

# Aerothermia y Solar Fotovoltaica

Inversión segura, rentable, eficiente y económica,  
también en Rehabilitación

LA ENERGÍA DEL PRESENTE Y  
DEL FUTURO: BOMBA DE  
CALOR AMBIENTE CON APOYO  
DE ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA



## La energía del presente y del futuro: Bomba de Calor Ambiente con apoyo de Energía Solar Fotovoltaica.

### Objetivo

El objetivo de este documento técnico, es ofrecer un pequeño cuaderno técnico sobre las bombas de calor aire-agua, cuando tienen un carácter renovable, denominándose bombas de calor ambiente (hasta hace poco "aerotermia"), y contribuyen de manera notoria al cumplimiento de las exigencias de eficiencia energética establecidas por el marco normativo actual: RITE y CTE.

Hoy día no puede diseñarse una instalación térmica que sea eficiente sin una amplia contribución renovable sobre su producción térmica. Además, recientes modificaciones del RITE, con la modificación a través del RD 178/2021, y del CTE, a través del RD 732/2019, de 20 de diciembre (BOE 27/12/2019), establecen esta necesidad siempre vinculada a la eficiencia energética de la instalación térmica.

Por otro lado, la tecnología inverter y la mejora de los controles de los equipos proporcionan un alto confort térmico en la amplísima mayoría de los casos, a las personas, dotando incluso a las instalaciones de un excelente servicio de agua caliente sanitaria.

Es una fuente energética que permite atender tanto las demandas de calefacción, como de refrigeración que, junto con el servicio de ACS, mantienen una demanda energética casi constante a lo largo del año, lo que facilita el aprovechamiento de las altas prestaciones energéticas de los equipos, e incluso su hibridación o aprovechamiento de un eventual suministro de energía eléctrica renovable.

El aprovechamiento de energía eléctrica renovable a coste cero para el usuario, es una de sus grandes ventajas, especialmente en pequeñas instalaciones de autoconsumo. A diferencia de la energía eléctrica directa por efecto Joule (resistencias), las bombas de calor ambiente consiguen absorber calor de ambiente exterior incluso con bajas temperatura, para lo que se emplean refrigerantes respetuosos con el medio ambiente. Así todo el trabajo mecánico del equipo, más el calor absorbido del ambiente exterior es aprovechado para producir un calor renovable.

Finalmente, reseñar que las bombas de calor son unos de los sistemas de referencia propuestos por el RITE, pues presenta unos rendimientos altísimos, no comparables con los de una caldera de combustión. Si, además, se genera un consumo eléctrico que puede ser "financiado" por energía eléctrica fotovoltaica generada "in situ" en el propio edificio: ¿puede existir un sistema de aprovechamiento térmico mejor?

Un gran paso es utilizar una fuente energética renovable, si le unimos la opción de emplear energía eléctrica renovable...

Javier Ponce  
Gerente de FORMATEC  
Miembro del Comité Técnico de CNI Instaladores

# Contenido

Objetivo.....	2
Instalaciones Térmicas Actuales. Adiós a los combustibles fósiles.	4
Eficiencia Energética = Energía Renovable.....	6
¿Cuándo tiene consideración de energía renovable una bomba de calor aire-agua que toma la energía del aire exterior?.....	10
Rendimiento estacional de una bomba de calor ambiente .....	11
Energía renovable suministrada por la bomba de calor ambiente ..	6
Consumo de energía eléctrica de la bomba de calor .....	16
Aportación fotovoltaica.....	17
Conclusiones .....	20

## Instalaciones Térmicas Actuales. Adiós a los combustibles fósiles.

Una parte de la energía que utilicen las instalaciones técnicas de los edificios debe provenir de fuentes energéticas renovables, y además emplear sistemas de alta eficiencia.

Los edificios están cambiando a edificios de bajo consumo energético, donde se precisan generadores de baja potencia térmica. Además, se están fomentando sistemas de baja temperatura, pues se limitan las temperaturas de diseño de los sistemas de emisión de calor.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), para la década de 2021-2030, prevé y fomenta el uso de energías renovables que deberá triplicarse su porcentaje de contribución en la suma de fuentes energéticas, que pasará de un 16 a un 42 % sobre el total de fuentes energéticas. Además de un notable aumento de las medidas de eficiencia energética que permitan reducir notoriamente los consumos de las instalaciones.

Con la última revisión del RITE se introducen varios requisitos para las instalaciones térmicas con el fin de contribuir a las medidas de eficiencia energética incluidas en el



Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 para España así como en el Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica, lo cual, cuando corresponda, contribuirá al cumplimiento del objetivo de ahorro de energía final que establece el artículo 7 de la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010 y a los compromisos de reducción de emisiones de la Directiva (UE) 2016/2284 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos. La reducción prevista del

consumo de energía primaria es del 39,5 % en 2030, objetivo que se alcanzará mediante medidas propuestas en el plan, como la renovación del equipamiento residencial, el fomento de la eficiencia energética en la edificación del sector terciario y en equipos generadores de frío y grandes instalaciones de climatización del sector terciario e infraestructuras públicas, siendo el RITE fundamental en la consecución de estas.

La modificación del RITE, que entró en vigor a principios de julio de este año, adopta medidas que modifican algunos criterios que se venían adoptado por quizás una "mala praxis" del sector, en el que frecuentemente se "olvidaba" de la necesaria aportación renovable.

Debemos hacer un "reset" de situaciones anteriores y observar las prescripciones actuales de la normativa,

No existe eficiencia energética sin una contribución renovable

que va modificando ámbitos de actuación y detallando más criterios de diseño para que no queden muchos "resquicios" donde tengan cabida instalaciones alimentadas únicamente desde fuentes energéticas de origen fósil.

Deben aprovecharse las bombas de calor ambiente para emplearse en hibridación con instalaciones existentes y así poder mejorar la eficiencia energética de las mismas, al recibir una portación de calor de origen renovable.

Actualmente en los edificios en los que se reformen sus instalaciones, se deben proponer instalaciones de alta eficiencia energética. En su caso, se propondrá, y es una novedad del RITE que reza actualmente, el reemplazo de equipos alimentados por combustibles fósiles por otros que aprovechen la energía residual o que utilice energías renovables. Si la versión inicial del RITE estableció un límite al uso de energías tradicionales como el carbón, la última modificación del RITE ahonda un poco más sobre ello pues dice directamente que *"queda prohibida la utilización de combustibles sólidos de origen fósil en las instalaciones térmicas de los edificios de nueva construcción y en las instalaciones térmicas que se reformen en los edificios existentes."*

En edificios nuevos de potencia superior a 70 kW el proyectista deberá analizar entre las posibles alternativas de diseño realizando una comparación con sistemas que viables, tanto técnica, como medioambiental y económicamente, en función del clima, así como las características específicas del edificio y su entorno, como:

- a) *Sistemas de producción de energía basados en energías renovables.*
- b) *La cogeneración, en los edificios de servicios en los que se prevea una actividad ocupacional y funcional superior a las 4.000 horas al año, y cuya previsión de consumo energético tenga una relación estable entre la energía térmica (calor y frío) y la energía eléctrica consumida a lo largo de todo el periodo de ocupación.*
- c) *La conexión a una red de calefacción y/o refrigeración urbana cuando ésta exista previamente.*
- d) *La calefacción y refrigeración centralizada.*
- e) *Las bombas de calor.*
- f) *Las instalaciones climatización y agua caliente sanitaria pasiva.*

Así una bomba de calor ambiente que tenga consideración de energía renovable será una alternativa de diseño prioritaria al ser, además de estar citado expresamente, un sistema basado en una energía renovable.



*Bomba de Calor Ambiente*

## Energía renovable suministrada por la bomba de calor ambiente

En una bomba de calor, considerada como energía renovable ( $SPF > 2,5$ ), tendremos por tanto una parte de la energía total producida,  $Q_{usable}$ , considerada como energía renovable,  $E_{RES}$ .

Se calculará la aportación renovable  $E_{RES}$ , en kW según el Anexo VII de la Directiva (UE) 2018/2001:

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

Donde, **SPF** es el rendimiento medio estacional de la bomba de calor en las condiciones de trabajo para la climatología donde esté ubicada.

El valor SPF puede obtenerse a partir del **COP<sub>nominal</sub>**, aplicando los factores de corrección por zona climática, FP, y temperatura, FC, indicados en la Guía del IDAE, o bien disponer, certificado por el fabricante, del rendimiento estacional **SCOP<sub>net</sub>** para calefacción, según Norma EN 14825, o bien el **SCOP<sub>DHW</sub>** para ACS según Norma EN 16147:2017. Incluso calcular directamente los rendimientos estacionales para calefacción, **SCOP<sub>s</sub>**, o en modo producción de ACS, **SCOP<sub>DHW</sub>**, empleando los valores de las fichas de producto que ofrecen los fabricantes, según Reglamentos Delegados UE nº 811/2013, y nº 812/2013.

### Ejemplo cálculo Energía Renovable suministrada por una bomba de calor.

Calcular la energía renovable que suministra una bomba de calor que tiene un rendimiento estacional  $SCOP_{net} = 3,5$  según UNE EN 14825.

La energía total suministrada por la bomba de calor,  $Q_{usable}$ , es de 6050 kWh anuales.

Solución:

$$E_{RES} = 6050 \times \left(1 - \frac{1}{3,5}\right) = 4321 \text{ kWh}$$

Para el cálculo del SPF se deberá considerar como temperatura de producción 60 °C. Lógicamente se podrá optar por una temperatura menor, siempre que la instalación diseñada cumpla con el Real Decreto 865/2013 sobre Criterios Higiénico-Sanitarios para Prevención y Control de la Legionelosis.

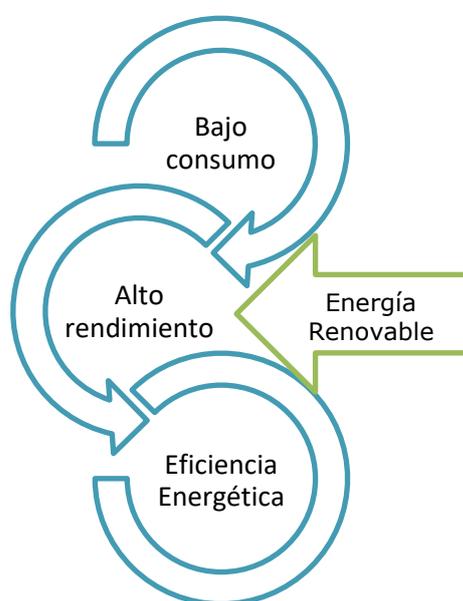
La Guía Técnica del RITE sobre Prestaciones Medias Estacionales de las Bombas de Calor, para producción de calor en edificios, establece que en ningún caso se permiten cálculos con temperatura de producción inferior a 45 °C.

El artículo 2, ámbito de aplicación, del RD 865/2003, establece que quedan excluidas del ámbito de aplicación de este real decreto las instalaciones ubicadas en edificios dedicados al uso exclusivo en vivienda.

## Eficiencia Energética = Energía Renovable

Es muy significativo que la última reforma del RITE (RD 178/2021) se ha impulsado la vinculación entre la eficiencia energética y el uso de energías renovables. Esto ha llevado a modificar los títulos de artículos e instrucciones técnicas como por ejemplo el título de la IT 1.2. anteriormente denominada Exigencia de Eficiencia Energética, y actualmente Exigencia de Eficiencia Energética y Energía Renovables y Residuales.

Por tanto, no se entiende la eficiencia energética sin el uso de energías renovables o bien, residuales.



*Ventajas de la Energía Ambiente*

El diseño de la instalación térmica es la parte más importante de sus fases. No podrá obtenerse un consumo energético bajo si el edificio no ha sido correctamente diseñado y necesita una demanda energética baja, o si su instalación térmica tiene un bajo rendimiento.

Así en el proyecto o memoria técnica, antes de que se inicie la construcción del edificio nuevo, se ha tener en cuenta las posibles alternativas de alta eficiencia. Por supuesto, en el caso de que estas estén disponibles. Así como la utilización de energías renovables.

Como hemos indicado anteriormente se deben ir reemplazando las fuentes de combustible fósil. Para ello, también las empresas mantenedoras que tienen una importante labor en el mantenimiento y mejora de la eficiencia energética de la instalación, deben asesorar a los titulares de las instalaciones fomentando el reemplazo de las calderas de combustibles fósiles existentes en su caso por alternativas como la utilización de energías renovables y el

aprovechamiento de energías residuales.

La Instrucción Técnica 1.2.4.6.1. del RITE actual establece que *"en los edificios nuevos o sometidos a reforma, con previsión de demanda térmica una parte de las necesidades energéticas derivadas de esa demanda se cubrirán mediante la incorporación de sistemas de aprovechamiento de calor renovable o residual"*.

Nos queda aprender a calcular la contribución renovable mínima que deberá cubrir una bomba de calor ambiente que tenga la consideración de energía renovable. Recordemos que una bomba de calor aire-agua tendrá consideración de energía renovable actualmente cuando su rendimiento estacional, SFP sea superior a 2,5.

La IT 1.2.4.6.1. establece que los sistemas de calor renovable se diseñarán para alcanzar, al menos:



*Variedad de potencia individual y en cascada*

- ✓ la contribución renovable mínima para agua caliente y para climatización de piscinas cubiertas establecidas en la sección HE4 del CTE, y,
- ✓ los valores límite de consumo de energía primaria no renovable de acuerdo con lo establecido en la sección HE0 del CTE. Se usarán los coeficientes de paso para la obtención de la energía primaria no renovable del Documento Reconocido para la aplicación del RITE.

Cada vez más el RITE se va alineando con el CTE, algo que es lógico, pues además es su documento HE2. Tanto en el Documento HE4, como en el RITE han ido desapareciendo la palabra energía solar térmica, o contribución solar, para citar energía renovable, o calor renovable. Y, actualmente, siendo la única fuente energética explicitada las bombas de calor, siempre que cumplan con el valor del rendimiento medio estacional SPF, en cumplimiento de las Directivas Europeas ( $SPF > 2,5$ ).

El RD 732/2019, de 20 de diciembre (BOE 27/12/2019), vino a cambiar la sección de Ahorro de Energía, HE, del CTE.

La sección HE4 del CTE pasa a denominarse:  
Contribución mínima de **energía renovable** para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.

Se aplicará en demandas de ACS superiores a 100 litros de ACS diarios a 60 °C. (La versión anterior del HE4 lo establecía para consumos superiores a 50 l/día). Veremos que el valor anterior se supera en viviendas de 3 o más dormitorios.

Otra novedad de la sección HE4 consiste en que la contribución renovable (antes denominada contribución solar) deja de depender de la zona de radiación solar para establecerse una contribución renovable mínima del:

- ✓ 70 % de la demanda energética anual para ACS a la temperatura de referencia de 60 °C, y, para la climatización de la piscina.
- ✓ 60 % para demandas energéticas anuales de ACS inferiores a 5000 litros diarios de ACS a la temperatura de referencia de 60 °C.

La demanda de ACS se obtendrá teniendo en cuenta el Anejo F del documento HE4 del CTE, y teniendo en cuenta las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación.

Dado que la contribución renovable, CR será:  $CR = \frac{E_{RES}}{Q_{usable}}$

Teniendo en cuenta que:  $E_{RES} = Q_{usable} \times \left(1 - \frac{1}{SPF}\right)$

Resulta que, la CR en base al SFP será de:  $CR = \frac{E_{RES}}{Q_{usable}} = 1 - \frac{1}{SPF}$

Observamos que, si SPF son 2,50 unidades, se obtiene una  $CR = 0,6 = 60 \%$ .  
Si SPF son 3,33 unidades, se obtiene una  $CR = 0,7 = 70 \%$ .

Por tanto, como primera aproximación, los SPF obtenidos anteriormente serán los rendimientos estacionales mínimos que deberán tener las bombas de calor para cumplir las exigencias del HE4 del CTE.

### Determinación de la Demanda de ACS

En el Anejo F de la Sección HE se establece el método estadístico para determinar el consumo total de ACS en base al uso del edificio.

Estas demandas son a una temperatura de referencia de 60 °C. Se puede calcular la demanda equivalente D(T) a otras temperaturas T, distintas de 60 °C, en función de la temperatura de agua de red, T<sub>AFS</sub>, aplicando:

$$D(T) = D(60) \frac{60 - T_{AFS}}{T - T_{AFS}}$$

En viviendas el número de personas lo estimaremos en función del número de dormitorios:

Nº dormitorios	1	2	3	4	5	6	>7
Nº personas	1,5	3	4	5	6	7	7

Además, en edificios de múltiples viviendas, se aplicará un coeficiente de simultaneidad, FC (factor de centralización), que dependerá del número, N, de viviendas.

Nº Viviendas	N ≤ 3	4 ≤ N ≤ 10	11 ≤ N ≤ 20	21 ≤ N ≤ 50	51 ≤ N ≤ 75	76 ≤ N ≤ 100	N ≥ 101
FC	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70

Una vez obtenido lo el consumo anual de un edificio de ACS a la temperatura de 60 °C, D (60), u otra equivalente, D(T), la energía útil, EU, consumida por el servicio de ACS aplicando:

$$EU \text{ (kWh)} = D (60) \times (60 - T_{AFS}) \times 1,16 / 1000$$

Donde, **D** (60) es el consumo anual en litros anuales de ACS a 60 °C, y el factor **1,16** es el calor específico del agua en Wh/l.°C. El valor de la temperatura del agua fría, **T<sub>AFS</sub>**, se tomará de la tabla del Anejo G de la sección HE del CTE.

Si la demanda D(T) se ha calculado con otra temperatura, T, distinta de 60 °C se aplica la misma expresión, para obtener la energía útil consumida, EU:

$$EU \text{ (kWh)} = D (T) \times (T - T_{AFS}) \times 1,16 / 1000$$

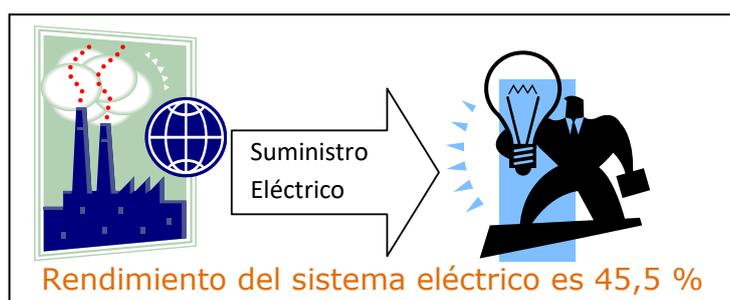
Demanda de referencia a 60 °C, D(60)		
Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio/Centro Salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colect.	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

## ¿Cuándo tiene consideración de energía renovable una bomba de calor aire-agua que toma la energía del aire exterior?

La Normativa Española (RITE y CTE) y europea (artículo 5 y anexo VII de la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables) consideran a la aerotermia (antigua definición de las bombas de calor ambiente) otra fuente renovable más siempre que ofrezca una potencia térmica suficientemente alta en comparación con la energía eléctrica consumida.

Desde la publicación de la Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 conocemos la ratio de eficiencia estacional, denominado SPF, que debe satisfacer la bomba de calor para ser considerada energía renovable.

### ¿Cuál es el origen del dato del SFP > 2,5?



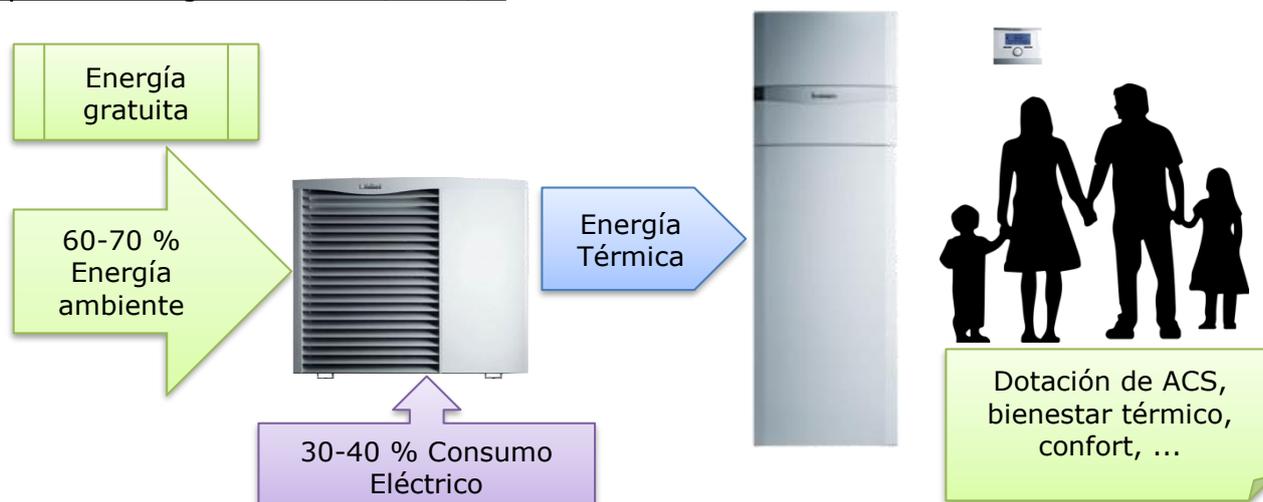
Según la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (energía ambiente, geotérmica e hidrotérmica, etc) capturada por las bombas de calor se considera como energía procedente de fuentes renovables, siempre que la

producción final de energía supere de forma significativa el consumo de energía primaria para impulsar la bomba de calor.

Esta Directiva establece en su anexo VII la metodología para obtener el rendimiento estacional, SPF, de las bombas para su consideración como energía renovable:

$$SFP > 1,15 \times 1/\eta$$

La Comisión Europea mediante la Decisión 2013/114/UE, fija el valor de eficiencia del sistema eléctrico en  $\eta = 0,455$  (45,5%). De lo que se deriva que el rendimiento estacional mínimo de corte de las bombas de calor accionadas eléctricamente, para que estas capturen energía renovable, es 2,5.





## Rendimiento estacional de una bomba de calor ambiente

Ciertamente una de las mejores alternativas para satisfacer la demanda térmica de un edificio es el empleo de bombas de calor aire-agua pues ofrecen buenas prestaciones a muy bajas temperaturas exteriores con un consumo eléctrico bajo.

La eficiencia de una bomba de calor se mide a través de la ratio del COP:

$$COP = \frac{\text{Potencia Calorífica Entregada}}{\text{Potencia Eléctrica Consumida}}$$

Que una bomba de calor ofrezca un COP = 4 significa que por cada kW de potencia eléctrica consumida la potencia térmica emitida es de 4 kW. Sería una caldera de un 400 % de rendimiento. Pero un rendimiento no debe utilizarse para valores superiores al 100 %, por ello se emplean números decimales, en base al consumo de la unidad.

Es decir, una bomba de calor ambiente con un COP de 4 unidades, consume 1 kW de potencia eléctrica, consiguiendo así absorber 3 kW del aire ambiente, y ceder una potencia calorífica de 4 kW que puede ser empleada para un sistema de calefacción, o de producción de ACS.

Los fabricantes ofrecen el dato del COP nominal en unas determinadas condiciones que deben venir indicadas, así como la Norma bajo la cual se ha obtenido.

	<p><b>Bomba de calor aire-agua</b>          Modelo: ...          COP A7-W35 = 4,60 (según EN 14511)          Potencia Calefacción = 4,1 kW (A7W35).          Potencia máxima absorbida = 0,89 kW</p>
---	--

### Ejemplo Información Técnica

En los datos anteriores observamos una eficiencia de 4,60 cuando la máquina está absorbiendo calor de un aire a 7 ° C e impulsando agua a 35 °C, (A7W35). En esas condiciones ofrece una potencia de 4,1 kW térmicos, absorbiendo una potencia eléctrica de 0,89 kW.

Pero una bomba de calor trabajará a distintas temperaturas exteriores, y puede requerir una temperatura de producción más alta o más baja que, por ejemplo, los 35 ° C citados en el ejemplo anterior. Por ello, los fabricantes ofrecen rendimientos medios de los equipos, denominados SCOP, ciertamente más interesantes. En cualquiera de los casos estos rendimientos deben venir referenciados a la Norma en base a la que se han obtenido. Normas que están armonizadas a nivel europeo.

Es la aerotermia (bomba de calor aire-agua) una fuente energética renovable que aprovecha el calor del aire exterior, para bombearlo hacia el interior de las viviendas, aprovechando la evaporación y condensación de un fluido frigorífico a distintas presiones. La Directiva 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, considera la energía ambiente como una fuente renovable. Pero debemos tener en cuenta que tiene un consumo eléctrico, y por tanto, debe conseguir esta energía renovable de un modo eficiente, es decir, con bajo consumo de electricidad.

Recordemos que necesitamos el dato del rendimiento medio estacional de la bomba de calor, denominado SPF en la citada Directiva.

Existen varios métodos para determinar este coeficiente estacional, SPF:

- *Aplicación de la Norma EN 14825:2012, donde el SFP para funcionamiento en modo de calefacción, se define como  $SCOP_{net}$ .*
- *Aplicación de la Norma EN 16147:2017, donde el SFP para funcionamiento en modo de producción de ACS, se define como  $SCOP_{dhw}$ .*
- *Aplicación de la información de los productos en su ficha de producto ofrecida en base al Reglamento Delegado (UE) nº 811/2013, y 812/2013 de la Comisión de 18 de febrero de 2013, el cual es de obligado cumplimiento para calentadores de agua con bomba de calor con potencia calorífica hasta 70 kW, que permite evaluar el  $SCOP_{net}$ , y  $SCOP_{dhw}$ , respectivamente.*
- *A partir del COP nominal indicado por el fabricante, realizar unas correcciones para determinar la eficiencia de la bomba de calor en las condiciones reales de trabajo en función de la zona climática, y la temperatura a la que se debe realizar la condensación, tal y como describe la Guía del IDAE Prestaciones Medias Estacionales de las Bombas de Calor para Producción de Calor, documento reconocido para la aplicación del RITE.*

Se debe considerar que la justificación documental que aporte el cálculo del SPF debe ser avalada mediante la **declaración de conformidad CE** realizada por el fabricante.

La Decisión 2013/114/UE de la Comisión de 1 de marzo de 2013, por la que se establecen 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, establece que el factor de rendimiento medio estacional estimativo, SFP, se refiere al coeficiente de rendimiento estacional en modo activo,  $SCOP_{net}$ , en el caso de bombas de calor accionadas eléctricamente.

Este rendimiento estacional en modo activo,  $SCOP_{net}$ , debe obtenerlo el fabricante de acuerdo con la norma EN 14825:2016 (ya está publicada la versión EN 14825:2018). Para equipos de producción de ACS, o equipos combinados (mixtos) el fabricante podrá ofrecer el dato del  $SCOP_{DHW}$ , obtenido en base a la EN 16147:2017.

La Norma UNE-EN 16147 considera el rendimiento medio estacional  $SCOP_{DHW}$  igual al rendimiento nominal  $COP_{DHW}$  cuando se ha realizado el ensayo según las especificaciones de la tabla 4 de la citada Norma en función de la zona climática y para una temperatura de preparación del ACS de 55 °C, desde una temperatura de agua de red de 10 °C.

Las condiciones del aire exterior (temperatura media) consideradas serán de:

- ✓ 13°C(BS) para el clima cálido europeo.
- ✓ 7 °C (BS) para el clima medio europeo.
- ✓ 2 °C (BS) para el clima frío europeo.

## Zonas climáticas europeas



Estas son las 3 zonas climáticas establecidas a nivel europeo: Helsinki (frío), Estrasburgo (medio), y Atenas (cálido). Con ello se armoniza la información que deben ofrecer todos los fabricantes de equipos.

En España podemos considerar, en general, que la mayoría del territorio nacional es zona cálido, salvo zonas del interior que más-menos corresponden con la zona climática E.

Incluso en España la temperatura exterior promedio de 14 °C puede resultar baja en muchas zonas. Por lo que realmente la eficiencia de la bomba de calor real sería algo superior a la declarada por el fabricante.

Otra opción de obtener el rendimiento estacional, SPF, de una bomba de calor a través de los valores ofrecidos en las fichas de producto según los Reglamentos UE nº 811/2013 y nº 812/2013.

Así utilizando sus anexos por los que se establecen procedimientos de medición y el método para calcular la eficiencia energética de caldeo de agua en calentadores de agua, o calentadores combinados (mixtos) con bomba de calor.



## Zonas climáticas a nivel nacional

Estos Reglamentos ofrecen datos como el rendimiento estacional del equipo en base al consumo de energía primaria:

- ✓ Eficiencia energética estacional de calefacción,  $\eta_s$ , en %.
- ✓ Eficiencia energética estacional de calentamiento de ACS,  $\eta_{wh}$ , en %.

La norma [UNE EN 16127: 2017](#) está armonizada con los Reglamentos Europeos, la relación que existe entre el  $SCOP_{DHW}$  y el  $\eta_{wh}$  es:

$$SCOP_{DHW} = \frac{\eta_{wh} \times AEC \times CC}{0,6 \times 366 \times Q_{ele}}$$

Donde,

- **SCOP<sub>DHW</sub>** es el coeficiente medio estacional del caldeo de agua en términos de energía final.
- **$\eta_{wh}$** , es la eficiencia energética estacional del caldeo de agua en términos de energía primaria, en %.
- **AEC**, es el consumo anual de un calentador de agua con el perfil declarado y en determinadas condiciones climáticas, expresado en kWh de energía final.
- **Q<sub>ele</sub>**, es el consumo de electricidad a lo largo de 24 horas consecutivas con el perfil de carga declarado y en determinadas condiciones climáticas, expresado en kWh de energía final.
- **CC**, es el coeficiente que refleja la eficiencia estimada de la generación media de electricidad de la UE del 40 % (0,4) contemplado en la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. ( $CC = 2,5 = 1 / 0,4$ ).

Estos valores pueden ser obtenidos de la ficha de producto exigida según los Anexo V del Reglamento UE nº 811, y del Reglamento UE nº 812.

La Norma [UNE-EN 14825](#) establece la relación entre el SCOP y la eficiencia energética estacional en calefacción,  $\eta_s$  :

$$SCOP = (\eta_s + 3 \%) \times CC$$

- **$\eta_s$** , es la eficiencia energética estacional de calefacción en términos de energía primaria, en %.
- **CC** = es el factor 2,5 relativo al rendimiento del sistema eléctrico, indicado anteriormente.

## Ejemplo Calefacción +ACS

El fabricante de una bomba de calor para producción de ACS y Calefacción nos facilita la ficha de producto del equipo combinado con acumulador de ACS integrado.

En la instalación se ha determinado la demanda de ACS de 2350 kWh, y la demanda de calefacción de 6050 kWh. Se desea conocer si el funcionamiento de la bomba de calor tiene consideración de energía renovable.

## Solución:

En primer lugar, se deben calcular los rendimientos estacionales en modo calefacción y producción de ACS, SFP. Con ello comprobaremos si tiene consideración de energía renovable en ambos.

Debemos extraer la información que precisamos en la ficha de producto. En primer lugar, los rendimientos estacionales para ambos servicios en términos de energía primaria:

- $\eta_s = 145 \%$  (calefacción).
- $\eta_{wh} = 146 \%$  (ACS).

Para calcular el SCOP en modo calefacción se aplica:

$$SCOP = (\eta_s + 3\%) \times CC$$

Dado que,  $CC = 2,5$  para el rendimiento estacional  $\eta_s = 145 \%$  se obtiene:

$$SCOP = \left( \frac{145 + 3}{100} \right) \times 2,5 = 3,7 = SPF \text{ (calefacción)}$$

Para obtener el SCOP para el servicio de ACS debemos aplicar:

$$SCOP_{DHW} = \frac{\eta_{wh} \times AEC \times CC}{0,6 \times 366 \times Q_{ele}}$$

Donde los factores a aplicar los tenemos en la ficha del producto:

- $\eta_{wh} = 146 \%$  = 1,46
- **AEC** = 754 kWh
- **Qele** = 3,428 kWh

Por tanto, el rendimiento estacional para el servicio de ACS será:

$$SCOP_{DHW} = \frac{1,46 \times 754 \times 2,5}{0,6 \times 366 \times 3,428} = 3,66 = SPF \text{ (ACS)}$$

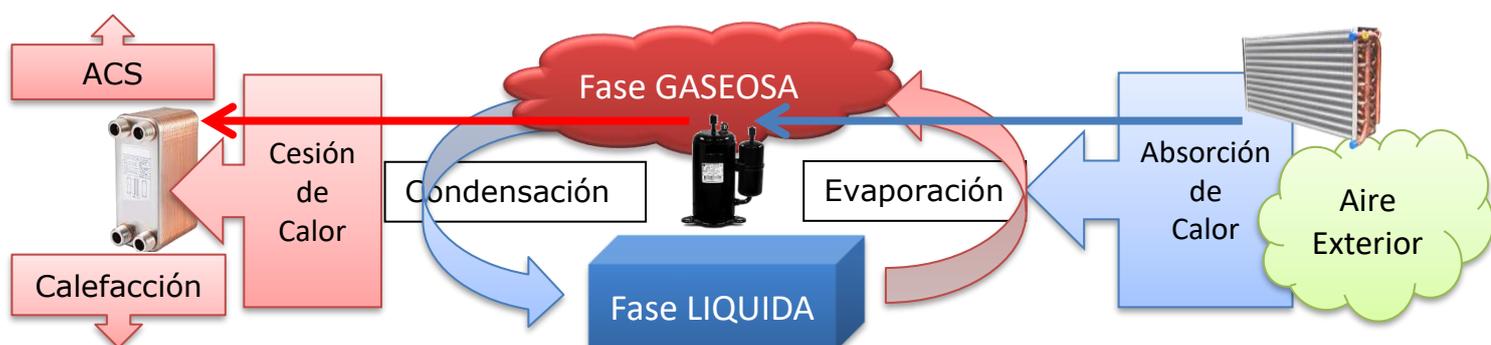
De esta forma, para ambos servicios (ACS y Calefacción), la bomba de calor aporta un calor renovable. Obtener la fracción renovable sería sencillo a partir de las demandas y los factores de eficiencia SPF obtenidos.

Ejemplo de ficha de producto según Reglamento 811/2013

Item	Symbol	Value	Unit	Item	Symbol	Value	Unit			
Rated heat output (*)	P <sub>rated</sub>	5.4	kW	Seasonal space heating energy efficiency	$\eta_s$	145	%			
Declared capacity for heating for part load at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature T <sub>j</sub>				Declared coefficient of performance or primary energy ratio for part load at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature T <sub>j</sub>						
T <sub>j</sub> = -7 °C	P <sub>dh</sub>	-	kW	T <sub>j</sub> = -7 °C	COP <sub>d</sub>	-	-			
Degradation co-efficient (**)	C <sub>dh</sub>	-	-	T <sub>j</sub> = +2 °C	COP <sub>d</sub>	2.02	-			
T <sub>j</sub> = +2 °C	P <sub>dh</sub>	4.5	kW	T <sub>j</sub> = +7 °C	COP <sub>d</sub>	3.01	-			
Degradation co-efficient (**)	C <sub>dh</sub>	0.90	-	T <sub>j</sub> = +12 °C	COP <sub>d</sub>	5.13	-			
T <sub>j</sub> = +7 °C	P <sub>dh</sub>	3.3	kW	T <sub>j</sub> = bivalent temperature	COP <sub>d</sub>	1.76	-			
Degradation co-efficient (**)	C <sub>dh</sub>	0.90	-	T <sub>j</sub> = operation limit temperature	COP <sub>d</sub>	1.40	-			
T <sub>j</sub> = +12 °C	P <sub>dh</sub>	1.7	kW	T <sub>j</sub> = -15 °C (if TOL < -20 °C)	COP <sub>d</sub>	-	-			
Degradation co-efficient (**)	C <sub>dh</sub>	0.90	-	Operation limit temperature	TOL	-15	°C			
T <sub>j</sub> = bivalent temperature	P <sub>dh</sub>	2.2	kW	Heating water operating limit temperature	WTOL	60	°C			
T <sub>j</sub> = operation limit temperature	P <sub>dh</sub>	2.5	kW	Supplementary heater						
T <sub>j</sub> = -15 °C (if TOL < -20 °C)	P <sub>dh</sub>	-	kW	Rated heat output (*)	P <sub>sup</sub>	0.0	kW			
Bivalent temperature	T <sub>biv</sub>	-7	°C	Type of energy input						
Power consumption in modes other than active mode				Other items						
Off mode	P <sub>off</sub>	0.005	kW	Capacity control	variable		Rated air flow rate, outdoors	-	1746	m <sup>3</sup> /h
Thermostat-off mode	P <sub>to</sub>	0.005	kW	Sound power level, indoors/outdoors	L <sub>WA</sub>	40/53	dBA			
Standby mode	P <sub>sb</sub>	0.005	kW	Annual energy consumption	Q <sub>AE</sub>	1920	kWh			
Crankcase heater mode	P <sub>ck</sub>	0.000	kW	For heat pump combination heater:						
Declared load profile				Water heating energy efficiency						
L				$\eta_{wh}$						
Daily electricity consumption	Q <sub>elec</sub>	3.428	kWh	146						
Annual electricity consumption	AEC	754	kWh	%						

## Consumo de energía eléctrica de la bomba de calor

Una bomba de calor es una máquina térmica que consume energía eléctrica para poder absorber calor del aire exterior.



*Bombeo de energía producido por el cambio de fase de un fluido refrigerante*

Así un refrigerante sometido a un ambiente exterior, incluso por debajo de 0 °C, podrá evaporarse y por tanto absorber calor del aire exterior frío de invierno en una batería de intercambio de energía, aire-refrigerante.

Pero para ceder calor deberá condensar. Para ello se le aumenta de presión, y así cederá su energía al agua en un intercambiador de calor, quedando el refrigerante en su estado inicial, y por tanto, preparado para iniciar otro ciclo de bombeo de energía, denominado ciclo frigorífico.

Tª de vaporización de algunos refrigerantes a 0 bar:

- R-32: -52 °C.
- R-410A: -51,5 °C.
- R-290: -42 °C

Presiones de los refrigerantes para una Tª de condensación de 50 °C:

- R-32: 30,4 bar (rel)
- R-410A: 29,6 bar (rel)
- R-290: 16,1 bar (rel)

Pero debe tenerse en cuenta que una bomba de calor tiene un compresor, el cual consume energía de una fuente energética cara, de un bajo rendimiento global y altas emisiones. Por tanto, la parte renovable deberá ser alta en comparación del consumo eléctrico (especialmente del compresor) necesario para que se produzca el bombeo de energía.

Recordemos que el rendimiento de una bomba de calor es su producción de calor entre su consumo eléctrico. Por tanto, si hemos determinado la energía que debe suministrar para producción térmica su consumo eléctrico será:

$$\text{Consumo eléctrico} = \frac{\text{Producción Térmica}}{\text{SPF}}$$

Para una correcta valoración del consumo de la instalación y la posible aportación de una instalación de energía eléctrica fotovoltaica, este cálculo debe realizarse mes a mes. Pues la producción de energía solar fotovoltaica no es la misma durante todo el año, y deberemos compararla mes a mes.

## Aportación fotovoltaica.

La energía fotovoltaica aprovecha la radiación solar transformándola en energía eléctrica en el propio edificio donde está instalada, como es el caso de la instalación fotovoltaica para autoconsumo del edificio.

Lógicamente el edificio deberá tener instalaciones técnicas que consuma electricidad para su aprovechamiento. Así una instalación térmica que tenga un consumo eléctrico como las bombas de calor aprovecharán esta energía eléctrica renovable y gratuita. En un edificio sin consumo eléctrico significativo no tiene sentido instalar una instalación fotovoltaica de autoconsumo.

Con una instalación térmica alimentada desde una bomba de calor ambiente tenemos un alto rendimiento para suministrar energía térmica para bienestar e higiene de las personas que lo ocupan, con un bajo consumo eléctrico que puede ser atendido por una pequeña instalación fotovoltaica de autoconsumo.

### ¿Qué es una pequeña instalación fotovoltaica de autoconsumo?

El autoconsumo eléctrico permite a cualquier persona producir y consumir su propia electricidad, generada in situ en su edificio. Para ello puede instalar paneles fotovoltaicos u otro sistema de producción eléctrica renovable.

Con ello, el titular abarata su factura eléctrica, pagando sólo por la electricidad que no produzca en su edificio.



*Ejemplo instalación fotovoltaica*

### ¿Ocupa espacio una instalación de autoconsumo?

No, pues actualmente no es necesario instalar baterías de acumulación eléctrica. Puede almacenarse el excedente en la red exterior y hacer uso de ella en los momentos que sea necesario gracias al sistema de compensación mensual de excedentes.

Sólo se precisan unos captadores, conductores eléctricos y un inversor eléctrico que controlará el funcionamiento de la instalación.

Para una instalación fotovoltaica típica, a efectos del usuario, no se nota diferencia, pues la nueva normativa de autoconsumo elimina la



*Ejemplo de inversor*

obligación de tener contadores adicionales, en la mayoría de los casos, lo cual facilita la instalación.

### ¿Qué instalación se necesita para una vivienda?

Una pequeña instalación fotovoltaica de autoconsumo de 3 kW cubrirá la mayoría de las necesidades eléctricas de una vivienda de unos 70 m<sup>2</sup>. Lógicamente si la vivienda tiene un consumo eléctrico debido a una bomba de calor aire-agua, podrá ayudar a ahorrar parte del consumo de la misma. Además consumos estables como los de las bombas de calor ayudan a que la amortización de la instalación prácticamente antes de cinco años. Y a partir de ahí, recuperada la pequeña inversión, el ahorro sigue en la factura eléctrica.

Sin bomba de calor la amortización de una instalación fotovoltaica de autoconsumo se producirá entre 6 y 10 años.

Si la bomba de calor ambiente produce agua caliente para una vivienda, trabaja eficientemente contra una instalación de baja temperatura, por ejemplo, un suelo radiante, y además, produce un refrescamiento durante el verano la amortización puede llegar entre el segundo y tercer año fácilmente.

Es importante que las soluciones sean integrales para un mejor aprovechamiento de la energía. El objetivo es que la bomba de calor trabaje el mayor tiempo posible con energía eléctrica de origen renovable producida en la instalación fotovoltaica de autoconsumo, desplazando el consumo de energía requerido para la climatización hacia las horas en las que el sistema fotovoltaico produce más energía.

Además, el instalador deberá estudiar cada instalación para informar al usuario de los ahorros que conseguirá.



*Solución con Aerotermia + Fotovoltaica*

Durante las horas de producción eléctrica renovable se puede acumular energía gratuita en un suelo radiante, o un acumulador de inercia. Incluso en la propia estructura de la vivienda.

### ¿Qué pasa cuando me sobra energía?

Lo idóneo es que la energía generada por la instalación de autoconsumo se aproveche en los consumos del propio edificio.

El ahorro será máximo cuando se aproveche la energía de autoconsumo en los momentos que esté disponible. Así la amortización será muy rápida.

Sin embargo, pueden producirse de excedentes de energía cuando se genera más energía de la que se consume. Para ello la normativa actual ofrece varias alternativas:

- Instalar **baterías** para almacenarla. Ello implica una inversión mayor, y por tanto, hay que analizar con detalle si se recuperará la inversión dentro de la vida útil de la batería.
- Optar por el **sistema de compensación simplificada**. Así mes a mes la compañía con la que tenemos contratado el suministro eléctrico hará, en la factura de suministro, un balance mensual de la energía suministrada y entregada.
- Si la instalación fotovoltaica está muy sobredimensionada, se podría optar por el **sistema de autoconsumo sin compensación simplificada**. Ello permite vender los excedentes. Pero para ello hay que darse de alta como productor de energía y hacer frente a trámites fiscales y administrativos como en cualquier actividad económica.

Fácilmente podemos concluir que para el usuario lo más cómodo es optar por el sistema de compensación simplificada. Pues no precisa de invertir en baterías, ni darse de alta en la actividad fiscal de producción de energía.

El propio sistema eléctrico se convierte en las baterías del usuario donde guarda todos los meses la energía que puede utilizar en cualquier momento. Así se aprovecha la energía sobrante en momentos en los que no esté en la casa y no se esté consumiendo energía.

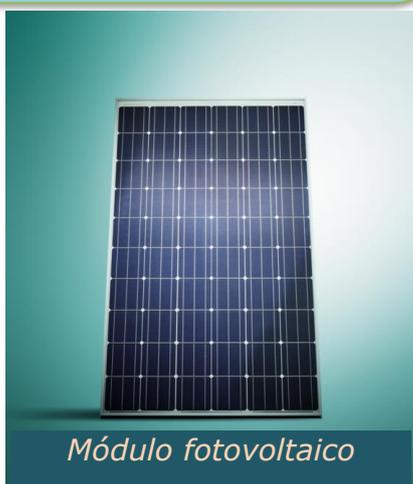
Los rayos del Sol deben llegar perpendiculares al captador, por ello lo idóneo es la orientación Sur, pero otras orientaciones pueden ser viables.

### ¿Qué se necesita para instalar un sistema fotovoltaico de autoconsumo?

Básicamente una zona exterior donde exista radiación solar: tejado, cubierta, jardín, etc. Pero lógicamente el instalador deberá estudiar la orientación, sombras, etc., para el correcto aprovechamiento de la instalación fotovoltaica.

La normativa actual permite que la instalación fotovoltaica esté situada fuera del edificio donde se producirá el consumo eléctrico, hasta una distancia de 500 m con conexión en BT.

Siempre habrá que contratar los servicios de una empresa habilitada para que realice las gestiones administrativas y oriente al titular en la mejor solución técnica, para llevar a cabo una instalación segura y eficiente.



## Conclusiones

La aerotermia o la energía ambiente (definición actual) es la solución ideal para dotar de confort térmico a las viviendas tanto en nueva edificación como para reformas de las instalaciones térmicas. Además de ser una energía renovable ideal puede hibridarse con una instalación fotovoltaica de autoconsumo eléctrico, y, por tanto, su consumo satisfacerse a través de otra fuente de energía renovable.

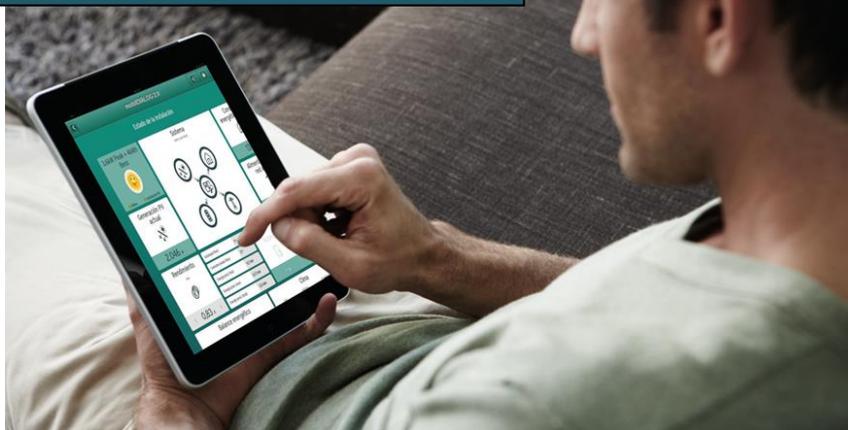
Debemos tener en cuenta:

### *algunos factores para el éxito energético de la instalación*

Debe trabajar de un modo eficiente para ello es preferible que el diseño de la instalación sea a baja temperatura de tal modo que sus prestaciones sean máximas.

- 1.** *El rendimiento estacional en las condiciones de trabajo debe garantizar su consideración de energía renovable.*
- 2.** *Las soluciones deben ser integrales para un correcto aprovechamiento de la energía.*
- 3.** *La instalación de autoconsumo eléctrico a través de una pequeña instalación fotovoltaica aportará la mayor parte, incluso casi el 100 %, de la energía que se necesite. Por tanto, el importe de la factura eléctrica quedará minimizado.*
- 4.** *Los cambios normativos debidos a la transición energética actual, nos invitan a utilizar energías renovables y respetuosas con el medioambiente.*
- 5.** *Sólo con la incorporación de energías renovables en los edificios se logrará la sostenibilidad energética.*

El usuario puede monitorizar su instalación y visualizar en tiempo real lo que su instalación fotovoltaica aporta a la vivienda y ahorros que genera



## En una instalación de autoconsumo son necesarios lo siguientes pasos

- 1.** *Estudio de viabilidad por una empresa habilitada y especialista en energías renovables. Para ello deberá estudiar el consumo del edificio mediante las facturas eléctricas para ver el patrón de consumo. Además, deberá estudiar las características de la bomba de calor y su rendimiento en las condiciones de trabajo. Con todo ello definirá cuanto se podrá ahorrar y optimizar la potencia, y lógicamente la inversión, de la instalación fotovoltaica.*
- 2.** *Trámites administrativos en función de la tipología de la instalación y la normativa afectada, tanto energética, medioambiental, así como urbanística.*
- 3.** *Montaje de la instalación por empresa habilitada térmica y/o eléctrica (en caso de apoyo fotovoltaico), para que la ejecución de la misma sea en condiciones de seguridad.*
- 4.** *Registro de las instalaciones realizadas ante los Órganos Territoriales Competentes en materias de instalaciones térmicas, e instalaciones eléctricas según el caso.*

Documento elaborado por  
Javier Ponce,  
Miembro del Comité Técnico de CNI  
Gerente de FORMATEC

Con la colaboración de

