{cons} = \frac{E_{útil}}{SPF} = \frac{8.775kWh}{2{,}7} = 3.250kWh$$

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

$$E_{RES} = (8.775kWh - 3.250kWh) = 5.525kWh$$

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.

Como reflexión personal sobre la fórmula anterior, realicemos una comparativa entre BdC eléctrica y de gas (NO eléctrica): Tomemos el caso de una BdC eléctrica que cumpla estrictamente la condición de renovable (SPF=2,5), esto supone que de toda la energía suministrada al menos el 60% debe ser renovable.

$$\%E_{RES} = (1 - 1/SPF) \times 100$$

$$\%E_{RES} = (1 - 1/2{,}5) \times 100 = 60\%$$

En el caso de una BdC a gas renovable (motor de combustión y con SPF=1,15) basta solo que el 13% de la energía suministrada será renovable. ¿?.

$$\%E_{RES} = (1 - 1/1{,}15) \times 100 = 13\%$$

Este artículo es de libre difusión, pero agradeceríamos que realizases una cita de este tipo:
«Artículo escrito por Juam Ferreiro de *Galería Independiente S.L.*
www.galeriaindependiente.com»

Es decir, para que una BdC eléctrica pueda ser considerada renovable, debe generar 4,60 (el 60% frente al 13% de energía renovable) veces más energía gratuita que una BdC no eléctrica renovable.¿?.

Si además consideramos que Europa, y España en particular, importa los combustibles fósiles, nos resulta difícil justificar esa deferencia con una energía no renovable de la que Europa no dispone. Si añadimos que en España el 40,60% de la producción eléctrica tiene su origen en fuentes renovables[2] no parece muy acertado beneficiar las tecnologías basadas en combustibles fósiles.

Si hacemos la misma comparativa con el consumo de energía primaria y los coeficientes de paso actuales, también las BdC eléctricas salen perjudicadas. El coeficiente de paso de Energía Final (EF) a Energía Primaria No Renovable (EPnr) de la electricidad es de 1,954 kWhEP/kWhEF y el del gas natural es 1,190 kWhEP/kWhEF, por lo que para que sea renovable una BdC eléctrica debe consumir respecto a una BdC de combustión a gas natural menos del 75%. ¿?.

Es decir, que las BdC de combustión, no eléctricas, están muy beneficiadas por esta decisión sin que llegue a entender la razón. Pero ese es otro tema diferente del que nos ocupa ahora. Sigamos: ya sabemos calcular la energía renovable de las BdC en Europa.

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: **Aerotermica de Aire-Aire**. Para otros tipos, al no disponer de estudios, debemos considerar los valores de H_{HP} de la decisión comentada anteriormente.

Para hallar el valor de H_{HP} se definen tres zonas climáticas diferentes:

Ilustración 4: Mapa de zonas climáticas para BdC eléctricas de Aire-Aire

2 Dato obtenido de la documentación aportada por la compañía suministradora de energía eléctrica junto con la factura, en el apartado «Origen e impacto ambiental de la electricidad consumida».

Este artículo es de libre difusión, pero agradeceríamos que realizases una cita de este tipo:
«Artículo escrito por Juam Ferreiro de *Galería Independiente S.L.*
www.galeriaindependiente.com»

Las zonas están perfectamente definidas en función de si es interior (sin costa) o de costa, y en éstas diferenciando entre la del norte y la del sur. La única particularidad es que toda la comunidad autónoma andaluza se considera dentro de la zona climática mediterránea. Los valores de H_{HP} están recogidos en la tabla siguiente:

Valor de H_{HP} para Energía Aerotérmica eléctrica de Aire-Aire reversible en España.

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. A partir de esta tabla podemos asumir que en la zona Atlántico-Norte utilizar para el resto de tipologías de BdC los valores de H_{HP} de la decisión no supondrá un error importante pero para las zonas Continental y Mediterránea es muy posible que sí.

Para facilitar el cálculo de la energía renovable, 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 GWh de energía renovable que aporta.

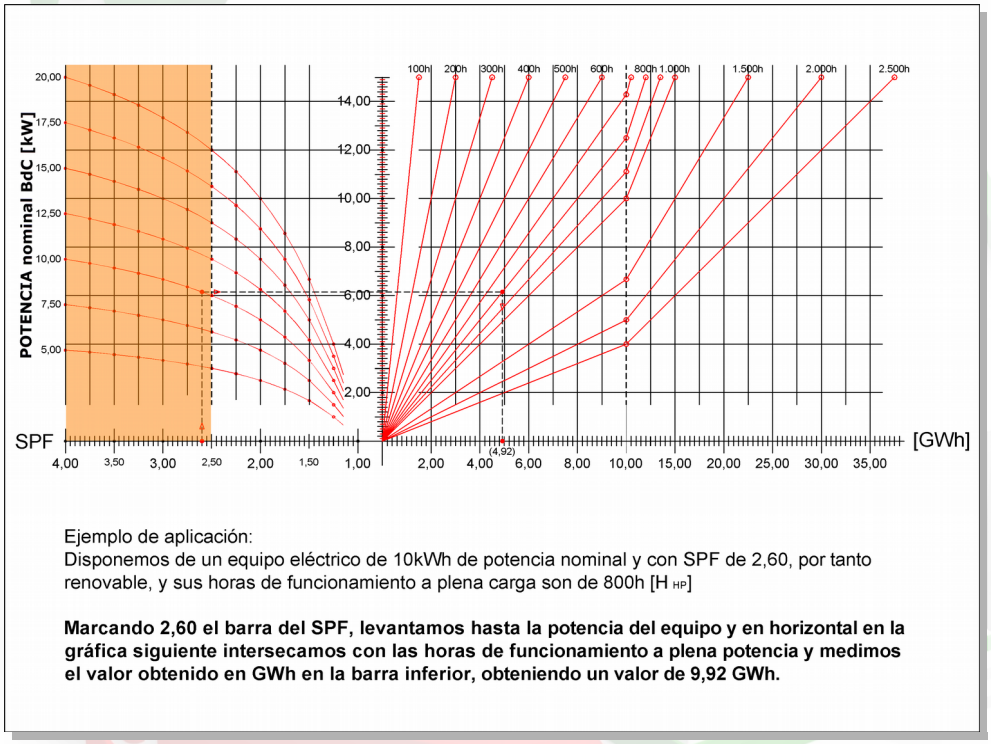

Ilustración 5: Gráfica de GWh de energía renovable de cualquier tipo de BdC

Este artículo es de libre difusión, pero agradeceríamos que realizases una cita de este tipo:
«Artículo escrito por Juam Ferreiro de *Galería Independiente S.L.*
www.galeriaindependiente.com»

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

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

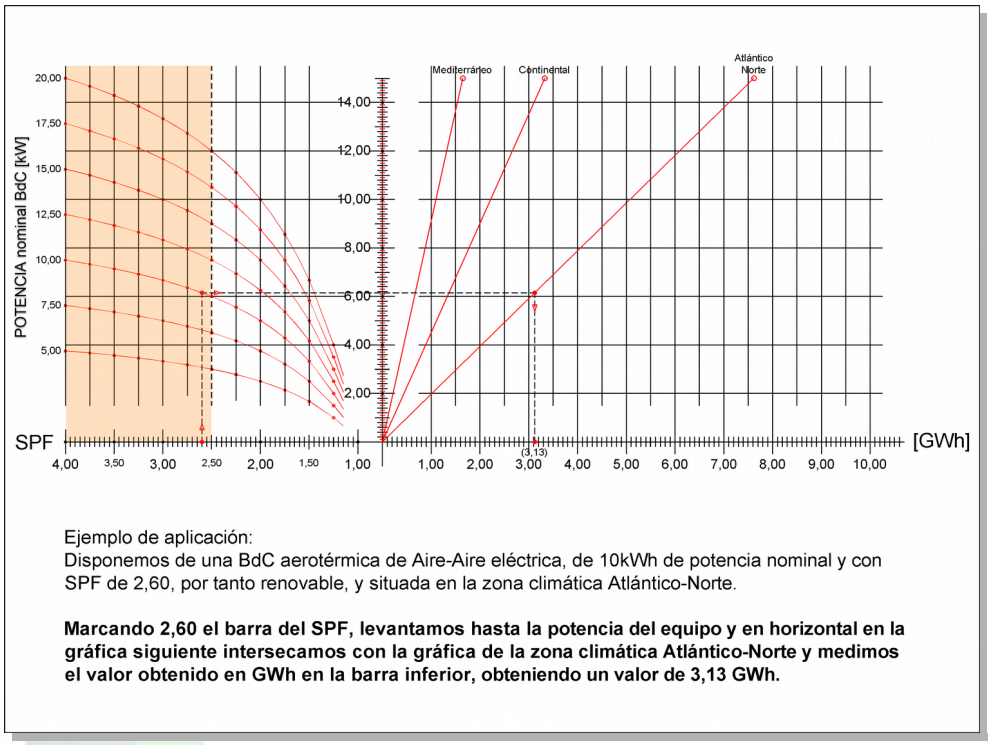

Ilustración 6: Gráfica de GWh de energía renovable de BdC eléctrica de Aire-Aire en España

Por ejemplo, para equipos de 10kW de potencia nominal, típicos de una vivienda, capturaríamos con una BdC eléctrica que cumpla estrictamente la condición de renovable (SPF=2,5) una cantidad de energía renovable que oscila desde 3,05GWh para la zona climática Atlántico-Norte, hasta 0,66GWh para la zona climática Mediterránea. Recordemos que esta gráfica (la española) solo es válida para BdC aerotérmicas eléctricas de Aire-Aire.

Bueno, ya sabemos la energía renovable que genera nuestra BdC, y ahora qué, **¿para que nos sirve?**. Sí, generamos energía renovable, pero pagamos lo mismo por la energía sea renovable o no. Sí, un poco menos por usar un equipo muy eficiente, pero igual que si no generásemos energía renovable. Entonces, ¿qué ventaja tenemos?. **La ventaja está en conseguir una calificación energética de nuestro edificio mejor, estar más próximos a la ansiada «A», al edificio de consumo casi nulo**. Pero, cómo consideramos esa energía para mejorar nuestra letra. Ese será el próximo artículo: «***CÓMO mejorar la calificación energética de un edificio con bombas de calor renovables.***»

Este artículo es de libre difusión, pero agradeceríamos que realizases una cita de este tipo:
«Artículo escrito por Juam Ferreiro de *Galería Independiente S.L.*
www.galeriaindependiente.com»