

# ANEXOS

## HOJA DE RUTA DE LA CALEFACCIÓN RENOVABLE

*CÓMO TRANSFORMAR EL SECTOR DE LA CALEFACCIÓN  
Y EL AGUA CALIENTE RESIDENCIALES EN ESPAÑA*



Plataforma por  
la **Descarbonización**  
de la Calefacción  
y el Agua Caliente

# ANEXOS

## Anexo 1: Componentes de la Hoja de Ruta 03

Componentes principales	04
Consumo demandado	04
Sistema de generación de calor	10
Componentes secundarios	12
Sistema de distribución	12
Sistema de difusión de calor	13
Perfil de uso	16

## Anexo 2: Ampliación de conocimientos 18

- Redes de calor y frío	19
- Bombas de calor	26
- Energía Solar Térmica	46
- Biomasa	49
- Hidrógeno	50
- Biogás	52

## Anexo 3: Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (DEEE/EPBD) 59

## Anexo 4: Pobreza energética 63

# Componentes de la Hoja de Ruta

1

## Componentes de la Hoja de Ruta

Para lograr un cambio estructural en la calefacción de edificios que nos lleve a un escenario descarbonizado se han identificado tres componentes principales y tres secundarios, todo ellos asociados a doce puntos clave para abordar su transformación.

### Componentes principales:

- Consumo demandado. Energía térmica necesaria para mantener el edificio en la temperatura de confort adecuada.
- Fuente energética. Recurso a través del cual se obtiene la energía necesaria para producir calor.
- Sistema de generación de calor. Sistema por el cual se transforma la fuente energética en energía calorífica.

### Componentes secundarios:

- Sistema de distribución. Una vez generado el calor, sistema gracias al cual se distribuye hasta los puntos de consumo.
- Sistema de difusión. Una vez distribuida la energía calorífica, sistema empleado para transmitir ese calor al espacio que se desea climatizar.
- Perfil de uso. Condiciones en las que se utiliza el espacio que hay que climatizar. Incluye los horarios de funcionamiento, las temperaturas de consigna y las cargas internas.

Las medidas definidas para cada componente son:

### Componentes principales:

#### Consumo demandado

- Mejora de la envolvente
- Adaptación urbana

#### Fuente energética

- Electrificación
- Impulso de las renovables
- Uso de biogases
- El papel del hidrógeno

#### Sistema de generación de calor

- Impulso de las bombas de calor
- Las energías renovables
- El papel de los sistemas de combustión

### Componentes secundarios

#### Sistema de distribución

- Impulsar las redes de distrito

#### Sistema de difusión de calor

- Impulso de la radiación a baja temperatura
- El papel de la convección

#### Perfil de uso

- Ajustar los horarios de funcionamiento
- Ajustar los rangos de temperatura

## COMPONENTES PRINCIPALES

### CONSUMO DEMANDADO

La calidad de la envolvente arquitectónica es el punto con mayor influencia en el consumo de la calefacción. Una mala envolvente no solo dispara el consumo, además impide alcanzar la temperatura adecuada, genera saltos térmicos entre diversas áreas de la vivienda (entorno de las ventanas, habitaciones norte/sur, etc.) y puede crear problemas indeseados como las condensaciones, que afectan negativamente a nuestra salud. Por el contrario, unos cerramientos excesivamente estancos que impidan la ventilación o la ausencia de ventilación mecánica controlada pueden generar también una mala calidad del aire, con consecuencias sobre nuestra salud.

Mejorar la envolvente aumentando el aislamiento de la misma, aprovechando las ganancias solares cuando son adecuadas y protegiéndose en temporada de calor, es el primer paso para alcanzar una eficiencia alta en los consumos de climatización. Esta eficiencia, junto con la correcta ventilación de las viviendas, son imprescindibles para garantizar una descarbonización que no empeore la calidad de vida de las personas.

Según los indicadores de pobreza energética de 2021 publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO), las comunidades con mayor porcentaje de población con temperatura inadecuada en sus viviendas durante el invierno son Ceuta, Región de Murcia, Melilla y Andalucía, las cuatro en las zonas climáticas más cálidas de la península. Sólo con intervenir en la envolvente sería posible revertir este indicador, en muchos casos, sin necesidad de aportar calor adicional.

### Mejora de la envolvente: Rehabilitación energética del parque edificado

La medida principal que hay que impulsar para corregir la componente del consumo demandado es la rehabilitación energética del parque edificado, primando la actuación en la envolvente. Esta medida tiene, como barrera principal, el coste y el alcance de las obras que hay que realizar. Para solventarla se proponen las siguientes acciones:

#### **Sensibilización**

Dar a conocer a la población los beneficios de mejorar la envolvente de sus viviendas, manteniendo la calidad de aire interior y facilitándoles el proceso. En este sentido, las oficinas de rehabilitación que se están extendiendo por el país son una gran ayuda, pero deben ir más allá. Es necesario un plan de comunicación, promovido por las administraciones públicas y apoyado por empresas privadas, que alcance los medios de comunicación e incida en colectivos como los administradores de fincas, palanca clave para lograr aumentar la tasa de rehabilitación en España.

### **Incentivos fiscales**

Ya se están recogiendo deducciones en el IRPF de las rehabilitaciones energéticas. Sin embargo, en muchas comunidades, deben estar subvencionadas para poder acogerse a estas deducciones, suponiendo, de facto, un freno a la iniciativa privada. En un país donde el porcentaje de vivienda privada es muy alto, no podemos confiar en financiar un alto porcentaje de los edificios que se deben rehabilitar. Las ayudas deben suponer un incentivo y ser ejemplarizantes, pero es necesario impulsar también la iniciativa privada o particular en el parque de viviendas.

Otras medidas que ya están camino de ponerse en marcha son los CAES, Certificados de Ahorro Energético, que permiten monetizar los ahorros energéticos de modo que se puedan recuperar parte de los costes de la inversión necesaria. Existen ya fichas desarrolladas para los CAES de la envolvente y sería deseable que contabilizaran la energía acumulada, en lugar de la energía anual.

### **Financiación**

El coste de las obras de rehabilitación de la envolvente suele ser alto y es, en la mayoría de los casos, imprescindible la financiación. Esta podría tener unas condiciones preferentes para estas actuaciones. De hecho, ya hay empresas que financian la intervención y recuperan la inversión con los ahorros logrados en el edificio sin que suponga un cargo económico a los vecinos. Este tipo de iniciativas deben impulsarse y favorecerse desde la Administración general.

### **Cambios legislativos para facilitar la rehabilitación**

Continuar con los cambios en la Ley de Propiedad Horizontal y desarrollar ordenanzas municipales y planes de descarbonización a escala municipal son algunas de las medidas del ámbito legislativo que deben ponerse en marcha.

### **Informe de evaluación de edificios (IEE)**

El IEE será una herramienta muy útil para impulsar las obras de mejora de la envolvente. Al igual que, en su momento, la ITE mejoró el estado de conservación de los edificios en aquellas localidades en las que estaba implantada, el IEE, con la ampliación que implica en el alcance de la evaluación a realizar, podrá advertir del estado del parque edificado desde el punto de vista energético y facilitar su mejora en los casos necesarios.

### **Adaptación urbana**

El entorno urbano genera un microclima muy desfavorable para la climatización. Se trata de entornos de alta inercia térmica, con el asfalto y el hormigón como materiales principales a los que hay que sumar enormes cargas provenientes de la combustión de vehículos, las bombas de calor, especialmente el aire acondicionado tradicional por splits, que expulsan al exterior del edificio el calor de su interior, y otras fuentes de calor.

Esta situación genera la conocida "isla de calor", incrementando artificialmente las temperaturas en los entornos urbanos. Este efecto reduce la demanda de calefacción en las ciudades, pero incrementa las de refrigeración y los problemas de salud.

La situación puede verse mejorada con planteamientos de urbanismo bioclimático, es decir, con una serie de pautas para que las edificaciones se consigan adaptar mejor al clima gracias al entorno urbano, planificando o replanificando sobre lo ya existente, considerando el clima y el territorio como ejes fundamentales. Esto se consigue principalmente tomando en consideración el soleamiento y el viento para el trazado del viario; adaptando las zonas verdes a las necesidades de sombreado, humedad y evaporación ambiental; seleccionando las especies vegetales apropiadas a la eficiencia hídrica; y generando una parcelación con buenas orientaciones, entre otras.

Gracias a estas medidas urbanas se puede reducir la demanda de acondicionamiento de los edificios. Por ejemplo, con arbolado caduco y buena orientación podemos conseguir edificaciones con gran capacidad de aprovechamiento solar en invierno, así como buena ventilación, humedad y sombreado en verano.

Por otra parte, la concentración de edificios e infraestructuras en las ciudades ofrece una oportunidad de aprovechamiento de importantes fuentes locales de calor residual, como el generado en los túneles de metro, en la refrigeración de lineales de frío en supermercados, en las depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR) o en industrias próximas que generen excedentes de calor. Dicho calor residual puede ser distribuido de forma óptima mediante redes de calefacción de distrito.

### Fuente energética

El origen de la fuente de energía hasta ahora utilizada, basada principalmente en combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural y gas licuado), es la causa directa de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. La descarbonización pasa por la eliminación de estos vectores energéticos de las actividades humanas. Dada la enorme dependencia que tenemos actualmente de estas fuentes su eliminación es complicada, por lo que es necesario aportar alternativas siguiendo el itinerario lógico de la eficiencia en el cual, el primer paso, es reducir las necesidades de calor de los edificios mejorando su envolvente y manteniendo una correcta ventilación para garantizar la calidad de aire interior.

El segundo paso sería ofrecer soluciones alternativas a estos combustibles fósiles, entre las que encontramos la electrificación del sector de la calefacción y el ACS, la mejora de la regulación y el control de los equipos o el aprovechamiento de fuentes energéticas de origen renovable, como la solar térmica.

**Vamos a analizar cada una de las fuentes alternativas y su papel en la descarbonización:**

### *Electrificación del sector*

La electricidad es la fuente energética de la que más dependemos en nuestras actividades domésticas. Todas las viviendas, para cumplir con los requisitos de habitabilidad mínimos, han de tener conexión a la red eléctrica o ser capaz de generar electricidad por sus propios medios. La electricidad que llega a nuestros hogares tiene diversas fuentes de generación (mix eléctrico), algunas de las cuales están basadas en combustibles fósiles. Por tanto, a fecha de hoy, no es aún una energía limpia de carbono.

No obstante, la evolución del mix eléctrico está orientada a la descarbonización y aumenta, año a año, el aporte de energías limpias. En 2021 el aporte de renovables al mix eléctrico fue del 45,6 frente al 42,2 % de 2020, marcando claramente esta tendencia hacia la descarbonización. Podríamos decir que si los planes de descarbonización del sistema eléctrico siguen los compromisos marcados a fecha de hoy y el 100 % de los hogares utilizaran únicamente energía eléctrica de la red, garantizaríamos la descarbonización del sector de la calefacción y el ACS. Otra gran ventaja que tiene la electricidad es que, con un coste razonable, se puede producir en los propios edificios en los que se consume, mejorando la autosuficiencia.

Sin embargo, esto tiene sus limitaciones, la producción eléctrica no tiene capacidad para cubrir todas las necesidades energéticas que tiene el sector de la vivienda tal y como está planteado hoy. Por este motivo, aunque la electrificación es la principal palanca, especialmente en la calefacción, un sector que obtiene su energía fundamentalmente de la quema de combustibles fósiles se tiene que combinar de forma imprescindible con otras fuentes de energía limpia y, sin duda, con la mejora del parque edificado.

### *Impulso de las renovables y energías limpias*

Las fuentes de origen renovable en la descarbonización tienen dos papeles: por un lado, cambiar la dependencia de una fuente finita que, de hecho, ya ha alcanzado su pico de producción, según estiman cada vez más autores y, por otro, utilizar fuentes de energía que no generan emisiones de CO<sub>2</sub>. En este último punto es necesario hacer la salvedad de la biomasa, cuya combustión sí genera estas emisiones. En este caso, si se considera el carbono que han secuestrado las plantas durante su crecimiento y vida y el carbono emitido por las mismas al incinerarse, el balance sale positivo, pues las plantas secuestran más carbono del que emiten en la combustión, dado que este carbono secuestrado se fija en el terreno.

Es importante recalcar que el PNIEC 2023–2030 recoge que el despliegue de las renovables debe hacerse mientras se minimizan potenciales impactos locales en la biodiversidad asociados a la implementación de las plantas de generación en el territorio, de manera que sea posible un desarrollo sostenible que incremente la resiliencia al cambio climático y facilite la conservación y restauración de biodiversidad.



### **Energía solar**

Emplea la radiación solar como fuente energética, puede ser térmica (se calienta un fluido que a su vez calienta el agua que se emplea en los circuitos de calefacción) o eléctrica, genera electricidad para alimentar otros sistemas de producción de calor. (Ver Anexo para más información).

### **Biomasa**

Utiliza la masa vegetal como combustible para generar calor, es la fuente de calor más antigua de la humanidad. Es importante destacar que, para que sea una fuente energética de bajo impacto ambiental, el origen de la biomasa debe estar muy controlado y no provenir de la deforestación, lo que tendría unas consecuencias muy negativas en cuanto a la pérdida de sumideros de CO<sub>2</sub>. (Ver Anexo para más información).

### **Aeroterminia/geoterminia/hidrotermia**

La aeroterminia, geoterminia o hidrotermia son diferentes tipologías de bomba de calor. La tecnología se basa en el transporte de la energía térmica contenida en el aire exterior, el agua o el suelo (todos ellos calentados por el sol) y su transferencia (bombear este calor) a sistemas o redes de calefacción, agua caliente sanitaria o procesos industriales, consumiendo una fracción de energía eléctrica en el proceso. Por tanto, el grueso de la energía que necesitar para generar calorías o frigorías es de origen renovable (medioambiental) y consumen una pequeña fracción de energía eléctrica que será renovable o no dependiendo del origen y el mix de esta electricidad <sup>1</sup>. Este hecho, unido a la progresiva descarbonización eléctrica <sup>2</sup>, hace que todas las bombas de calor, incluso las instaladas hace años, sean cada vez más útiles en la lucha contra el calentamiento global porque reducen hasta un 98 % las emisiones de CO<sub>2</sub> por su uso en comparación con un sistema basado en combustible fósil y, como mínimo, consumen un 75 % menos de energía final. (Ver Anexo para más información).

### **Uso de los biogases**

El biogás es un gas producido por materias primas de origen biológico, por tanto, renovables. Al igual que la biomasa, no se trata de una energía limpia, pues requiere de su combustión y, por tanto, genera gases de efecto invernadero. El mayor interés que tiene esta fuente es que su origen, generalmente, es a partir de distintos residuos, purines procedentes de la ganadería, descomposición de masa vegetal proveniente de residuos de la agricultura o limpieza, descomposición de las aguas residuales de poblaciones humanas, etc. Es decir, un residuo que genera nuestra actividad se reaprovecha para producir un gas con capacidad calorífica que puede, al menos en una pequeña parte, sustituir a los combustibles fósiles, siempre y cuando se apoye en el sistema regulado de garantías de origen (GdO), que permite a consumidores y empresas diferenciar su valor añadido frente a gases de origen fósil y asegura los correspondientes estándares de sostenibilidad.

*<sup>1</sup> Reglamento Delegado (UE) 2022/759 de la Comisión de 14 de diciembre de 2021 por el que se modifica el anexo VII de la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo con respecto a una metodología para calcular la cantidad de energías renovables.*

*<sup>2</sup> BORRADOR DE ACTUALIZACIÓN DEL PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2023-2030. Tabla A.43. Parámetros, variables y balances del Escenario PNIEC 2023-2030. Punto 3. Indicadores relativos a las emisiones y la absorción de GEI. a Intensidad de carbono de la producción de electricidad y vapor, 0,030 teq.CO<sub>2</sub>/MWh en 2030.*

Comparación de emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al sistema de calefacción de una Viv. Unif. de 150 m<sup>2</sup>, situada en una zona climática D, en función de la clasificación energética del edificio y sin aporte de E. fotovoltaica. Caldera gas natural vs. Bomba de calor

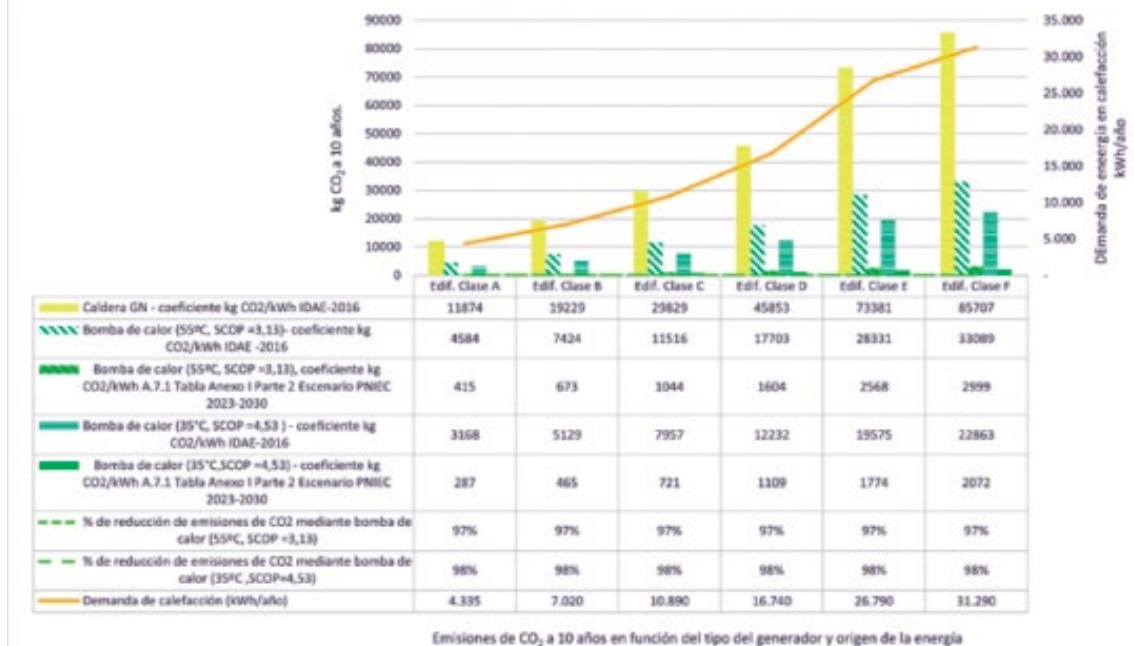


Figura 35: Tabla comparativa de emisiones de CO<sub>2</sub> de calefacción con caldera de gas natural vs. Bomba de calor. Fuente: AFEC

En el PNIIEC 2023-2030 se indica que los gases de origen renovable forman parte del conjunto de soluciones que permiten descarbonizar la economía en determinados usos de difícil electrificación, como pueden ser la demanda energética en procesos industriales de alta temperatura o el transporte pesado. No se espera que tengan un papel en la descarbonización de la edificación excepto, como hemos indicado, en casos concretos y muy excepcionales, en los que este recurso sea la mejor opción ambientalmente disponible. Por este motivo su inclusión en los escenarios es residual y se hace en conjunto con otras soluciones renovables. (Ver Anexo para más información).

### El papel del hidrógeno

El hidrógeno no es una fuente de energía aprovechable en sí, sino un vector energético. Se produce a partir del proceso de electrólisis, empleando diversas fuentes energéticas. Dependiendo de cuál sea, podemos distinguir hidrógeno producido con combustibles fósiles como energía primaria, conocido como hidrógeno gris, e hidrógeno verde, con fuentes de energía renovable. Este gas renovable proporciona una solución a medio y largo plazo en la descarbonización de aquellos sectores de difícil electrificación, como la industria intensiva en procesos de alta temperatura o el transporte pesado de larga distancia. Además, su condición de vector energético le otorga un gran potencial como instrumento para el almacenamiento energético y la integración sectorial. Sin embargo, el hidrógeno verde o sus derivados, como el metano de síntesis o el gasóleo de síntesis, aun siendo producido a partir de fuentes renovables,

es altamente ineficiente comparado con la electrificación directa. Su uso puede tener sentido en determinadas actividades industriales en las que la electrificación por red es compleja, como el sector de los transportes. Por este motivo no lo consideramos un vector adecuado para impulsar la descarbonización en los sistemas de calefacción <sup>3</sup>. (Ver Anexo para más información).

## SISTEMA DE GENERACIÓN DE CALOR

El sistema de generación de calor puede tener su base en la combustión, en el bombeo de calor (mediante ciclos de evaporación y condensación de refrigerantes en un circuito cerrado) o en la transmisión directa (efecto Joule, solar térmica, etc.).

La elección del sistema de generación de calor está íntimamente relacionada con la fuente de suministro de energía y, también, con la eficiencia, es decir, con la energía térmica aportada por cada unidad de energía final consumida. Esta eficiencia es la razón de su importancia en la descarbonización del sector de la calefacción y el ACS.

### Impulso de las bombas de calor

Las bombas de calor como sistema de generación de calor ofrecen *tres ventajas fundamentales*:

- **La fuente energética.** Son sistemas basados en la electricidad como fuente principal que, además, por su alta eficiencia al consumir solo una fracción de la energía bombeada, permiten reducir enormemente la potencia eléctrica que sería necesaria instalar en comparación con un sistema basado 100 % en el efecto Joule y pueden apoyarse de forma muy efectiva en sistemas renovables como la fotovoltaica generada in situ o hibridarse con otros sistemas, como energía solar térmica, sistemas híbridos, etc.
- **La fuente energética.** La energía térmica que aporta proviene principalmente de la fuente de donde se ha captado (aire, agua o suelo), consumiendo una fracción de energía eléctrica en el proceso. De aquí proviene el origen del nombre "bombear calor". Esta fracción de energía eléctrica puede ser suministrada en gran parte mediante energía fotovoltaica.
- **La alta eficiencia.** El sistema de producción de calor es altamente eficiente por sí mismo, puesto que por cada 4 kWh térmicos aportados, de media, se consume 1kWh de energía final, aunque se dispone de equipos con rendimientos estacionales que superan la ratio de 6 a 1, especialmente para las condiciones climáticas en calefacción en la mayor parte de España.
- **La facilidad de la instalación.** En función del tipo de edificio y bomba de calor y tanto para instalaciones individuales como colectivas.
- **Versatilidad.** Permite su uso en calefacción, pero también en refrigeración y, en algunos casos, producción de ACS o calentamiento de otros procesos, así como recuperación de calor total o parcial <sup>4</sup>.

<sup>3</sup> *Caza mitos del Hidrógeno*

<sup>4</sup> *Bomba de calor. Guía del IDAE*

También plantea algunos *inconvenientes que deben tenerse en cuenta*:

- El calor o frío generado se traduce en un intercambio con el aire exterior, de este modo en invierno enfriamos el entorno donde se encuentra la unidad exterior y en verano lo calentamos (al transportar al exterior del edificio la energía térmica del interior), pudiendo intensificar el efecto de isla de calor en entornos urbanos. Es decir, puede generar impactos sobre el vecindario si los espacios donde se ubican no consideran estas características.
- Los gases refrigerantes que se emplean pueden tener un impacto en el medio ambiente si no son gestionados adecuadamente, bien por su PCA (potencial de calentamiento atmosférico), bien porque suponen un riesgo para la salud, como el amoníaco y/o bien, en algunos casos, tienen un riesgo de inflamabilidad, como el propano (A3) o, en mucha menor medida, el R32 (A2L).
- Aunque el uso de sistemas de calor por convección (movimiento de aire, por ejemplo, mediante bombas de calor aire-aire) es la transferencia de calor más habitual en los sistemas individuales, quizá no es el mejor desde el punto de vista del confort, como veremos más adelante, especialmente si existen corrientes de aire frío y una elevada estratificación, como sucede en las oficinas <sup>5</sup>.

Además de la calefacción por convección también es posible utilizar las bombas de calor aire-agua con sistemas de radiación como radiadores o suelos o techos radiantes y, por supuesto, en sistemas centralizados o de distrito, que generalmente distribuyen agua. Sin embargo, la instalación de estos sistemas es más compleja, requiere mayor disponibilidad de espacio y realización de obras para su instalación, lo cual puede dificultar su despliegue masivo para la sustitución de equipos individuales, siendo recomendable por ello recurrir a instalaciones colectivas, que además son más eficientes.

## El papel de los sistemas de combustión

Los sistemas de combustión son los más extendidos en la actualidad para generar el calor de la calefacción. Como hemos visto, el gran cambio que hay que realizar en el sector es la electrificación de los sistemas de generación de calor y esto implica la reducción drástica de los sistemas de combustión con fuentes de combustibles fósiles.

También hemos visto que la descarbonización, no solo de la calefacción sino de casi cualquier sector, es un proceso complejo si se quiere hacer en el tiempo del que disponemos para no sobrepasar en exceso los límites de seguridad para la crisis climática. Esto obliga a trabajar con un amplio conjunto de soluciones para cada caso.

Sabemos que los sistemas de generación de calor por combustión de biomasa deberán crecer sobre la situación actual siempre que se garantice que su obtención

<sup>5</sup> *Formación de Seguridad Laboral 186*

no pone en riesgo la biodiversidad de ninguna zona natural, que se hace bajo estándares rigurosos de protección de la naturaleza y los bosques y que no perjudica la calidad de aire. Asimismo, no tiene sentido dedicar terrenos fértiles para cosechar biocombustibles en detrimento de la naturaleza o la agricultura con fines de alimentación.

Habrán casos particulares en los que el uso de combustibles fósiles pueda ser necesaria, pero estos casos deben estar muy estudiados y justificados.

Para el gran cambio necesario es imprescindible una campaña a gran escala, acompañada de políticas públicas que combinen incentivos, obligaciones y campañas de concienciación a la ciudadanía donde se informe verazmente, de forma clara, y antes de que la normativa sea obligatoria de la importancia de elegir sistemas electrificados en caso de necesitar cambiar la caldera existente. Se debe potenciar que estos cambios, cuando se trate de edificios plurifamiliares, se realicen a nivel de todo el inmueble, primando las instalaciones colectivas frente a las individuales, mediante una planificación realizada por un técnico especialista, por ejemplo, en el pasaporte del edificio.

También será necesario que el mercado se prepare para dar respuesta a la gran demanda que habrá de sistemas eléctricos, especialmente bombas de calor.

## COMPONENTES SECUNDARIOS

### SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Una vez hemos generado el calor necesario, este debe distribuirse por las estancias. Para ello existen diversos sistemas de distribución, que se dividen en individuales, centralizados y colectivos.

Los sistemas individuales son aquellos en los que la producción de calor y su distribución se realiza dentro de la misma vivienda. En el caso de edificios pluriresidenciales esto multiplica el número de aparatos de producción de calor y el coste de mantenimiento individual de cada uno de estos elementos de producción. En lo relativo a la calefacción en este tipo de edificios se debería optar por sistemas centralizados que, además de un considerable ahorro, son un sistema fácilmente enganchable a sistemas colectivos, como las redes de distrito, incluso para proporcionar ACS.

#### **Impulso de las redes de distrito**

Las redes de distrito, o District Heating & cooling, son un sistema de distribución térmica para calefacción y para refrigeración. Este sistema distribuye el calor generado de manera externa y centralizada por áreas con escalas variables: desde un conjunto de casas, a un barrio o un área urbana completa.

Este sistema de distribución *ofrece grandes ventajas*, entre ellas:

- Mayor eficiencia respecto de equipos individuales.
- Posibilidad de aprovechamiento de calor residual.
- Aprovechamiento de los emisores existentes (en calefacción).
- Flexibilidad en el sistema de producción de calor y la fuente energética a utilizar.
- Colectivización del servicio, lo que reduce los costes de instalación y mantenimiento.
- Aprovechamiento energético de sus recursos locales (biomasa, sol, viento, energía ambiente, etc...) en cada zona.
- Equilibrio social.

*Inconvenientes:*

- Las obras pueden afectar a barrios enteros.
- Falta de regulación específica.
- Poco conocimiento social de esta alternativa.
- En refrigeración centralizada, precisaría de nuevos elementos terminales y una nueva red de distribución hidráulica con altas prestaciones técnicas, tales como aislamiento bien ejecutado a prueba de difusión de vapor.

## SISTEMA DE DIFUSIÓN DE CALOR

Los sistemas de difusión de calor son los elementos finales propios del sistema de calefacción, aquellos en contacto con el aire que se quiere calefactar y que emiten, de algún modo, el calor necesario para lograrlo. Las tres formas de transmisión de calor al cuerpo humano son la radiación, la convección y la conducción.

La **radiación** es una transferencia de calor sin que los cuerpos estén en contacto. Se produce mediante la emanación de energía a través de ondas electromagnéticas y es el caso de los radiadores, el suelo radiante, etc. La **convección**, en cambio, se produce por movimiento de gases o líquidos a diferentes temperaturas y es el sistema empleado por las bombas de calor que utilizan el aire para transmitir el calor y de la climatización por desplazamiento. En la **conducción** la transferencia de calor ocurre cuando un cuerpo u objeto está en contacto con otro, como suelo radiante, que calienta los pies en contacto con él.

### Impulso de la radiación a media y baja temperatura

La radiación como sistema de transmisión del calor tiene una ventaja fundamental frente a otros sistemas y es que el cuerpo humano está adaptado porque es el empleado por el sol, que calienta a la inmensa mayoría de las formas de vida en la Tierra, y por el fuego que, desde hace probablemente 1,6 millones de años, viene siendo el sistema empleado por el ser humano para calentarse cuando el sol no está o es insuficiente.

La radiación habitualmente se ha realizado mediante altas temperaturas y poca superficie radiante, como los radiadores domésticos. Esto tuvo sentido en un momento en el que la energía era barata, porque no se cargaban los costes reales de extracción del combustible ni los derivados de sus impactos en el planeta. Suponía una inversión mayor instalar una gran superficie de radiación que la energía necesaria para incrementar la temperatura del fluido empleado (normalmente agua) a 60-80 °C y los horarios de funcionamiento eran cortos.

En la actualidad esa realidad ha cambiado drásticamente. Estamos empezando a pagar los impactos generados por el consumo energético, no en dinero, sino en una crisis ecológica que pone en jaque la viabilidad de la vida en la Tierra. Por otro lado, la escasez de combustibles debida a su agotamiento incrementa, inevitablemente, el coste de calentar el fluido a altas temperaturas. Si a esto le sumamos el desarrollo de sistemas de calentamiento renovables, como los colectores solares que en los últimos años han reducido significativamente los problemas que podían tener, como el del sobrecalentamiento, vemos que el sistema de radiación más extendido en las últimas décadas, basado en la emisión a altas temperaturas, ha dejado de tener sentido.

En el momento en que nos encontramos, si se opta por un sistema de radiación se debe primar la superficie radiante sobre la temperatura a alcanzar por el fluido transmisor. El suelo o zócalo radiante son muy buenos sistemas porque demandan temperaturas bajas, 30-45 °C en función de la solución constructiva adoptada. Aunque sin duda este es el mejor sistema, solo podrá ejecutarse en según qué rehabilitaciones. En otros casos es posible mantener los emisores existentes (radiadores) y, a la vez, instalar bombas de calor, bien individuales o centralizadas.

Los radiadores emiten generalmente un 30 % de la potencia a media temperatura (55 °C) y esto debe compensarse con más tiempo de funcionamiento (24 horas durante la temporada de calefacción), si bien con una potencia de un 30 % de la requerida en el uso convencional a alta temperatura <sup>6</sup>.

*<sup>6</sup> Este es uno de los casos analizados en la guía de rehabilitación mediante bomba de calor de IDAE.*

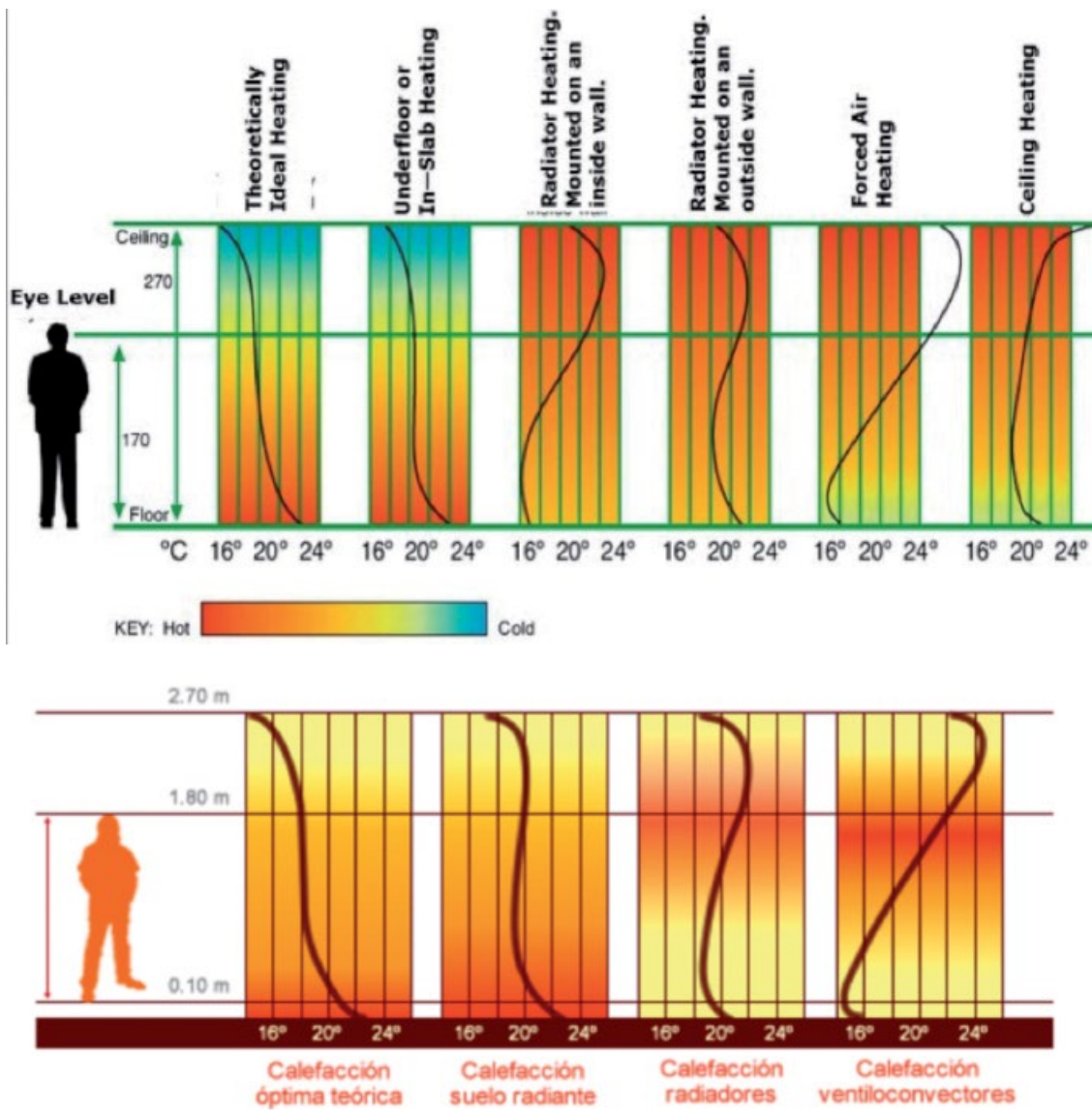


Figura 36: Esquema de tipologías de sistemas de calefacción según su curva de temperatura.

Fuentes: 36a: Adelaide Hydronic Heating, a partir de BPEC Warm Water Underfloor Heating Design Manual.

36b: Trabajo de fin de grado UC3M. Pablo Pérez Sánchez; Diseño de una instalación de suelo radiante/refrescante con apoyo de energía geotérmica para una vivienda unifamiliar.



## El papel de la convección

No siempre tiene sentido utilizar la radiación, pues es un sistema de alta inercia. Es importante ajustar el tipo de tecnología a las necesidades de cada usuario. Una vivienda que se encuentre vacía durante largos períodos, como sucede en las segundas residencias, es preferible calefactarla con un sistema de convección, ya que permite calentar la estancia en poco tiempo con menor coste energético que si se hiciera por radiación.

En zonas de costa, donde el sistema deberá cubrir tanto la calefacción como las necesidades de refrigeración y/o deshumectación, la elección de un sistema de bomba de calor aire-aire es una buena alternativa.

Uno de los puntos débiles de los sistemas de convección en calefacción es la estratificación del aire caliente, que afecta al confort percibido, especialmente si existen corrientes de aire frío que provocan la sensación de pies fríos/cabeza caliente. La orientación de las lamas de los equipos, así como la incorporación de sistemas de ventilación con recuperación de calor que evitan estas corrientes, añaden confort al espacio ocupado. En el caso de equipos de bomba de calor aire-aire el mantenimiento del filtro es esencial, mientras que en el caso de radiadores conviene evitar bloquear su efecto mediante cubrerradiadores, etc.

## PERFIL DE USO

El modo en que se utilizan los edificios es tan importante como su calidad y eficiencia. Un mal uso puede revertir en gastos altos e innecesarios sin lograr un confort adecuado o hasta provocar problemas de salud de sus ocupantes. Una buena información al usuario, en el libro del edificio o, mejor aún, con unas charlas explicativas a la entrega de llaves que pueden quedar grabadas para su posterior difusión, debe impulsarse desde las reglamentaciones, pero también desde las promotoras y constructoras para poner en valor el producto ofrecido. Además de buenas prácticas generales en el uso, como ventilar de forma adecuada, se destacan dos características clave del perfil de uso.

### Gestión de los sistemas de clima

Para reducir los consumos de energía innecesarios es muy importante hacer una gestión eficiente de los sistemas de clima y ventilación. Para ello se deberá actuar, al menos, en dos ámbitos: ajuste de los horarios de funcionamiento y de los rangos de temperatura.

#### *Adecuación de los horarios de funcionamiento a los horarios de uso de la vivienda, incluso a las estancias que realmente se utilizan*

Este ajuste no tiene por qué suponer una pérdida de confort. Por ejemplo, una vivienda que se quede vacía durante la jornada laboral, pero que se encuentra atemperada y correctamente aislada, puede tener la calefacción apagada un tiempo antes de la salida de los habitantes del domicilio y arrancar de nuevo con el tiempo necesario para que, cuando lleguen, se la encuentren a una

temperatura adecuada. Lo mismo ocurre en períodos vacacionales. Nótese que se ha explicitado que la vivienda debe estar correctamente aislada, de lo contrario las pérdidas de energía serán mayores y el confort más difícil de conseguir.

### **Ajuste de los rangos de temperatura**

Para continuar con el ahorro energético imprescindible en una situación sin combustibles fósiles es importante también adquirir cierta cultura de confort. La temperatura excesivamente alta en invierno facilita problemas de salud, como resfriados o gripes. Aunque produzca una falsa sensación de confort, no se ofrecen al cuerpo las condiciones adecuadas para que esté a gusto. De nuevo, en invierno la estratificación del aire caliente puede afectar al confort percibido y ser una de las causas de incomodidad o paramentos fríos (o calientes en verano), etc.

Será importante ajustar la temperatura a la época del año, con un rango más suave al comienzo y al final del período de calefacción, así como tener en cuenta que durante la noche es necesaria una bajada de temperatura para poder descansar correctamente. El ahorro de energía no puede ocasionar un aumento de los niveles de contaminación en el interior de la vivienda, por lo que las viviendas deberán también estar correctamente ventiladas.

### **Información al usuario**

El ahorro energético y el control de las emisiones está, en el último eslabón, en manos del usuario. Debe tener información adecuada y de calidad para tomar las mejores decisiones a la hora de reformar su vivienda, de elegir el sistema de calefacción y ACS y de gestionarlos correctamente.

# **Ampliación de conocimientos**

**2**

## Redes de calor y frío

Las redes de calor, o de calor y frío, (District Heating o District Heating and Cooling) son un sistema de distribución térmica para calefacción y refrigeración, centralizado y externo. Aprovecha la generación térmica de diversas fuentes, desde una central térmica de biomasa, gas, electricidad, bomba de calor de alta temperatura, etc... hasta el calor residual generado por la industria o determinadas actividades, como las redes de trenes metropolitanos, pasando por las fuentes naturales, como el calor geotérmico o del ambiente. Este calor se distribuye de forma centralizada en áreas urbanas con escalas variables: desde un conjunto de casas, a un barrio o un área urbana completa.

El sistema consta de **tres componentes**:

- **La central térmica.** Centrales de alto rendimiento y bajo coste energético para cubrir la demanda de una zona determinada, con diversas alternativas de fuentes energéticas, así como con mucha flexibilidad y facilidad tanto de reparación como de sustitución de las fuentes energéticas o sistemas de generación de calor respecto a sistemas individuales.
- **La red de distribución.** La red de circulación de las tuberías por el viario público, de escala variable dependiendo del caso. Inicialmente el calor se transportaba en forma de vapor, pero en la actualidad los sistemas se basan en agua a través de tubos aislados generalmente enterrados.
- **El usuario final.** El último componente de las redes de distrito son las estaciones de intercambio de calor con la red del edificio. Esta transferencia térmica se realiza mediante sistemas indirectos, con varios intercambiadores de calor sin conexión de los fluidos caloportadores de la red general e individual.

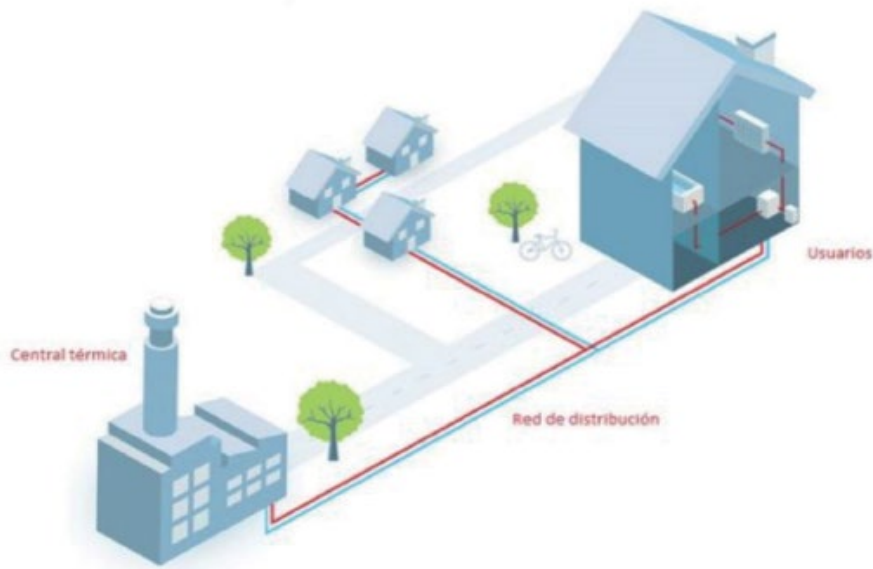


Figura 37: Esquema de una red de distrito. Fuente: <https://desenchufados.net/eficiencia-energetica-district-heating/>

Los sistemas de redes de distrito tienen numerosos antecedentes históricos, con ejemplos en época romana de las redes de agua y aire caliente de los baños termales, o en época medieval: del siglo XIV data un ejemplo de aprovechamiento geotérmico en el pueblo francés de Valois en Chaudes-Aigües, con una distribución de agua caliente urbana que provenía de aguas termales a través de troncos huecos de madera, abasteciendo así a 30 viviendas. Por lo que, aunque suene como un sistema novedoso, es una manera de entender el abastecimiento térmico a nivel colectivo ya planteado siglos atrás.

Lo más cercano a lo que entendemos como una red de distrito surgió en 1880 con las redes de calefacción en Estados Unidos, que empleaba vapor a 200 °C como fluido caloportador, y combustibles fósiles como fuente energética.

Esta primera generación de redes presentaba ciertos problemas debido, sobre todo, a las altas temperaturas de distribución, por lo que se evolucionó a partir de 1930 hacia una segunda generación de redes con agua en estado líquido a presión a 100 °C.

A partir de 1970, por las crisis del petróleo, con una tercera generación se introdujeron cambios a nivel de eficiencia energética, impulsando agua a <100 °C, aislando las tuberías y sustituyendo el petróleo por otros combustibles locales y más baratos, como el carbón, la biomasa y los residuos. Algunas fuentes renovables tales como energía solar térmica y geotérmica comenzaron a ser introducidas en ciertas instalaciones como apoyo energético.

La cuarta generación, a la que pertenecen las instalaciones de los últimos años, sigue reduciendo la temperatura de distribución, entre 50-60 °C con el fin de disminuir pérdidas, y con el gas y la biomasa como principales fuentes de energía.

Esto está acompañado del auge de sistemas de difusión del calor que funcionan mejor con temperaturas más bajas, como los suelos radiantes, las mejoras en regulación y control, la ampliación de horarios, el uso de curva de calefacción, etc.

Existe en la actualidad una quinta generación en estudio de instalaciones de redes de calor de muy baja temperatura, con impulsión a <50 °C. Esto tiene su explicación en la búsqueda de reducción a mínimos de las pérdidas de calor en la distribución y plantea que la demanda de calefacción de las viviendas irá disminuyendo en cantidad y temperatura a medida que el parque edificado existente sea rehabilitado y, por tanto, su comportamiento térmico optimizado y los sistemas de difusión mejorados.

### **Ventajas:**

- **Aumento de eficiencia y rendimiento** respecto a equipos individuales.
- Posibilidad de **aprovechamiento de calor residual** de industria, comercio urbano u otras fuentes de calor, como la red de trenes metropolitanos, plantas de depuración del agua, etc.. Al ser una red urbana, se puede diseñar de manera que circule aprovechando recursos térmicos residuales de la ciudad, haciendo “pinchazos” de calor a la red.
- Gran **flexibilidad de elección de tipo de energía** y de sustituciones futuras. No solo permite elegir entre una amplia selección de fuentes energéticas, sino que facilita una posible reparación o sustitución futura, siendo mucho más eficiente que la sustitución o la reparación de muchos equipos individuales.
- Potencial de aprovechamiento de recursos locales. Con una misma tecnología se pueden aprovechar recursos propios de cada zona, tales como como excedentes de biomasa en zonas rurales, generación renovable en zonas ventosas o muy soleadas, etc.
- **Liberación de responsabilidades.** Al no contar con sistemas de generación individuales, (calderas, bombas de calor, etc...) el usuario no tiene que preocuparse por su mantenimiento, reparaciones ni sustituciones. El sistema central contará con mantenimiento continuo profesional, que asegure su máxima eficiencia en todo momento.
- **Equilibrio social.** La calefacción sería la misma para todas las personas, no habría casos en los que por problemas económicos no se podría acceder a un sistema más eficiente o simplemente a una reparación que permita mayor confort térmico en la vivienda.
- **Seguridad y conciliación medioambiental.** Con este sistema, los usuarios eliminan el riesgo de explosión de los equipos individuales de combustibles fósiles. Cuando suministran frío, se elimina el efecto isla térmica urbana, dado que no se dispone en las fachadas de elementos emisores de calor al medioambiente.

### **Limitaciones:**

#### **Falta de regulación específica**

- **No hay objetivos de implementación** de redes de calor y frío ni de su contribución a los objetivos de descarbonización y eficiencia energética. Aunque en la actualización del PNIEC, actualmente en borrador sometido a audiencia pública, ya se esbozan iniciativas regulatorias para favorecer estos sistemas, es necesaria la elaboración de una hoja de ruta/plan estratégico en relación con el fomento de las redes de climatización, a semejanza de las estrategias de Francia o Chile, que marque objetivos cuantificados de participación en la demanda térmica y estén ligados a la contribución de los objetivos de descarbonización y eficiencia

energética ya comprometidos; tampoco hay una hoja de ruta en la que estén involucrados los principales actores relacionados con dichas redes.

- **Falta la necesaria regulación de los sistemas centralizados** de calor y/o frío, en donde se contemplen expresamente:
  - Definiciones de redes eficientes y renovables.
  - Medidas para agilizar la tramitación de permisos para proyectos de redes eficientes y/o renovables, reduciendo drásticamente los plazos.
  - Falta de consideración de las redes de climatización como “interés público”.
  - Evaluación en los distintos desarrollos urbanísticos del grado de eficiencia energética de un sistema urbano de calefacción y refrigeración eficiente frente a soluciones individuales.
  - Garantía por parte de los titulares del viario público de permitir el acceso de cualquier promotor de redes de climatización a dicho dominio en condiciones neutrales, objetivas, transparentes, equitativas y no discriminatorias.
- **Aprovechamiento del calor residual.** Aunque tiene la clara ventaja de que aprovecha una energía que se deshecha, no es considerada renovable, por lo que no es subvencionable con los fondos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR).

### **Cambio de mentalidad**

- Su puesta en marcha supondría un cambio radical en la mentalidad de las personas, de cómo entendemos los sistemas de acondicionamiento de las viviendas (similar al cambio de mentalidad de hace unos años de instalar ascensores en todo edificio que no tuviera).
- Las redes ya instaladas más potentes son alimentadas con gas o biomasa, y son las prioritarias respecto a otras alternativas energéticas renovables, como calor residual, solar térmica, aerotermia suelo-aire, ciclo de absorción, bombas de calor de alta temperatura aire-agua <sup>7</sup> etc... Es necesario un cambio de rumbo para focalizarse en fuentes de energía residual o, al menos, renovable sin necesidad de combustión en zonas no rurales.

La construcción de las infraestructuras necesarias para la implementación de estos sistemas supone una inversión inicial importante, por lo que sería necesaria una implicación transversal entre consumidores y responsables políticos para que fuera una opción viable.

### **Estado actual en España y proyecciones futuras**

La instalación de una red de distrito respecto de instalaciones individuales ya conlleva mejoras en reducción energética, de costes y de emisiones debido a la mejora del rendimiento y la eficiencia, no a la energía utilizada. En España el uso de estos sistemas está aún muy vinculado al combustible fósil como fuente energética.

<sup>7</sup> *Vídeo de una jornada sobre redes de calor y frío*

Según los datos censales de la Asociación de Empresas de Redes de Calor y Frío (ADHAC):

-Existen 533 redes en España, con las que se ha evitado la emisión de 307 824 tn CO<sub>2</sub>. (El 31 % de las redes está instalada para el sector residencial).

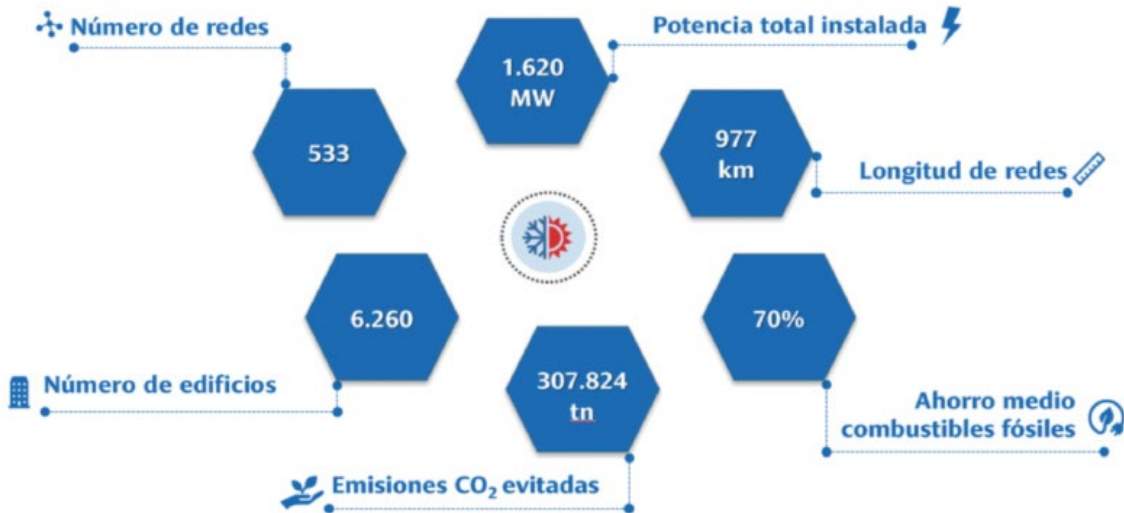


Figura 38: Estado actual del censo de las redes de calor y frío en España en 2023. Fuente: ADHAC

- Aunque casi 8 de cada 10 redes emplean renovables como principal fuente energética, el 49 % de la potencia instalada corresponde a redes con gas como principal combustible.

La biomasa está presente en la gran mayoría de las instalaciones.

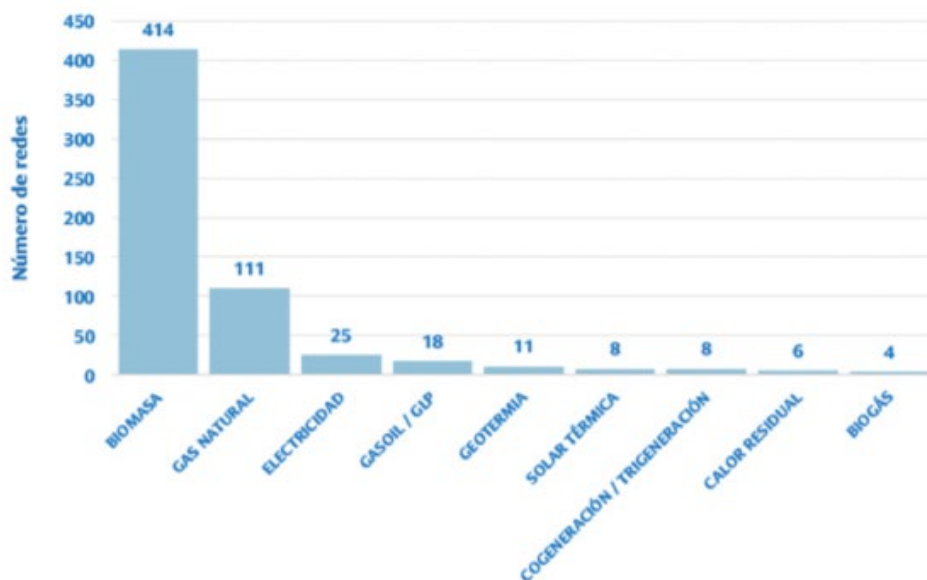


Figura 39: Fuentes de energía de las redes de calor y frío existentes en España. Fuente: ADHAC



Las energías renovables se utilizan para proporcionar la mitad (50%) de la potencia total instalada.

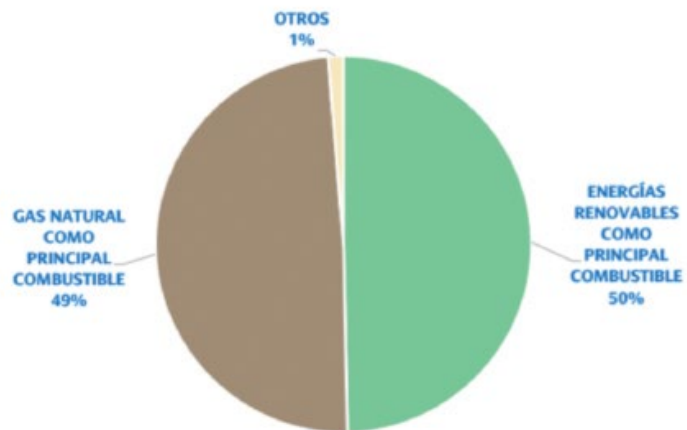


Figura 40: Fuentes energéticas según potencia instalada de las redes de calor y frío en España. Fuente: ADHAC

En cualquier caso, en España solamente un 0,15 % de la demanda final de calefacción es satisfecha con redes de distrito, minoritaria y aún emergente en comparación con la media europea, que se estima en un 10 %, o con ciertos países como Suecia o Dinamarca, donde se alcanzan un 50 y un 65 %, respectivamente.

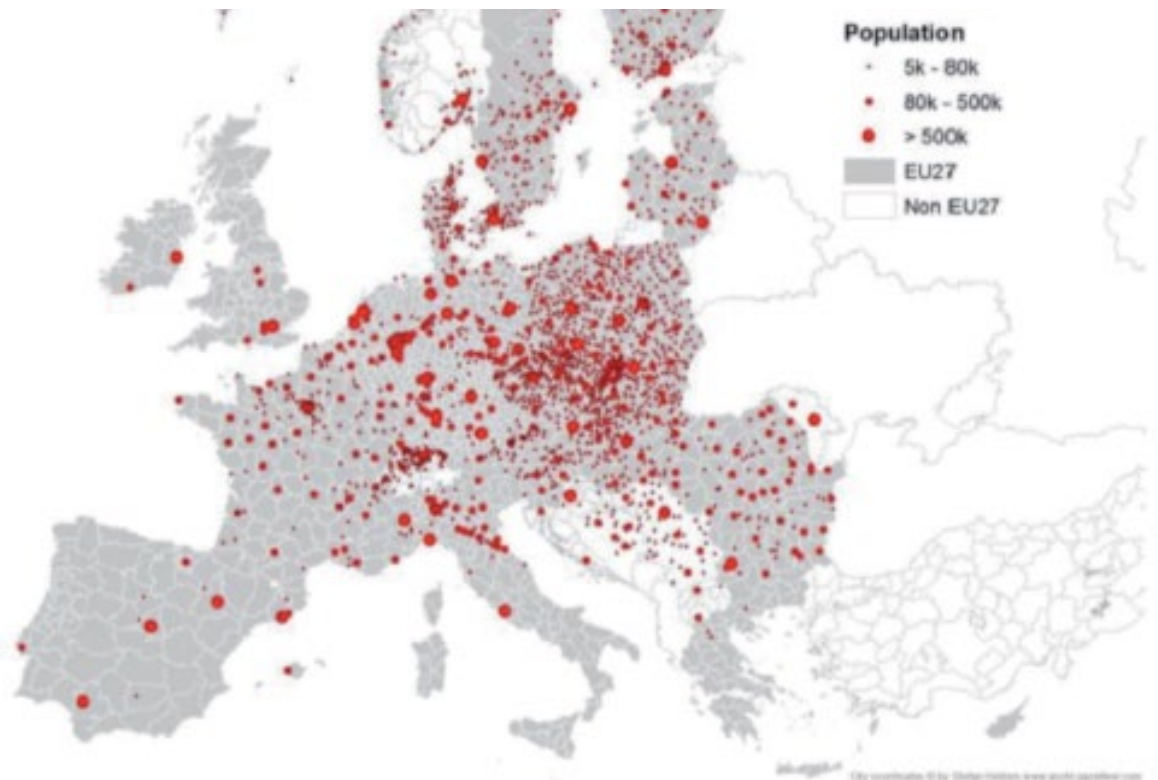


Figura 41: Ciudades de más de 5000 habitantes con District Heating. Fuente: Base de datos DHC de la Universidad de Halmstad

Según estos datos, podemos concluir que estas redes, aún con un gran protagonismo de los combustibles fósiles en España, suponen una mejora sustancial de ahorro y reducción de emisiones. Con una tecnología totalmente abastecida mediante energías limpias podríamos tener una solución a base de energías renovables que mejorase la eficiencia y el rendimiento respecto a las instalaciones renovables individuales.

Existe una gran variedad de fuentes energéticas posibles para la generación térmica de una red de distrito. La elección de una fuente, o varias conjuntamente, debería hacerse dependiendo de:

- Los recursos del lugar (geotérmicos, viento, sol, biomasa, ...).
- Las necesidades térmicas (dependiendo de la zona climática).
- Las posibilidades cercanas de aprovechamiento de calor residual (calor de industria, de espacios comerciales, de instalaciones subterráneas, ...).

Con estos tres aspectos clave, las redes de distrito podrían suponer una opción muy interesante para **descarbonizar las calefacciones, pero también para optimizarlas al máximo. También serviría para tener una red reversible, preparada para acondicionamiento de refrigeración en verano, consiguiendo así ciudades más resilientes al cambio climático y que amortizan estas grandes instalaciones.**

Según se indica en el "Informe sobre prospectiva y evolución futura de los sistemas de climatización y ACS en la edificación residencial" que acompañaba a la ERESEE 2020 <sup>8</sup>, en la mayoría de nuestros climas se deben desarrollar redes térmicas de distrito que puedan trabajar con temperaturas entre 15 °C y 40 °C. De este modo, los edificios dispondrían de bombas de calor agua/agua o agua/aire, según sean sus subsistemas de distribución interior, utilizando la red para evaporación o condensación, adecuándose a los usos instantáneos del edificio.

Las temperaturas bajas de trabajo de la red, además de maximizar la eficiencia de los equipos, simplifican las exigencias de las tuberías, generan menores necesidades de aislamiento térmico (prácticamente solo el necesario para la protección contra las corrosiones), y reducen las pérdidas, o ganancias, de calor y de caudales en los momentos en que exista compensación entre edificios. La conexión de los consumidores debe disponer, además, de los intercambiadores para evitar que se transfieran a la red problemas de cada productor de depósitos de inercia que atenúen las potencias instantáneas solicitadas de la red.

El crecimiento anual de instalaciones de redes de distrito es inferior al 5 %. Se espera que en los próximos años sea de un 20-25 %, logrando así que la eficiencia y mejora de los rendimientos obtenidos con su uso fuera realmente notable a nivel nacional.

<sup>8</sup> Estudio (04) para la ERESEE 2020. Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España, Vivienda y Suelo Ministerio de Fomento. Mayo de 2019

## Bombas de calor

Una bomba de calor es una máquina térmica que, utilizando un gas refrigerante en un ciclo termodinámico cerrado, transfiere calor de un entorno natural como el aire, el agua o la tierra, a un edificio o a aplicaciones industriales. Lo hace invirtiendo el flujo natural del calor, de modo que fluya de una temperatura más baja a una más alta. El proceso consiste en extraer, con ayuda de una fuente energética externa, el calor de una fuente de energía renovable (aeroterminia, hidrotérminia o geotérminia), a través del evaporador y transferirlo a un foco de mayor temperatura a través del condensador. Las bombas de calor reversibles pueden trasladar calor de un edificio al entorno natural, enfriando así el recinto interior.

Los principales componentes del ciclo frigorífico de compresión, en los que se basa la bomba de calor, determinan sus **cuatro fases**:

- **Evaporador (evaporación):** intercambio de calor donde se produce el cambio de fase del refrigerante de líquido a vapor (se evapora) gracias a la energía que le cede el medio que circula en su interior. Para que esto sea posible, el refrigerante debe estar en unas condiciones de presión tales que su temperatura de evaporación sea inferior a la del medio, para que este pueda transferirle energía y provocar su cambio de estado.
- **Compresor (compresión):** motor que, utilizando un trabajo exterior (generalmente alimentación eléctrica), aspira el refrigerante en fase vapor producido en el evaporador y lo comprime. En este proceso de compresión se eleva la presión y la temperatura del refrigerante, transfiriéndole la energía necesaria para su movimiento a lo largo del circuito frigorífico.
- **Condensador (condensación):** intercambiador de calor donde el refrigerante en fase vapor, a alta temperatura y alta presión, se condensa gracias al calor que cede al medio en circulación. La temperatura de condensación debe ser superior a la temperatura de entrada al intercambiador del fluido que se quiere calentar, para que este pueda extraer la energía y enfriar el vapor lo suficiente para que cambie de estado y se condense.
- **Válvula de expansión (expansión):** dispositivo situado a la salida del condensador cuya función es regular la cantidad de refrigerante líquido que debe circular entre el condensador y el evaporador para mantener los niveles de inundación, temperatura y presión adecuados para que el ciclo termodinámico funcione en las condiciones deseadas. Este elemento genera una pérdida de carga (regulada) que separa el lado de alta presión del condensador del lado de baja presión del evaporador. Después del sistema de expansión, el refrigerante, ya en fase mixta líquido-vapor, se introduce en el evaporador para iniciar el ciclo de nuevo.

En el gráfico siguiente se muestran los cuatro pasos mencionados.

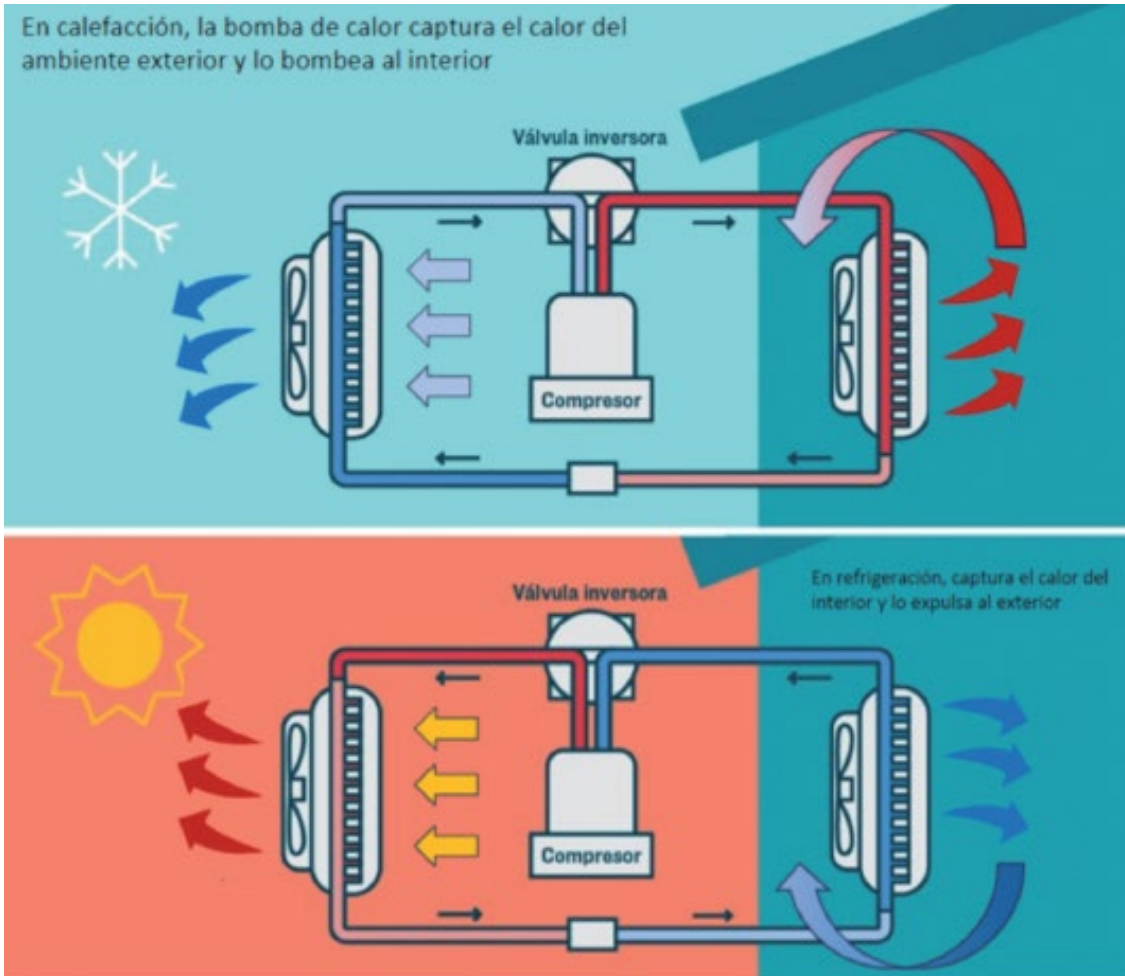


Figura 42: Funcionamiento de las bombas de calor. Fuente: AFEC

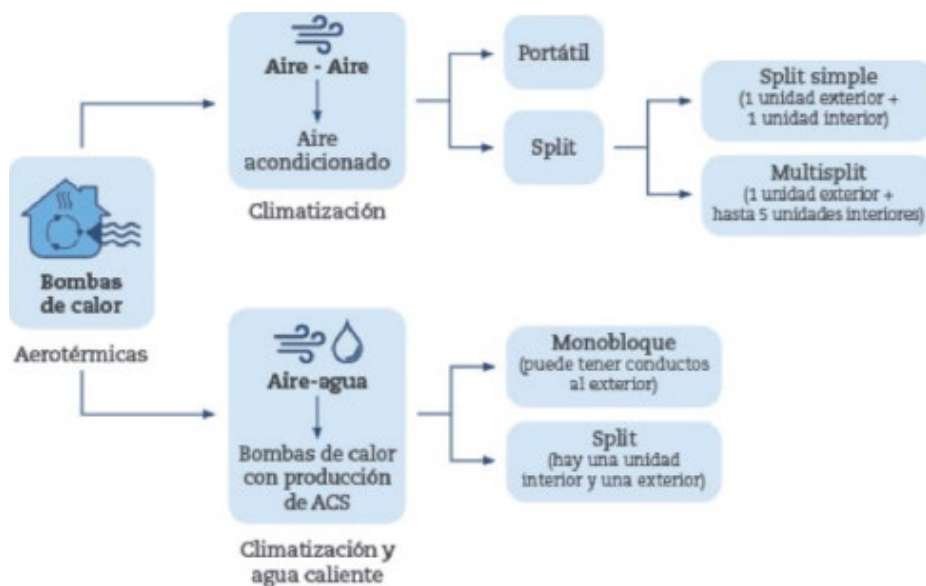


Figura 43: Tipos de bombas de calor aerotérmicas. Fuente: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/energia-renovable/informe/bomba-de-calor>

En función de la fuente de la que toman calor y a la cual se lo ceden, se obtiene la siguiente **clasificación**:

**Aire – aire.** Son las más extendidas por el precio, versatilidad (calefacción, refrigeración, deshumectación e incluso tratamiento de aire) y sobre todo por la disponibilidad de las fuentes por el origen renovable de la energía. La máquina exterior bombea el calor del aire exterior y se lo cede a un caudal de recirculación de aire que circula por el local que se quiere calefactar. Dentro de esta tipología encontramos:

- a) expansión directa (multisplit)
- b) por conductos

**Aire – agua.** Toma el calor del aire exterior y se lo cede al agua de circulación de una instalación de calefacción por agua. Son muy adecuadas para las instalaciones de suelo radiante por su baja temperatura de funcionamiento y también para las de media temperatura, como radiadores. Las unidades terminales que calefactan los espacios pueden también ser radiadores o fan-coils o combinarse todos ellos mediante separadores hidráulicos-depósitos de inercia y circuitos de bombeo y de mezcla. También pueden producir agua caliente sanitaria, refrigeración, calentamiento de piscinas, etc... e incluso pueden disponer de recuperación de calor cuando son de media potencia. Comercialmente se les conoce como sistemas de aerotermia.

**Agua – aire.** Toma el calor de una corriente de agua: un río cercano o una corriente subterránea y se lo cede al aire del local que hay que calefactar.

**Agua – agua.** Toma el calor de una corriente de agua y se lo cede al agua de una instalación de calefacción.

Dentro de este grupo, se denominan **hidrotérmicas** si toman calor de aguas subterráneas (mar, río, canal, aguas subterráneas, lago, etc.). Estas bombas que toman calor del agua pueden tener un CoP superior a las de aire, especialmente las que usan corrientes de agua subterráneas si tienen, cuando no están alteradas, una temperatura media anual casi constante y siempre que la energía de bombeo requerida no sea muy elevada y en zonas de clima frío. Sin embargo, su uso está supeditado a la existencia en las cercanías de la instalación de una corriente de agua adecuada, lo cual no es fácil y restringe en gran manera la aplicación de estas máquinas.

Dentro del mismo grupo se denominan **geotérmicas** <sup>9</sup> cuando la fuente de calor es el terreno, un calor captado mediante redes de tubería instaladas o bien horizontalmente (en zanjas) o bien verticalmente (mediante perforaciones), a través de las cuales circula una mezcla de agua con anticongelante y protectores de corrosión.

<sup>9</sup> *Guía de la energía geotérmica.*

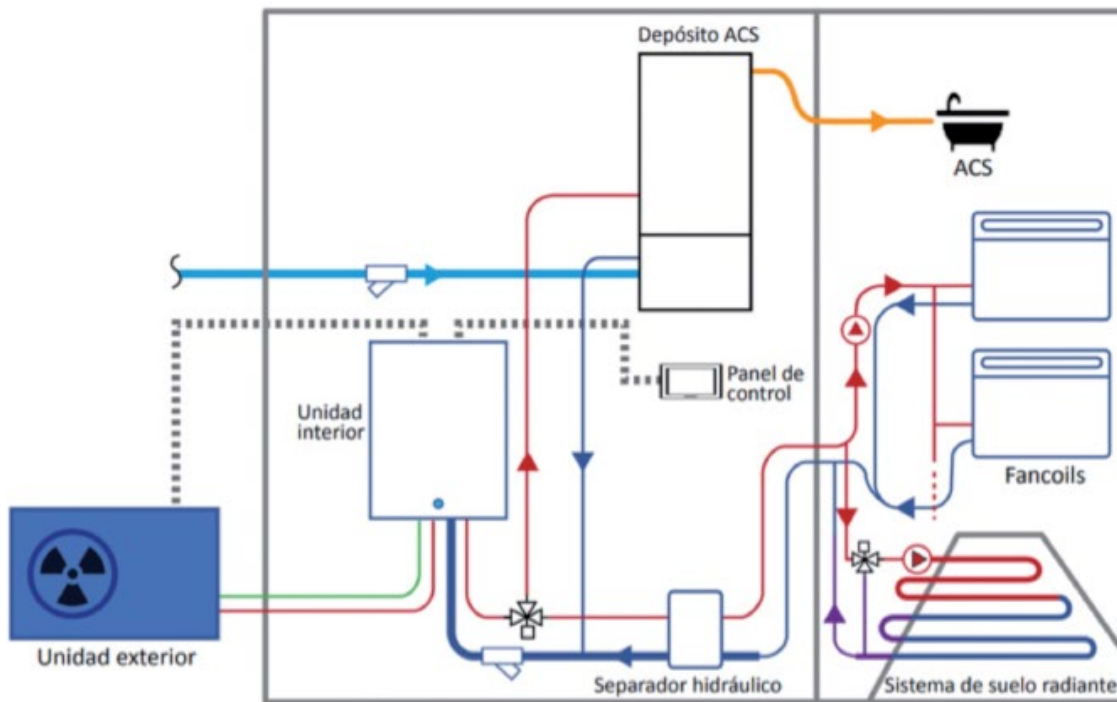


Figura 44. Ejemplo de sistema con bomba de calor para tres servicios, ACS, S. Rad. y fancoils.  
Fuente: Guía IDAE 025: La bomba de calor en la rehabilitación energética de edificio.

De la totalidad de equipos instalados en 2021 en España, el 98 % son BC de tipo reversible Aire-Aire, seguidas de las BC Aire-Agua reversibles (aeroterminia), con un 1'5%. Las BC geotérmicas no alcanzan el 1 % de cuota de mercado, debido probablemente a su mayor coste y dificultades de implantación y a las benignas condiciones climatológicas en España.

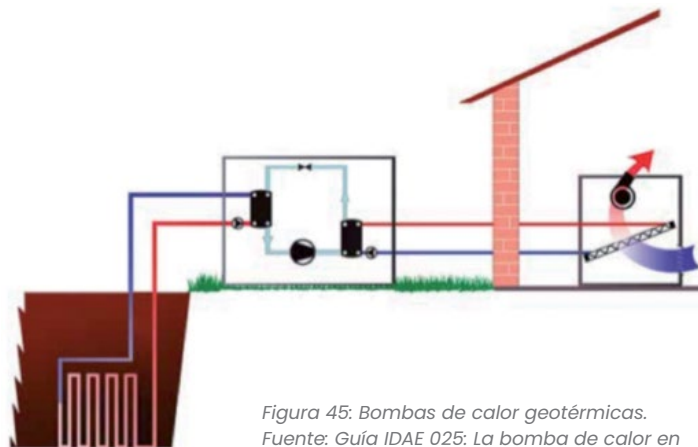


Figura 45: Bombas de calor geotérmicas.  
Fuente: Guía IDAE 025: La bomba de calor en la rehabilitación energética de edificio

Si nos centramos en el sector residencial, dominan el mercado también las BC de tipo reversible Aire- Aire y las geotérmicas Tierra-Agua no llegan en este caso al 1 por mil del total de instalaciones con bomba de calor. Aunque la denominada aeroterminia es una tecnología en auge, el IDAE no recoge aún en sus estadísticas de 2021 ninguna instalación residencial de tipo BC Aire-Agua.

2021								
Tipo de bomba de calor	Fuente energética y medio de distribución	Número de plantas	Potencia térmica (kW)	Horas	Producción térmica (tep)	SPF	Consumo eléctrico (MWh)	Consumo EERR (tep)
Bomba de calor aerotérmica	Aire-Agua	9.684	195.897	1.478	24.906,19	3	91.257	17.058
Bomba de calor aerotérmica	Aire-Aire (reversible)	4.909.752	30.495.226	436	1.142.914,98	3	4.169.594	784.330
Bomba de calor aerotérmica	Aire-Agua (reversible)	76.896	3.113.203	1.389	371.849,95	3	1.426.142	249.202
Bomba de calor geotérmica	Tierra-Agua	3.804	190.954	1.659	27.248,72	5	63.817	21.760
Bomba de calor hidrotérmica	Agua-Aire	4	109	1.113	10,43	4	32	8
Bomba de calor hidrotérmica	Agua-Agua	8	1.747	1.231	184,93	3	636	130
<b>Totales</b>		<b>5.000.150</b>	<b>33.997.135</b>	<b>536</b>	<b>1.567.115</b>	<b>3,17</b>	<b>5.751.479</b>	<b>1.072.488</b>

Figura 46: Equipos BC instalados en 2021. Fuente IDAE, <https://estadisticas-bombasdecalor.idae.es/>

La etiqueta energética nos ayuda a comparar entre modelos eficientes para distintos escenarios climáticos. Valores altos de rendimiento COP y SCOP significan costes más bajos en calefacción, mientras que si tiene un EER y SEER altos significan menores consumos en refrigeración.

#### Niveles de temperaturas para aplicación de la bomba de calor:

En cuanto a niveles de temperaturas para aplicación de la bomba de calor, podemos hacer estas clasificaciones básicas, según aparecen en el Reglamento (UE) 813/2013 de la Comisión, relativo a los requisitos de diseño ecológico para calentadores de agua y depósitos de agua caliente (ecodiseño):

1. Bombas de calor para aplicación a **baja temperatura**: aplicación en la que el aparato de calefacción con bomba de calor suministra su capacidad de calefacción declarada a una temperatura de 35 °C en la salida de un intercambiador de calor de interior.
2. Bombas de calor para aplicación a **media temperatura**: aplicación en la que el aparato de calefacción con bomba de calor, o el calentador combinado con bomba de calor, suministra su capacidad de calefacción declarada a una temperatura de 55 °C en la salida de un intercambiador de calor de interior.
3. Bombas de calor de **alta temperatura**: con valores de entrega superiores a 55 °C y hasta 100 °C. (La Agencia Internacional de la Energía considera bomba de calor de alta temperatura valores de temperatura de sumidero superiores a 80 °C).
4. Bombas de calor de **muy alta temperatura**: con valores de entrega a "sumidero" superiores a 100 °C <sup>10</sup>.

<sup>10</sup> *Guía de la energía geotérmica*

El nivel de temperatura en el “foco frío” permite conseguir una determinada temperatura en la entrega al “sumidero” o consumidor. Por otra parte, *cuanto menor sea la diferencia de temperaturas entre “foco frío” y “caliente”, mayor será la eficiencia termodinámica de la bomba de calor*, por ello se debe intentar identificar un “foco frío” con una temperatura de utilización lo más cercana posible a la requerida por el consumidor.

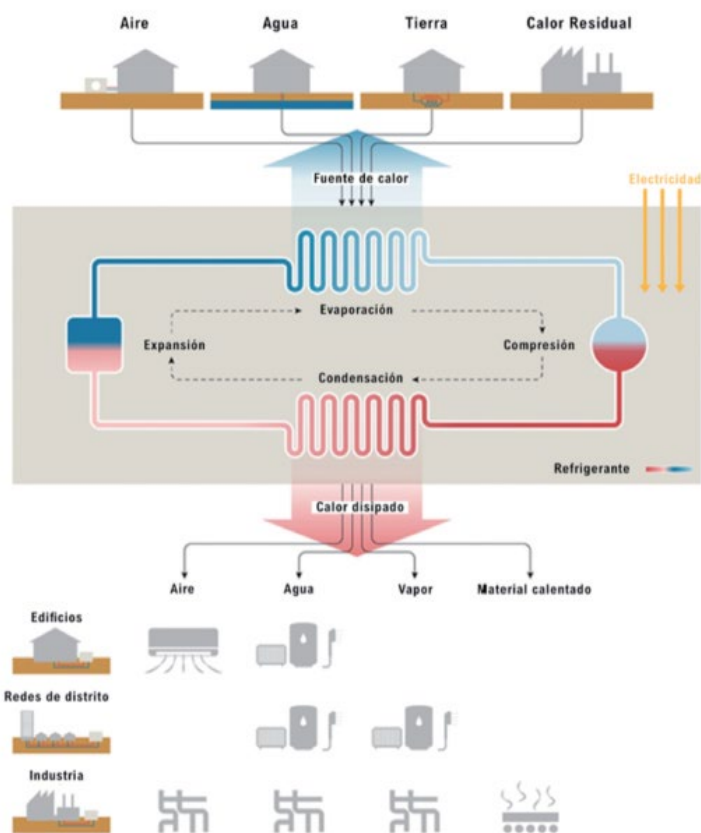


Fig. 47 tomada de <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps/how-a-heat-pump-works>

En el pasado, la mayoría de las bombas de calor aerotérmicas en el mercado abarcaban temperaturas de trabajo comprendidas entre 35 y 45 °C en calefacción, derivadas de su diseño optimizado para refrigeración, con alguna limitación cuando las temperaturas exteriores eran inferiores a 0 °C exteriores.

Sin embargo, ya existen algunos modelos comerciales que mantienen perfectamente temperaturas de operación altas (entre 55/ 60/ 70 °C o incluso 80 °C) que son perfectas para rehabilitaciones de sistemas de calefacción por radiadores en las que solo se proponga la sustitución de la caldera sin modificar el resto de la instalación, siempre contando con los elementos hidráulicos necesarios (separador hidráulico/ depósito de inercia, entre otros). Estas bombas de calor también generan agua caliente sanitaria (mediante interacumulador) o incluso refrigeración si se combina con elementos terminales para este fin, con lo que la optimización del cambio es total.

Estas bombas de calor aerotérmicas a alta temperatura funcionan generalmente con gas refrigerante con una temperatura crítica alta (R32 o R290) y un solo compresor o, en casos muy específicos, con un sistema de doble compresor.



En función de la temperatura de trabajo necesaria de los elementos terminales, la regulación y control previsto, etc... se debe elegir la mejor tecnología disponible, así como el refrigerante más adecuado.

Cuando las bombas de calor disponen de la tecnología inverter, por la cual el compresor y los ventiladores modifican sus revoluciones en función de la demanda, su amplio rango de modulación permite reducir la potencia y la temperatura de impulsión en los momentos donde no se requiere el máximo de su capacidad. De esta manera se optimiza al máximo su eficiencia (a menor temperatura de impulsión mejor rendimiento) reduciendo los consumos energéticos mientras se asegura el confort en el ambiente.

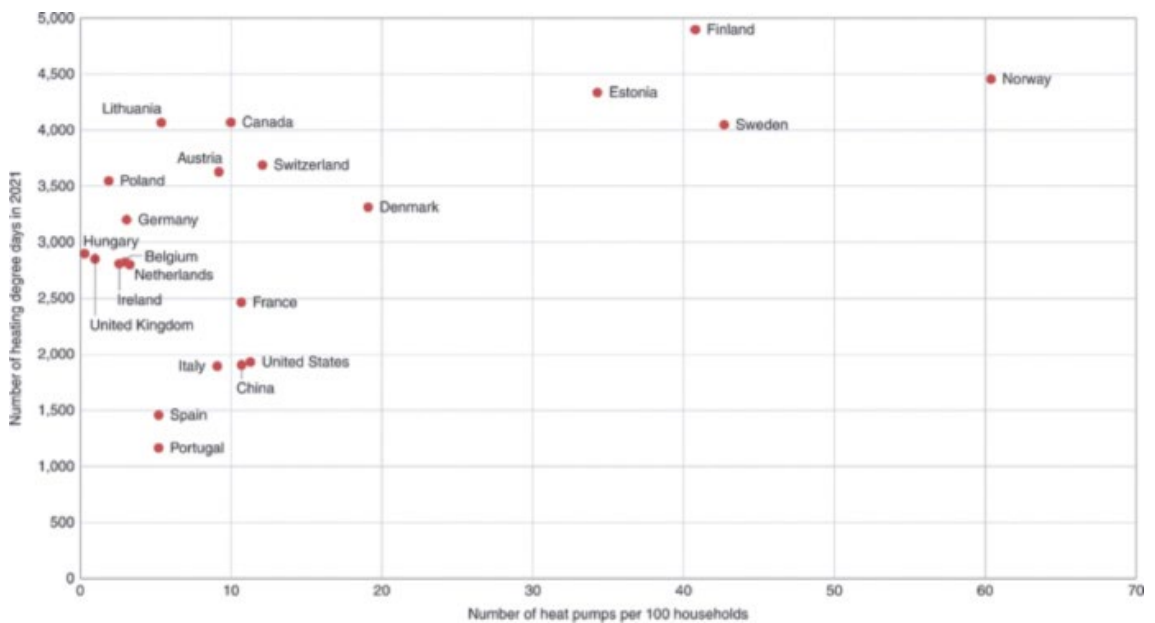


Fig 48: Heat pump penetration and number of heating degree days in 2021 in selected countries. Fuente: Rosenow, J., Gibb, D., Nowak, T. et al. Heating up the global heat pump market. Nat Energy 7, 901–904 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01104-8>

Pese a que existen ciertas dudas entre la población sobre la eficiencia de las bombas de calor en los climas fríos o extremos, una baja eficiencia muchas veces derivada de una instalación muy deficiente <sup>11</sup>, lo cierto es que existen soluciones adaptadas a todas las circunstancias. Paradójicamente los países nórdicos, con los climas más fríos en Europa, son los que están adoptando a mayor ritmo esta tecnología.

La figura muestra cómo los países más fríos (más grados-día de calefacción) tienden a tener mayores niveles de penetración de las bombas de calor. El número de grados-día de calefacción es una media ponderada por la población con una temperatura de referencia de 18 °C. La penetración de las bombas de calor muestra el número de bombas de calor existentes por cada 100 hogares en los países seleccionados en 2020.

<sup>11</sup> Instalación bomba de calor – IDAE

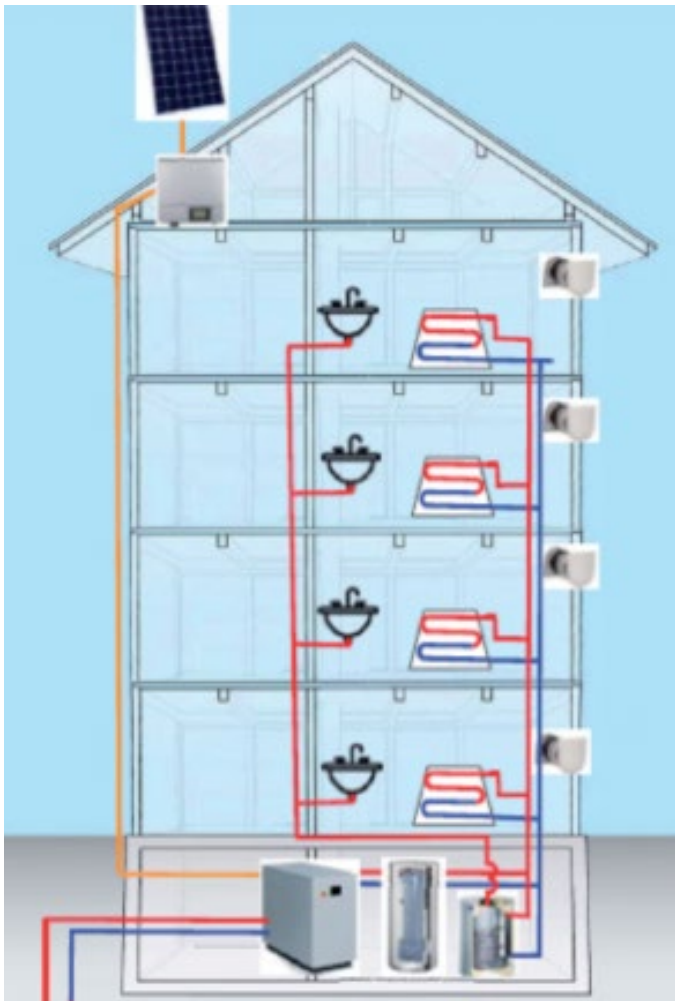


Figura 49: Ejemplo de instalación central de calefacción y ACS con Bomba de Calor geotérmica con apoyo FV. Fuente: Viessmann

En los climas severos, las bombas de calor geotérmicas funcionarán mejor, si cabe, puesto que el intercambio se produce con un medio a una temperatura siempre igual o superior a 0 °C.

Las bombas de calor empleadas en sistemas de climatización de distrito pueden, además, ser el vehículo idóneo para recuperar el calor residual procedente de diversas fuentes externas. En última instancia y, en algunos casos excepcionales, puede estar justificada la hibridación de un sistema de bomba de calor con una caldera alimentada por otra fuente energética, preferiblemente también renovable, como puede ser la biomasa (o incluso una resistencia térmica alimentada por electricidad de origen renovable).

Esta flexibilidad permite aprovechar las ventajas de ambos sistemas. Se fija entonces un punto de temperatura bivalente a partir del cual entra en funcionamiento el sistema de apoyo, bien por tratarse de una temperatura de trabajo en la que la bomba de calor es poco eficiente, bien porque ante un pico la bomba de calor no alcanza a cubrir la demanda, o bien por una cuestión de rentabilidad económica. Se estima que, en general, con el 30 % de potencia se cubre el 80 % de la demanda de energía en calefacción al año. La hibridación puede ser de varios tipos: parcial, paralela, alternativa etc... en función de las características de la instalación. <sup>12</sup>

<sup>12</sup> Guía: La bomba de calor en la rehabilitación energética de edificios - IDAE / AFEC

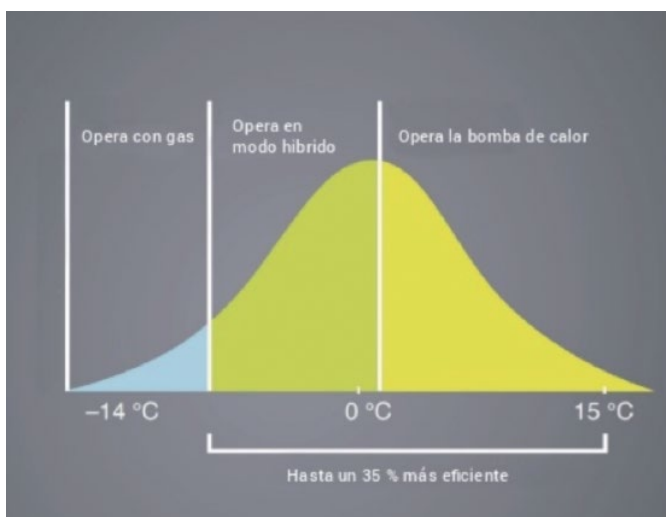


Figura 50: Funcionamiento de un sistema híbrido de bomba de calor con caldera de gas.  
Fuente: Guía sobre "Sistemas eficientes y renovables en la edificación", FEGECA

El sistema híbrido requiere siempre dos componentes imprescindibles: la acumulación y la regulación. En nuestro modelo, se contempla que las viviendas situadas en zona climática E tienen una caldera como apoyo a la aerotermia.

## Producción actual y escenario a 2030

Sector	Número de plantas	Potencia térmica (kW)		Producción térmica (tep)	Consumo eléctrico SPF (MWh)	Consumo EERR (tep)	
Administraciones Públicas	68	13.270,65	0,05%	1.781,51	4,65	4.459,02	1.398,00
Comercio	38	11.233,07	0,04%	1.866,64	5,01	4.335,36	1.493,78
Educación	39	16.527,43	0,06%	2.676,84	4,50	6.910,69	2.082,49
Hospitales	17	11.913,77	0,04%	2.749,74	5,46	5.859,68	2.245,79
Hoteles	72	21.400,11	0,08%	2.522,07	5,86	5.008,63	2.091,33
Oficinas	44	6.755,91	0,03%	973,78	4,90	2.309,34	775,17
Otras Actividades no especificadas	734.633	9.372.723,65	34,80%	887.270,08	3,19	3.233.070,34	609.225,97
Otros Servicios y Servicios Públicos	127	24.743,72	0,09%	3.803,71	4,82	9.179,12	3.014,28
Residencial	3.822.904	17.457.360,58	64,81%	281.501,45	3,27	1.001.498,51	195.372,42
Restaurantes	1	11,00	0,00%	1,37	5,27	3,01	1,11
<b>Totales</b>	<b>4.557.943</b>	<b>26.935.939,89</b>		<b>1.185.147,19</b>	<b>3,23</b>	<b>4.272.633,70</b>	<b>817.700,34</b>

Figura 51: N° de instalaciones registradas y sus parámetros energéticos.  
Fuente: IDAE, <https://estadisticas-bombasdecalor.idae.es/>

De acuerdo con los datos estadísticos del IDAE, excluyendo las actividades industriales, el sector energético y la agricultura, existen alrededor de 4'5 millones de instalaciones registradas, la mayoría de las cuales (65 %) se encuentran en el sector residencial. Estas instalaciones produjeron en 2021 más de 1 millón de Tep de energía térmica, equivalentes a 13 780 781,27MWh (1MWh eléctrico = 0,086 Tep), con un rendimiento SPF superior a 3 y un consumo de EERR (extraído del ambiente) superior al 30 % del total. Cabe destacar que en la industria (excluyendo sector energético) hay instalados más de 7 GW (= 2x residencial) de equipos basados en bombas de calor.

La energía renovable procedente del calor ambiente, extraída por las bombas de calor, supuso en 2021 algo más del 5 % del total de la producción renovable nacional.

## ktep, ktep, Estructura (%), Estructura (%), Variación, orden

POR FUENTE ENERGÉTICA, SUBÁREA, FUENTEENE\_V2

Fuente energética	ktep	Estructura (%)	ktep	Estructura (%)	Variación
<b>Carbón</b>	<b>3,100</b>	<b>2.6%</b>	<b>3,097</b>	<b>2.5%</b>	<b>-0.1 %</b>
<b>Petróleo</b>	<b>52,046</b>	<b>44.0%</b>	<b>57,497</b>	<b>45.7%</b>	<b>10,5 %</b>
<b>Gas Natural</b>	<b>27,937</b>	<b>23.6%</b>	<b>29,514</b>	<b>23.4%</b>	<b>5,7 %</b>
<b>Nuclear</b>	<b>15,174</b>	<b>12.8%</b>	<b>14,714</b>	<b>11.7%</b>	<b>-3,1 %</b>
<b>Energías Renovables</b>	<b>19,094</b>	<b>16.2%</b>	<b>20,509</b>	<b>16.3%</b>	<b>7,5 %</b>
<b>Biocombustibles y otros biolíq...</b>	<b>1,406</b>	<b>1.2%</b>	<b>1,409</b>	<b>1.1%</b>	<b>0,3 %</b>
Biodiesel	1,316	1.1%	1,292	1.0%	-1,9 %
Biogasolina	87	0.1%	114	0.1%	31,2 %
Otros biolíquidos	3	0.0%	3	0.0%	10,3 %
<b>Biomasa y residuos</b>	<b>5,613</b>	<b>4.7%</b>	<b>5,888</b>	<b>4.7%</b>	<b>4,9 %</b>
Biogás	323	0.3%	326	0.3%	0,8 %
Biomasa	5,054	4.3%	5,278	4.2%	4,5 %
R.S.U.	236	0.2%	283	0.2%	20 %
<b>Calor ambiente</b>	<b>960</b>	<b>0.8%</b>	<b>1,072</b>	<b>0.9%</b>	<b>11,7 %</b>
Eólica	4,853	4.1%	5,336	4.2%	10 %
Geotérmica	0	0.0%	0	0.0%	0 %
Hidráulica	2,623	2.2%	2,547	2.0%	-2,9 %
Marina	2	0.0%	2	0.0%	-29,7 %
<b>Solar</b>	<b>3,636</b>	<b>3.1%</b>	<b>4,255</b>	<b>3.4%</b>	<b>17,1 %</b>
Fotovoltaica	1,348	1.1%	1,885	1.5%	39,9 %
Solar térmica	328	0.3%	337	0.3%	3 %
Solar termoelectrica	1,960	1.7%	2,033	1.6%	3,7 %
<b>Residuos No Renovables</b>	<b>540</b>	<b>0.5%</b>	<b>517</b>	<b>0.4%</b>	<b>-4,2 %</b>
<b>Saldo Electr.(Imp.-Exp.)</b>	<b>282</b>	<b>0.2%</b>	<b>73</b>	<b>0.1%</b>	<b>-74,1 %</b>
<b>Total</b>	<b>118,172</b>	<b>100.0%</b>	<b>125,921</b>	<b>100.0%</b>	<b>6,6 %</b>

Figura 52: Energía bruta disponible (ktep), variación 2020-2021. Fuente: IDAE, Informe estadístico de energías renovables

Asimismo, en 2021 se produjo un notable incremento, próximo al 12 % respecto al año anterior, siguiendo la marcada tendencia de crecimiento establecida durante los últimos años. Según los datos del sector (Asociación Europea de Bombas de Calor - EHPA), en 2022 se produjo un incremento de unidades vendidas del +21 %, con un total de 162 000 unidades para la calefacción de espacios y otras 23 000 para calentamiento de agua.

Aun así, estamos muy por debajo de la aportación renovable mediante bombas de calor para calefacción y ACS respecto a los países de nuestro entorno, pese al elevado potencial de España por sus temperaturas invernales moderadas comparadas con los países que lideran la adopción de esta tecnología:

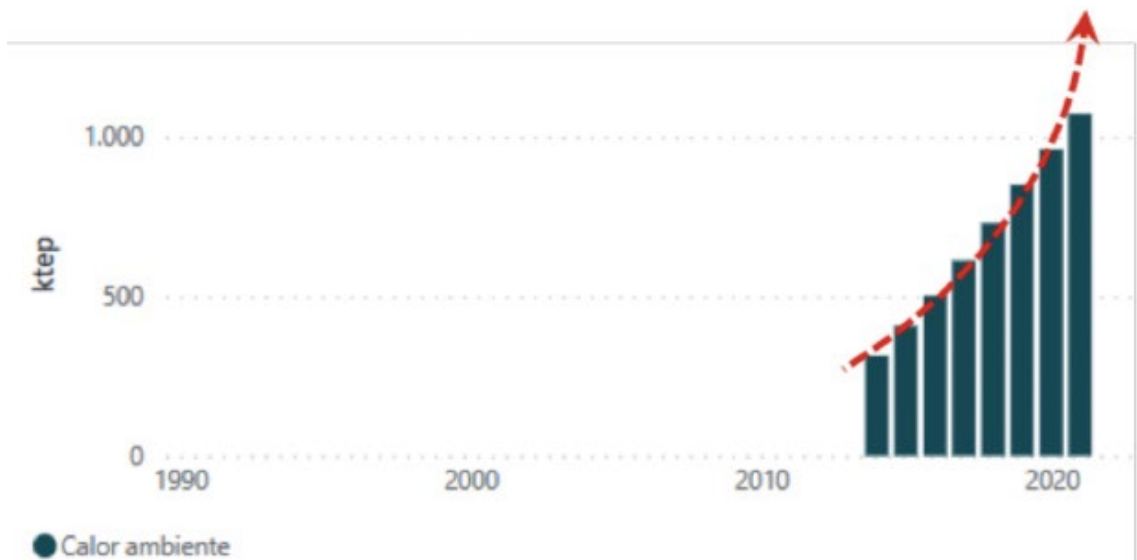


Figura 53: Consumo primario de energías renovables por tipo. Evolución de la fuente energética Calor ambiente.  
Fuente: IDAE, Informe estadístico de energías renovables

Por su parte, el mercado europeo de bombas de calor batió un nuevo récord en 2022, con cerca de 3 millones de unidades vendidas. Las cifras para 2022 recogidas por la Asociación Europea de Bombas de Calor indican un crecimiento de casi el 38 %, superior al aumento sin precedentes del 34 % de las ventas anuales del año anterior.

Chart 1.0-2: Renewable thermal energy provided per country, by type, 2021 (in TWh); "Air/air" counts heat pumps with a primary heating function

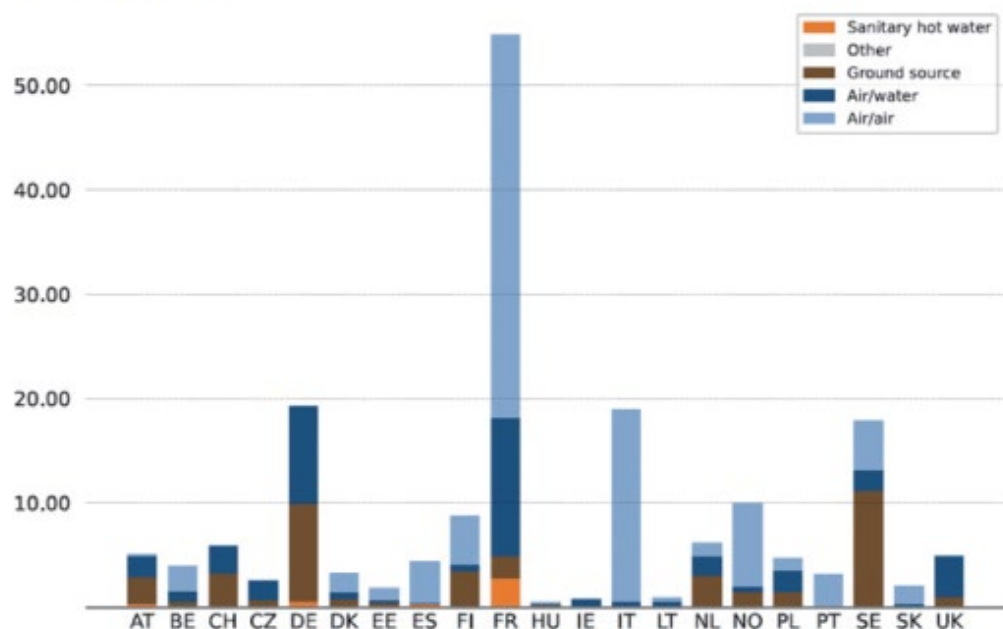


Figura 54: European heat pump market and statistics report 2023. Fuente: European Heat Pump Association (EHPA)

El número total de bombas de calor para calefacción conectadas (tanto aire-aire como hidrónicas o de agua) y de bombas de calor para agua caliente en Europa ronda ya los 20 millones y proporcionan calefacción a cerca del 16 % de los edificios residenciales y comerciales de Europa.

Tras la invasión rusa de Ucrania en febrero de 2022, la Unión Europea fijó nuevos objetivos para reducir las importaciones de energía. Las bombas de calor se identificaron como la piedra angular del alejamiento de los combustibles fósiles importados y, en el marco de REPowerEU, se fijó el objetivo de duplicar las instalaciones anuales de bomba de calor en cinco años.

El objetivo es instalar al menos 10 millones más de bombas de calor de aquí a 2027. Además de la eliminación progresiva de las calderas autónomas para 2029 en virtud de la Directiva de Ecodiseño, la Comisión Europea prevé "un despliegue adicional total de 30 millones o más de bombas de calor" de aquí a 2030 con respecto a 2020, "la mayoría hidrónicas (incluidas las híbridas)", según lo establecido en el nuevo Plan industrial asociado al Pacto Verde.

Actualmente el desarrollo del Plan de acción <sup>13</sup> para acelerar el despliegue de las bombas de calor en la Unión Europea se encuentra en fase de consultas.

En todo caso, el éxito de estos objetivos deberá ir acompañado, siguiendo el principio de jerarquía efficiency first y para ser compatible con el sistema energético, de un incremento de la eficiencia energética (propuesto en el 13 %) y una fuerte reducción de la demanda energética en el sector, en consonancia con lo previsto en la nueva Directiva EPBD.

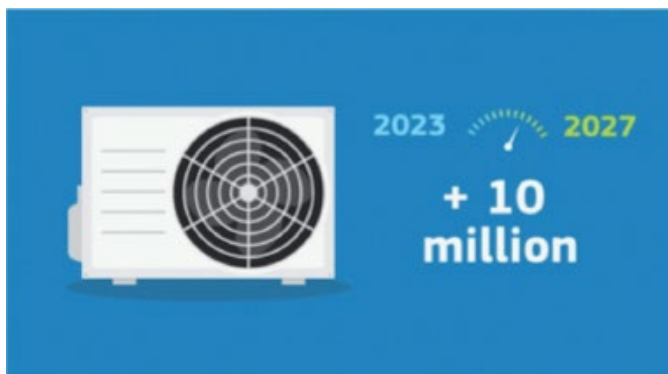


Figura 55: Fuente Com. EU  
[https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/heat-pumps\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/heat-pumps_en)

Las mejoras de la eficiencia en el sector de los edificios pueden reducir la demanda de calor de las viviendas europeas entre un 44 y un 51 %. La instalación de bombas de calor en viviendas con una envolvente inadecuada aumenta la carga de trabajo de las bombas de calor, lo que se traduce en un mayor consumo de energía y, en última instancia, en facturas más elevadas para los usuarios finales.

<sup>13</sup> Plan de acción de bombas de calor de la UE

### Tensiones en el mercado y barreras actuales

Sin embargo, hay varios puntos que deben abordarse para aumentar el despliegue y la producción de bombas de calor en consonancia con los objetivos europeos. Entre ellos cabe citar la falta de trabajadores cualificados, los cuellos de botella en la cadena de suministro y la integración del sector energético, o simplemente, en algunos casos, la mera falta de espacio disponible.

El aumento de la demanda de electricidad para alimentar las bombas de calor podría suponer <sup>14</sup> para España unos 2,615 MW adicionales de potencia eléctrica máxima, lo que representa alrededor del 1 % de la capacidad eléctrica total. En términos de infraestructura de la red eléctrica, la expansión requeriría más de 700 M€.

Según los cálculos de la EHPA en España, la demanda adicional se puede inferir de los datos del borrador del PNIEC 2023-2030, en concreto de la tabla A.13, "Porcentaje de energía renovable sobre consumo de energía final en Escenario Objetivo", un borrador <sup>15</sup> que para el año 2030 estima que la energía térmica suministrada en España por bombas de calor será de 3.523 ktep. Esto supone un valor medio del coeficiente de rendimiento estacional en calefacción (SCOP) igual a 4, la energía eléctrica consumida total sería de 880,75 ktep/año. Suponiendo una aproximación de 1100 ktep de energía eléctrica consumida por cada ktep de potencia eléctrica de la bomba de calor, la potencia necesaria máxima total en la red eléctrica, debida a la bomba de calor, sería de 0,88 ktep = 5,8 GW, por lo que si considerásemos una sustitución de sistemas de combustión por bombas de calor, en comparación con el año 2022, supondría la necesidad de un incremento de potencia eléctrica en la red de 3 GW (para una simultaneidad del 100 %).

Sin embargo, ya existe un parque instalado de bombas de calor y aire acondicionado de casi 16 millones de unidades (dato de EHPA en España), aunque muchos de ellos funcionan solo en verano (por ejemplo, en vivienda, muchas disponen de una caldera y uno o varios equipos splits), por lo que sería un error contabilizar la potencia eléctrica necesaria en calefacción por la bomba de calor como una razón para suponer que la red eléctrica no está preparada, puesto que esta potencia ya se está consumiendo en verano y es soportada por la red eléctrica. Solo cambiaría la estacionalidad en la producción.

Así, y dado que el parque instalado en 2030 superará los 20 millones de unidades de bomba de calor (suponiendo una potencia media de 3 kW, serían 60 GW de potencia térmica), tan solo hay que considerar el incremento de potencia derivado de estos 4 millones de bombas de calor adicionales. Si se toma una potencia media de 4 kW, el

<sup>14</sup> Hoja de Ruta del Calor en España. Universidad de Aalborg, 2018

<sup>15</sup> Porcentaje de energías renovables sobre consumo energía final en Escenario Tendencial

incremento de potencia eléctrica en la red eléctrica debido a su uso sería de 2,7 GW totales (100 % de simultaneidad) o de 1,3 GW si se considera una simultaneidad del 50 % en calefacción. Tampoco este incremento tiene por qué conllevar necesariamente un incremento en la producción actual, puesto que la demanda de electricidad durante la tarde-noche y primera hora de la mañana (momento de mayor uso de bomba de calor aerotérmica en viviendas) cae un 40 % en comparación con el día, según los datos de Red Eléctrica Española. El uso de producción distribuida y sistemas de control de la demanda puede reducir también el estrés de la red eléctrica. El ahorro de energía final nacional anual sería de 3.523ktep - 880,75 ktep = 2.372,35 ktep/año, cuando se compara con sistemas de caldera de gas.

A nivel de usuario final, es necesario abordar las lagunas de información y los problemas de costes iniciales y operativos (precio suministro gas vs electricidad) para garantizar la continuidad de la demanda futura. El indicador de preparación de la bomba de calor (HPRI) debería incluirse como etiqueta en el EPC de un edificio, permitiendo a los propietarios/ocupantes evaluar y comprender fácilmente el potencial inminente y futuro de una bomba de calor, y ayudando a comunicar otros beneficios potenciales.

Algunos de los obstáculos pueden aliviarse a nivel más local. La industria y las organizaciones sindicales de toda Europa han puesto en marcha iniciativas de formación y reciclaje para aumentar el número de instaladores y trabajadores cualificados en el marco del Pacto Europeo por las Capacitaciones. En 2022 se constató un entorno de mercado muy difícil, en parte debido a los efectos de la pandemia, con las partes interesadas de toda la cadena de valor trabajando al límite de su capacidad y las cadenas de suministro de intercambiadores de calor, ventiladores, compresores y semiconductores al límite.

Según el informe de la Comisión sobre la competitividad de la cadena de suministro de bombas de calor de la Unión Europea, cuatro de cada cinco materias primas (acero inoxidable, cobre, aluminio, oro y zinc) requieren importaciones de fuera de Europa, y el aluminio y el zinc representan más del 60 % del suministro <sup>16</sup>. El aluminio es actualmente uno de los cinco bienes iniciales que se incluyen en la propuesta del Mecanismo de Ajuste de las Fronteras de Carbono (CBAM) de la Unión Europea, lo que indica que su importación tiene una mayor huella de carbono que el uso de bienes idénticos producidos en Europa <sup>17</sup>. También es probable que las bombas de calor funcionen con gases fluorados de efecto invernadero importados, sumando a las emisiones del transporte la ya elevada intensidad energética necesaria para fabricar estos productos químicos <sup>18</sup>.

<sup>16</sup> European Commission (2021). *Commission Staff Working Document Accompanying the document Report from the Commission to the European Parliament and the Council on Progress on competitiveness of clean energy technologies 4 & 5 - Solar PV and Heat pumps*

<sup>17</sup> European Commission (2021). *'Carbon Border Adjustment Mechanism: Questions and Answers'*.

<sup>18</sup> Oltersdorf, T. (2021). *'Briefing: One step forward, two steps back. A deep dive into the climate impact of modern fluorinated refrigerants'*. ECOS. (2022-03-21)



La decisión sobre los gases refrigerantes empleados también puede tener a medio plazo repercusiones sobre la dependencia de las cadenas de aprovisionamiento.

### Escenario 2050

El escenario de la Hoja de Ruta del Calor en España del proyecto Heat Roadmap Europe (HRE) <sup>19</sup> muestra un sector de calefacción urbana de cara a 2050 que cuenta con una gran variedad de fuentes (renovables, altamente eficientes y excedentarias) y crea un fuerte vínculo con el sector eléctrico, permitiendo no sólo la descarbonización del propio sector de la calefacción urbana, sino también una mayor integración de la electricidad renovable en el sistema energético más amplio. A medida que la oferta y las fuentes de suministro de calefacción urbana se hacen más eficientes y variadas, los costes marginales del suministro de calor disminuyen, lo que crea mucha más competencia dentro de las cargas básicas de los mercados de sistemas de calefacción urbana, ya que la mayoría de estas tecnologías son más viables desde el punto de vista socioeconómico con horas de funcionamiento elevadas.

Cuando las soluciones de red no sean viables y las opciones de suministro individual sean más rentables que la energía urbana, se utilizan bombas de calor para abastecer las demandas de calor restantes. Se consideran las calderas de biomasa, la calefacción eléctrica, la energía solar térmica y las bombas de calor, pero estas últimas presentan la clara ventaja de la eficiencia y la integración con el sector eléctrico. Además, debido a la descarbonización del transporte y la industria (de alta temperatura), la bioenergía es cada vez más escasa y su uso en calderas de biomasa resulta antieconómico desde la perspectiva del sistema.

En dicho escenario, las bombas de calor individuales proporcionan casi toda la demanda de calefacción restante en España, cubriendo casi el 27 % del sector de la calefacción. Se trata principalmente de zonas rurales y muy suburbanas, y de una cuota de mercado relativamente baja en comparación con la media del HRE4 (la última versión de la serie de estudios del Heat Roadmap Europe) para los 14 mayores Estados miembros de la UE en términos de demanda de calor, que suman el 90% de la demanda de calor de la UE. Especialmente, en comparación con 2015, esto significa tanto una reducción de la cantidad de calor individual que se requiere, como una sustitución casi completa de las calderas individuales, que actualmente se alimentan principalmente de gas. Esto permite un nivel mucho más alto de eficiencia y un nivel más profundo de descarbonización a través de una interconexión más profunda con el sector eléctrico.

Por su parte, la IEA indica que para alcanzar el escenario de emisiones netas cero en

<sup>19</sup> *Heat Roadmap Europe*.

2050 (NZE), el parque mundial de bombas de calor debería casi triplicarse de aquí a 2030, para cubrir al menos el 20 % de las necesidades mundiales de calefacción, y prevé que para 2045 el 50 % de la demanda de calor se cubra mediante bombas de calor <sup>20</sup>.

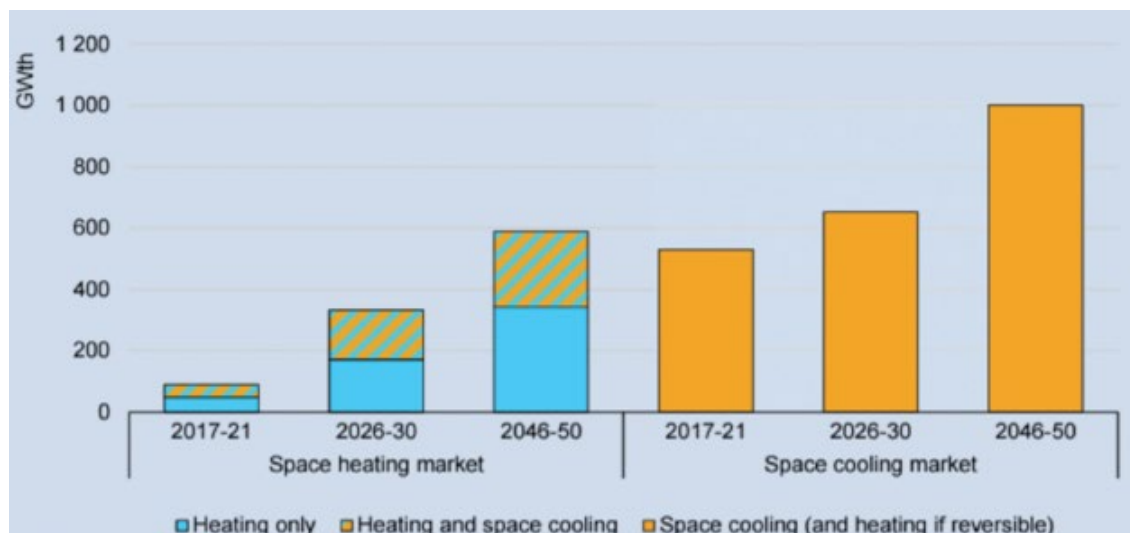


Figura 56: Incremento global de energía suministrada a los edificios por bombas de calor en el escenario Net Zero 2050. Fuente: IEA Energy Technology Perspectives 2023

También señala que se necesita más apoyo político e innovación técnica, sobre todo para reducir los costes iniciales y eliminar las barreras del mercado a las rehabilitaciones, mejorar el rendimiento energético y la durabilidad, explotar el potencial de flexibilidad y seguir desarrollando productos y sistemas para refrigerantes con menor impacto climático y medioambiental.

### F-gases: Gases fluorados en las bombas de calor

Para proporcionar calefacción y refrigeración, las bombas de calor se basan en refrigerantes, sustancias que circulan a través de un circuito frigorífico cerrado cambiando de estado (de líquido a gas y viceversa) para proporcionar calor o frío donde se necesita según la temporada, generalmente de forma directa (por ejemplo, un equipo split) o modificando la temperatura de un fluido secundario (por ejemplo, una bomba de calor aerotérmica).

Los gases fluorados son sustancias artificiales (no presentes de forma natural en el ambiente) que se utilizan como refrigerantes y que se emiten a la atmósfera durante su producción, cuando se producen fugas accidentales durante el funcionamiento de los sistemas o al final de la vida útil de los aparatos que los contienen. Los hidrofluorocarbonos (HFC) son el grupo más común de gases fluorados.

<sup>20</sup> Escenario Emisiones Netas Zero 2050 de la IEA

En un principio, se pensaba que los clorofluorocarbonos (CFC, también conocidos como freones) y los hidroclorofluorocarburos (HCFC), ampliamente utilizados como refrigerantes y para otros fines diversos, eran inocuos para el medio ambiente, pero se demostró que no era así. Una vez en la estratosfera, estas sustancias liberan cloro, que destruye el ozono estratosférico. Además, los CFC son gases de efecto invernadero y contribuyen al calentamiento global. Las sustancias que agotan la capa de ozono y sus sustitutos tienen efectos sobre el clima y el medio ambiente.

Cuando en los años 80 se propusieron los hidrofluorocarbonos (HFC) como sustitutos de los CFC y HCFC en respuesta al Protocolo de Montreal, apenas se estaba reflexionando sobre el potencial de calentamiento global de estas sustancias químicas. Una vez reconocido su potencial de calentamiento global, quedó claro que los HFC sólo podían ser una solución a corto plazo.

En una de las últimas Enmiendas del Protocolo de Montreal (la Enmienda de Kigali de 2016), se regula la eliminación progresiva de los hidrofluorocarburos (HFC), sustancias químicas sustitutivas de las sustancias que no dañan la capa de ozono, pero tienen un gran PCA. Sin esta enmienda, el aumento continuado de las concentraciones atmosféricas de HFC habría contribuido entre 0,28 y 0,44 °C al calentamiento global de la superficie en 2100 <sup>21</sup>. Para controlar este riesgo, el Reglamento Europeo sobre Gases Fluorados es una pieza clave de la legislación en respuesta a la crisis climática, ya que los gases fluorados a menudo tienen un GWP considerable que se cuenta por miles. Los gases fluorados representaron por sí solos el 2,5 % de las emisiones de GEI de la Unión Europea en 2018 <sup>22</sup>, si bien el empleo de los HFC, los gases más habituales en la climatización, supone el 1 % de las emisiones totales a nivel global <sup>23</sup>.

Desde un punto de vista tecnológico, las bombas de calor no requieren siempre gases fluorados. Prueba de ello es la disponibilidad de otros refrigerantes naturales como los hidrocarburos, el dióxido de carbono y el amoníaco en parte del espectro de capacidades y tecnologías incluidas en las bombas de calor, así como en la mayoría de las demás aplicaciones utilizadas para controlar mecánicamente las temperaturas.

Las sustancias fluoradas no sólo suelen ser más caras que los refrigerantes naturales, sino que tampoco garantizan un mejor rendimiento energético. En la actualidad existen en el mercado bombas de calor con refrigerantes naturales de múltiples fabricantes de toda Europa que no suponen un aumento sustancial de los costes con respecto a sus homólogas fluoradas. Este es el caso de las bombas de calor aire-agua para temperaturas medias, que representan una parte significativa de las unidades vendidas en los países europeos cada año.

*21 Velders, G. J. M., Daniel, J. S., Montzka, S. A., Vimont, I., Rigby, M., Krummel, P. B., Muhle, J., O'Doherty, S., Prinn, R. G., Weiss, R. F., & Young, D. (2022). Projections of hydrofluorocarbon (HFC) emissions and the resulting global warming based on recent trends in observed abundances and current policies. Atmospheric Chemistry and Physics, 22(9), 6087-6101.*

*22 Gases fluorados*

*23 Boletín de emisiones de gases de efecto invernadero*

De hecho, el acuerdo provisional entre el Consejo y el Parlamento europeo para la revisión de la Directiva sobre Gases Fluorados (F-Gases) introduce una prohibición total de las bombas de calor y aire acondicionado monobloque de pequeño tamaño (<12 kW) que contengan gases fluorados con un potencial de calentamiento atmosférico de, al menos, 150 a partir de 2027, y una eliminación progresiva completa en 2032. En cuanto a las bombas de calor y aire acondicionado divididas que contienen gases fluorados, los legisladores acordaron una prohibición total a partir de 2035, con plazos más breves para determinados tipos de sistemas divididos (split) con mayor potencial de calentamiento atmosférico.

Se prevén excepciones en los casos en que estos equipos sean necesarios para cumplir requisitos de seguridad. El acuerdo provisional también incluye la posibilidad de liberar un número limitado de cuotas adicionales para bombas de calor si las prohibiciones propuestas pusieran en peligro la consecución del objetivo de despliegue de bombas de calor exigido por REPowerEU <sup>24</sup>.

### The phase-down and the bans

All bans are conditioned on sufficient safety requirements and exemptions for low temp (<-50 c°)

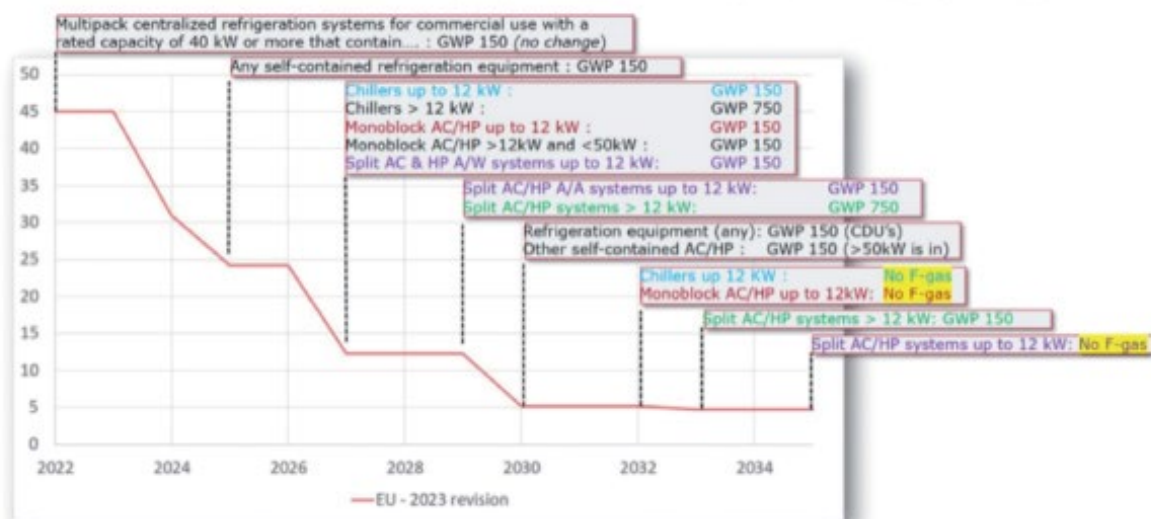


Figura 57: Gráfico Danfoss RETHINK Live – Update on the new F-gas regulation <sup>25</sup>. Fuente: Danfoss

A la hora de planificar el rápido despliegue de las bombas de calor en el marco de esta Hoja de Ruta, en línea con los planes REPowerEU consistentes en la instalación de millones de unidades, se debe tener muy en cuenta el refrigerante utilizado para evitar posibles cargas adicionales sobre el clima y el medio ambiente causadas por los gases refrigerantes.

<sup>24</sup> Council of the EU Press release 5 October 2023 Fluorinated gases and ozone-depleting substances.

<sup>25</sup> Regulación F-Gas

Stationary Refrigeration	F-gas GWP limit	From
Domestic refrigerators and freezers	none	2026
Any self-contained refrigeration equipment, except chillers	≥ 150	2025
[All] Refrigeration equipment, except chillers, any self-contained and multipack centralised	≥ 150	2030
Chillers ≤ 12 kW	≥ 150	2027
	none	2032
Chillers > 12 kW	≥750	2027

Stationary air-conditioning and heat pumps	F-gas GWP limit	From
Plug-in room, monoblock and other self-contained ≤ 12 kW	≥ 150 (or max 750)	2027
	None (or max 750)	2032
Monoblock and other self-contained > 12 Kw ≤ 50 kW	≥150 (or max 750)	2027
Other self-contained (i.e. > 50 kW)	≥ 150 (or max 750)	2030

Stationary air-conditioning and heat pumps	F-gas GWP limit	year
Split systems air-to-water ≤ 12 kW	≥ 150	2027
	None	2035
Split systems air-to-air ≤ 12 kW	≥ 150	2029
	None	2035
Split systems > 12 kW	≥ 750	2029
	≥ 150	2033

For all prohibitions: GWP<750 can be used if safety restrictions at the place of use require it.

A prohibition to use FGas with GWP≥750 exist for AC <3kg from 2025.

Figura 58: Tabla sobre regulación temporal de los FGases. Fuente: DG Clima

## Inflamabilidad

Las tecnologías de climatización pueden diferenciarse entre directas o indirectas a la hora de suministrar el efecto de calefacción o refrigeración al sumidero. El uso de un refrigerante se considera directo cuando el evaporador o el condensador del sistema de refrigeración está en contacto directo con el medio que se enfría o calienta, o sistemas en los que el fluido de transferencia de calor está en contacto directo con partes del circuito primario que contienen refrigerante y el circuito secundario está abierto a un espacio ocupado. Se considera indirecto cuando el evaporador o el condensador del sistema de refrigeración, situado fuera del local donde se extrae o cede calor al medio a tratar, enfría o calienta un fluido secundario que se hace circular por unos intercambiadores para enfriar o calentar el medio citado, sin contacto directo del fluido secundario con el medio a enfriar o calentar.

En el contexto de las bombas de calor cargadas con refrigerantes naturales que son inflamables, como el R-290 (refrigerante clase A3) esta distinción es fundamental. Los sistemas indirectos suelen colocar el refrigerante fuera del edificio, o en espacios específicos, lejos de donde se requiere el efecto de calefacción o refrigeración, y dejan que el fluido secundario circule por el edificio a través de tuberías conectadas a sistemas de suelo radiante o radiadores, lo que alivia los problemas de inflamabilidad. Los sistemas indirectos, como las bombas de calor que mantienen el refrigerante fuera del edificio y proporcionan efectos de calefacción o refrigeración en los edificios a través de medios secundarios, se comercializan cada vez más en Europa debido a la madurez de la tecnología.

Los sistemas de expansión directa, aplicaciones que suministran calefacción y refrigeración basándose en el refrigerante que entra en el edificio y lo atraviesa, han sido históricamente menos propensos a adoptar refrigerantes inflamables como el R-290 debido al riesgo percibido, (aunque el HFC-32, un A2L, es decir, ligeramente inflamable, está siendo ampliamente adoptado por el mercado).

Sin embargo, los notables avances actuales están abriendo la puerta a una mayor adopción de refrigerantes inflamables como el R-290, ampliando el rango de capacidad de los sistemas directos y preservando al mismo tiempo la seguridad. Los proyectos experimentales y sus evaluaciones han demostrado que la posibilidad de incendio y explosión de un acondicionador de aire R-290 montado en la pared es de 10<sup>-8</sup> - 10<sup>-9</sup> al año en condiciones de uso doméstico, lo que representa 1/10 del riesgo de un frigorífico doméstico con hidrocarburos <sup>26</sup>.

*26 United Nations Industrial Development Organization - UNIDO, 2015. [Demonstration Sub-Project for Conversion from HCFC-22 to Propane at Midea Room Air-conditioner Manufacturing Company - Demonstration Sub-Project for Conversion of Room A/C Compressor Manufacturing from HCFC-22 to Propane at Guangdong Meizhi Co.](#)*

Así, diferentes empresas ya están produciendo sistemas directos basados en R-290 y los comercializan en Europa en la actualidad o tienen previsto lanzarlos en 2023 <sup>27</sup>. Aunque es cierto que en la actualidad la ventana de posible instalación de equipos de expansión directa es muy pequeña. No hay cambios en el standard para espacios de menos 10 m<sup>2</sup> y las medidas solo tienen aplicación cuando se contempla toda la superficie de la vivienda (instalación por conductos para todos los espacios) y no solo una de las habitaciones.

En el PNIEC 2023-2030 se plantean dos medidas para abordar la reducción de emisiones GEI relacionadas con los gases fluorados. Por un lado, la sustitución de instalaciones que utilizan gases fluorados de alto potencial de calentamiento (PCA) por otras instalaciones que utilizan gases de bajo o nulo PCA. Esto consiste en la sustitución de equipos que utilizan HFC de alto potencial de calentamiento, sobre todo equipos de refrigeración/climatización, por equipos alternativos que utilicen gases refrigerantes de nulo o bajo potencial de calentamiento (CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, hidrocarburos o gases fluorados de bajo potencial de calentamiento como el R32 o los HFO).

Es una medida que actúa sobre el banco total de HFC existente. Por otro lado, el fomento del uso de refrigerantes ligeramente inflamables de bajo potencial de calentamiento, que consiste en la revisión de los estándares de seguridad en refrigeración y climatización que va posibilitar un mayor uso de los refrigerantes A2L ligeramente inflamables de bajo PCA (como el R32 y los HFO), especialmente en el sector de la climatización doméstica. El universo de la medida lo constituyen las ventas de equipos climatizados domésticos en España.

### **Energía Solar Térmica**

Los sistemas con energía solar térmica funcionan convirtiendo la radiación solar en calor aprovechable para aporte en calefacción y ACS. A través de un absorbente, este calor es intercambiado a otro medio: aire, agua o una mezcla de agua y glicol y, para necesidades de mayor temperatura, con agua o aceite a presión.

La energía térmica producida se transfiere a un tanque de almacenamiento, que siempre es una característica incorporada en los sistemas de calefacción y refrigeración solares, independientemente de su tamaño y ubicación geográfica.

La producción de calor mediante energía solar térmica no produce emisiones ni sustancias peligrosas y, en consecuencia, no representa un riesgo para la salud o el medio ambiente. Además, la energía solar térmica se puede combinar con muchas otras soluciones (energía o calor).

*27 Lanzamiento sistemas R-290*

En todo el mundo, la mayoría de los sistemas solares térmicos se utilizan para la producción de agua caliente sanitaria (ACS). Sin embargo, el mercado ha experimentado un aumento constante y robusto del calor solar para plantas de procesos industriales (SHIP) y redes de calefacción urbana asistida por energía solar (SDH).



Figura 59: Funcionamiento de la Energía Solar térmica. Fuente: ASIT

Además, la energía solar térmica a nivel individual y a gran escala es fácilmente compatible con otras soluciones, tanto para la producción de calor como de energía.

El hecho de que las soluciones solares térmicas no produzcan emisiones contaminantes contribuye claramente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la mejora de la calidad del aire. Por ejemplo, los sistemas de termosifón (colectores solares individuales a nivel de edificio) en España pueden ahorrar hasta 1,5 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, lo que en Europa equivale a las emisiones anuales de un automóvil con motor de combustión. La tecnología de calor solar es escalable, desde calentadores de agua domésticos descentralizados con una capacidad de 2 kW, hasta plantas a gran escala en el rango de 100 MW<sub>th</sub>.

### Ventajas

- Es fácil de integrar con otras soluciones eléctricas y de calefacción de renovables, lo que lo convierte en un facilitador de la integración del sector de la calefacción y el ACS y de los procesos de renovación (hibridación con bombas de calor).
- Es una medida de eficiencia energética, ya que siempre resulta en un ahorro directo de energía y enfrenta desafíos similares (por ejemplo: inversión inicial, ahorro de costos en lugar de retorno directo).
- Es una fuente infinita de energía, que no produce emisiones y es fácil de combinar con otras fuentes.
- Es una solución escalable, desplegada en todos los estados miembros europeos y eficiente en todo tipo de clima y para diferentes aplicaciones.
- No está expuesto a la volatilidad de los precios de la energía (gas, electricidad) y no provoca un aumento de la demanda de electricidad, sino que ayuda a reducir la demanda máxima de energía.
- Permite un autoconsumo real y aumenta tanto la seguridad de suministro como la independencia energética.
- Proporciona una solución viable y confiable para el calor renovable directo, disminuyendo la necesidad de desviar fuentes de alta energía (electricidad, gas) hacia usos de baja energía (calentamiento de espacios y agua), reduciendo así la carga de inversiones adicionales en infraestructura, ya sea electricidad o gas.



### Limitaciones

- Ni es plug & play, ni es eléctrica.
- Sistema auxiliar necesario, para no sobredimensionar. La energía solar térmica siempre necesitará de un apoyo energético a mayores.
- Si relaja el mantenimiento, se dará un mal funcionamiento del sistema.

### Estado actual en España

Actualmente, las aplicaciones típicas de las tecnologías solares térmicas son:

- Preparación de agua caliente sanitaria (40-60 °C) para viviendas unifamiliares y plurifamiliares: estas aplicaciones se suelen realizar con sistemas de termosifón o circulación forzada, con fracciones solares típicas entre el 40-90 % (lo que significa que la energía solar cubre estas partes de la demanda total de calor).
- Aporte de calefacción de espacios para viviendas unifamiliares y multifamiliares con fracciones solares típicas entre el 15 y el 40 %, para edificios no residenciales y con un nivel de temperatura de alrededor de 40 °C.
- Sistemas combinados: combinación de ACS y calefacción para viviendas unifamiliares o multifamiliares.
- Calefacción urbana, con fracciones solares que llegan hasta el 50 %, dependiendo del tipo de almacenamiento (estacional para hacer frente a las fluctuaciones verano-invierno, o almacenamiento por períodos más cortos), con temperaturas que suelen estar entre 40 y 100 °C.
- Calor de baja, media y alta temperatura para aplicaciones de procesos industriales (tanto a través de calor solar como de calor solar concentrado). La temperatura puede oscilar entre 40 y 400 °C, dependiendo del proceso.
- Otras aplicaciones, como Solar Térmica para piscinas, Solar Active House y aplicaciones de refrigeración solar.



Figura 60: Tipologías de la Energía Solar térmica. Fuente: ASIT

## Biomasa

La biomasa es materia orgánica empleada como fuente de energía para generar a través de su combustión tanto electricidad como calor. Se podría decir que es una especie de forma de energía solar acumulada, ya que las plantas utilizan el Sol para desarrollarse. Se trata de un combustible no fósil, neutro desde el punto de vista del ciclo de carbono.

Esta neutralidad de carbono radica en que las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen en la combustión proceden de un carbono retirado de la atmósfera en su ciclo de vida y, por ello, no alteran el equilibrio de la concentración de carbono atmosférico y no contribuyen al efecto invernadero. Su uso, por tanto, ayuda a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, siempre que sustituya a un combustible fósil.

## Ventajas

- La biomasa es un combustible de origen biológico (renovable), con un coste económico inferior al de cualquier tipo de energía de origen fósil y que en función de su gestión puede llegar a ser respetuosa con el medio ambiente.
- El abanico de esta materia orgánica es bastante amplio, puede tener origen agrícola o forestal, es especialmente sostenible y colabora con la economía circular si proviene de residuos como podas, desbroces, cáscaras o huesos.
- Cuenta con un valor añadido al propiamente energético, que tiene que ver con la dinamización del entorno rural, ya que se puede generar y consumir de manera local a partir de recursos propios, consiguiendo fijar empleo y población y así no depender de otros, con autogestión.
- Es una fuente de energía que funciona muy bien con las redes de calor de distrito, una forma de climatización que se plantea con gran importancia para el futuro, con sistemas comunitarios que cuentan con una mayor eficiencia que las calderas individuales.

## Inconvenientes

- El principal inconveniente del uso de la biomasa es su uso concentrado.
- A pesar de ser una fuente de energía renovable, neutra en carbono, sí tiene emisiones asociadas a gases de efecto invernadero y micropartículas: en la combustión de cualquier tipo de combustible se pueden generar numerosos elementos producto de la combustión, entre los que se podrían destacar nitrógeno (N<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), vapor de agua (H<sub>2</sub>O), oxígeno (O<sub>2</sub> no utilizado en la combustión), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógenos (NO<sub>x</sub>), dióxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), in-quemados (combustible sin terminarse de quemar), hollín y partículas sólidas. Esto, en un entorno rural poco denso no tiene problema, ya que no llega a ser peligroso por su alta dispersión. En cambio, en un entorno urbano

denso, su uso masificado no es conveniente, ya que estas emisiones estarían muy concentradas y podrían suponer un riesgo para la salud de la población

- Otro inconveniente podría ser el uso descontrolado de cultivos para biomasa, sustituyendo cultivos alimentarios, lo que podría generar desequilibrios socio económicos.

### **Estado actual y futuro en España**

La parte más interesante de la biomasa y los restos de excedentes agrícolas es su utilización en el entorno más próximo y valorizar restos hasta ahora desperdiciados sin distorsionar los equilibrios naturales existentes: limpieza equilibrada de monte bajo, podas y clareos, restos agrícolas, restos de cortas, destocados, etc. La biomasa es mucho más eficiente para su uso térmico, con rendimientos del 90 %, frente a su aprovechamiento para generación de electricidad, con rendimientos del 30 %.

Por tanto, la mejor forma de aprovechamiento podría ser utilizando la biomasa de forma local, proveniente de residuos, en calderas de calefacción, evitando transportes de camiones de muchas toneladas, favoreciendo el desarrollo local y sobre todo utilizando la biomasa con rendimientos altos.

La biomasa debe estar ligada a una gestión sostenible de los bosques, así como ser priorizada para calefacción rural y para procesos difícilmente descarbonizables que necesiten una fuente de energía de alta temperatura.

### **Hidrógeno**

La transición energética, así como la descarbonización de la calefacción, cuentan con algunas trabas importantes. Por ejemplo, que las renovables (solar, eólica, hidráulica, etc...) son fluctuantes y algún modo deben ser almacenadas para su aprovechamiento posterior. Otra es la existencia de una infraestructura de gas natural desplegada por todo el territorio nacional y cualquier sustitución a otro sistema supondría una gran inversión de retirada e instalación de otro tipo de infraestructura.

Estas dos cuestiones parece que han encontrado una solución directa: el hidrógeno verde. Un vector energético capaz de almacenar energía de renovables y de ser distribuido por la red actual del gas natural para llegar a las mismas calderas que usamos actualmente.

Pero ¿esto es real? Según la industria del combustible fósil, sí lo es. Se puede entender que es porque supondría una adaptación rápida y sencilla a su negocio actual en un momento en el que se les presiona para que se unan a una transición ecológica de forma urgente.

Para entender la viabilidad, desde fuera de la industria fósil, se resume qué es y cómo funciona:

El hidrógeno no es una fuente de energía aprovechable en sí, sino un vector energético. Para producir hidrógeno puro (H<sub>2</sub>) que sirva como vector energético es necesario separarlo de los otros átomos de las moléculas en las que se encuentra. Los dos métodos más comunes de separar hidrógeno son el “reformado con vapor” (obtención de hidrógeno a partir de hidrocarburos y, en particular, de gas fósil) y la electrólisis (separar el hidrógeno del agua con electricidad).

El reformado con vapor de los hidrocarburos produce H<sub>2</sub>, pero también CO<sub>2</sub>, que contribuye al cambio climático. Al hidrógeno obtenido por este método se le denomina “hidrógeno gris”. El 98 % del hidrógeno producido actualmente en el mundo es gris. Para reducir el impacto climático del reformado con vapor se podría, al menos teóricamente, utilizar técnicas de captura y secuestro de carbono (CCS, por sus siglas en inglés). Al hidrógeno obtenido conjugando reformado con vapor y CCS se le denomina “hidrógeno azul”.

Sin embargo, los primeros estudios de ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero del hidrógeno azul muestran que sus emisiones son casi tan elevadas como las del hidrógeno gris y mayores aún que las del gas fósil, el carbón o el diésel <sup>28</sup>. Además, las técnicas de CCS disminuyen la eficiencia de los procesos industriales, aumentan sus costes y presentan riesgos ambientales. El hidrógeno azul no es por lo tanto bajo en carbono y promoverlo podría hipotecar las posibilidades de tener un sistema energético climáticamente neutro <sup>29</sup>.

El hidrógeno también se puede obtener por electrólisis, a través del uso de electricidad. En este caso, el hidrógeno será tan ecológico como la electricidad utilizada en el proceso. Se habla de “hidrógeno verde” cuando la electricidad utilizada es 100 % renovable. De “hidrógeno rosa” cuando la electricidad utilizada es de origen nuclear. Y de “hidrógeno amarillo” cuando la electricidad utilizada proviene de una mezcla de diversas fuentes.

El único hidrógeno realmente limpio es por lo tanto el hidrógeno verde: sus emisiones de efecto invernadero son muy bajas y, además, no produce residuos radiactivos. Incluso siendo verde, podemos resumir una serie de afirmaciones para concluir la viabilidad del hidrógeno como alternativa para descarbonizar la calefacción:

- El camino electricidad – electrólisis – hidrógeno – uso supone una pérdida energética de en torno al 30–35 %, mucho más que el uso directo de la electricidad.
- Si se utilizara hidrógeno verde para alimentar calderas, consumiríamos 6 veces más electricidad renovable que la necesaria para alimentar bombas de calor <sup>30</sup>.

<sup>28</sup> *How green is blue hydrogen?* Robert W. Howarth, Mark Z. Jacobson. 12 de agosto de 2021

<sup>29</sup> *Will blue hydrogen lock us into fossil fuels forever?* Jan Rosenow, Richard Lowes. 19 de noviembre de 2021

<sup>30</sup> *H2 ScienceCoalition*

- El hidrógeno es altamente explosivo, hasta 4 veces más que el gas fósil. La combustión del hidrógeno emite 6 veces más óxido nítrico (NOX) que la combustión de gas.
- La infraestructura existente en su amplia mayoría puede transportar un máximo de 20 % de hidrógeno mezclado con gas, para otras soluciones se tendría que invertir en mejoras.
- Se calcula que esta mezcla de 20 % de hidrógeno, inyectada en la red de gas, solo ahorraría el 7 % de las emisiones de carbono
- La mezcla de hidrógeno con gas reduce el contenido energético, esto implica que se necesite más cantidad para producir la misma energía.
- El empleo de una mezcla con hidrógeno en la actual red de gas puede leerse de dos maneras, como una reducción del 20 % de uso de gas fósil o, bien, una permanencia del 80 % del mismo en nuestros sistemas de calefacción.

Por tanto, se puede concluir que el hidrógeno verde es un vector poco eficiente, peligroso y que permite la supervivencia del gas fósil más tiempo del necesario. La existencia de tecnologías limpias mucho más eficientes para descarbonizar el sector de la calefacción permite entender que el hidrógeno no será una alternativa. Si podrá serlo para descarbonizar sectores que actualmente funcionen con hidrógeno fósil y no puedan utilizar otro tipo de fuente energética, que el hidrógeno limpio.

### **Biogás**

El biogás es un gas renovable producido a partir de materias primas de origen biológico. Su composición química depende del recurso utilizado, los elementos mayoritarios (metano y el dióxido de carbono), con pequeñas proporciones otros gases. Su poder calorífico, sin purificar, suele ser algo mayor que la mitad del poder calorífico del gas natural.

Esta hoja de ruta, al igual que la hoja de ruta del biogás integrada en el Marco Estratégico de Energía y Clima, se centra en el biogás producido mediante la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno), porque se encuentra en un nivel de madurez tecnológica y de desarrollo sectorial más avanzado que otros procesos de producción de biogás, y se limita al tratamiento de materia orgánica procedente de diferentes tipos de residuos o materiales de origen agropecuario, para integrar en un mismo proceso la generación de energía renovable con el desarrollo de la economía circular y la gestión de residuos.

Su producción y consumo son climáticamente neutros, siempre que su proceso de obtención y la valorización de sus digestatos estén correctamente diseñado (bajo ciertas condiciones), por lo que, asegurando los adecuados criterios para

su sostenibilidad, puede contribuir significativamente a la descarbonización de la economía, constituyendo además un caso muy destacable de economía circular porque se produce a partir de residuos orgánicos.

Los residuos orgánicos utilizados para la producción de biogás pueden tener distintas procedencias, variando el rendimiento de producción del gas renovable de unos a otros:

### **Residuos procedentes de la industria alimentaria**

*Como residuos más frecuentes, nos encontramos con:*

- Residuos orgánicos procedentes de mataderos e industria cárnica.
- Residuos orgánicos de la producción de lácteos.
- Lodos de depuradora industrial.
- Residuos orgánicos procedentes de la producción panadera o almidón.
- Residuos orgánicos procedentes del procesado de pescado.
- Residuos orgánicos de frutas y conservas vegetales.

### **Residuos procedentes de la industria agraria**

- Restos de cereales, frutales, fibras textiles y semillas oleaginosas, cultivos frutales, viñedos y plataneras, y estiércol y purín procedente de la ganadería.

### **Residuos procedentes del tratamiento de aguas residuales**

- Lodos generados durante el tratamiento de las aguas residuales en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Urbanas (EDAR) o en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

### **Residuos Sandach**

- Subproductos animales no destinados al consumo humano. Hacen referencia a los cuerpos enteros o partes de animales, productos de origen animal u otros productos obtenidos a partir de animales no destinados a consumo humano.

### **Residuos sólidos urbanos:**

- Residuos generados en el ámbito doméstico, en los comercios, las oficinas y los servicios.

Dentro de este tipo de residuos se incluyen, además:

- Los residuos procedentes de la limpieza de las vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas.
- Los animales domésticos muertos.
- Los muebles, los utensilios y los vehículos abandonados.
- Los residuos y derribos procedentes de obras menores y reparación domiciliaria.

El aprovechamiento de los residuos para la generación de biogás, respetando la jerarquía de gestión de residuos, tiene numerosos beneficios adicionales a la obtención de una energía de origen renovable, dado que permite la valorización energética de los residuos a partir de los que se obtiene, y cuando el digerido se usa en el suelo adecuadamente como enmienda o fertilizante, una valorización material de los mismos, evitando así emisiones de metano y de dióxido de carbono a la atmósfera y consiguiendo una mejor gestión de los residuos.



Figura 61: Ciclo de generación del biometano a partir de residuos orgánicos  
Fuente: ENGIE, <https://www.engie.es/que-es-el-biometano/>

El despliegue del biogás mediante el tratamiento anaerobio de residuos agropecuarios, agroalimentarios y municipales resulta más sencillo en las zonas rurales, permitiendo la posibilidad de generación de biogás de forma deslocalizada.

Debe priorizarse el uso directo del biogás en localizaciones cercanas a su producción, favoreciendo la aparición de sinergias con industrias conexas, así como su uso en transporte cuando la electrificación no sea la opción más eficiente económica y ambientalmente. Por otra parte, el biometano producido a partir de biogás puede desplazar parcialmente al gas natural de origen fósil en sus usos habituales, pues es técnicamente intercambiable, especialmente en aquellas aplicaciones de alto consumo de energía o difícilmente electrificables, como el transporte pesado o la industria intensiva en uso de energía térmica.

En estas condiciones de proximidad de las instalaciones, donde se concentran los sustratos y los puntos de consumo, el biogás para usos térmicos es la opción más sencilla, económica (reducidas inversiones), inmediata y eficiente. Un caso de uso en esta línea se daría en los municipios próximos a las plantas de generación de biogás, en

los que se pueden desplegar redes de distrito de calefacción alimentadas por biogás, bien mediante cogeneración o bien para su combustión directa, especialmente en zonas climáticas con inviernos severos, para cubrir los picos que no cubran otras fuentes renovables (hibridación). Esta opción se ha contemplado en el modelo de esta Hoja de Ruta, considerando un aumento notable en la contribución del vector biomasa (BM), respecto a la prevista por la ERESEE 2020.

El biometano (gas producido a través de la metanización de los desechos orgánicos en condiciones anaeróbicas) presenta unas características similares a las del gas natural, permitiendo su sustitución como biocombustible (bio-GNL o bio-GNC) para una movilidad sostenible o su inyección en la red gasista, previa depuración (upgrading), con las mismas posibilidades de uso y potencial energético que el gas natural.

En las situaciones en las que, por determinadas circunstancias, no sea viable el uso en proximidad (por ejemplo, porque la producción tenga lugar, por necesidades de ubicación cercana a las materias primas, en un emplazamiento donde no existan consumos térmicos o eléctricos relevantes), o esté justificado el uso fuera de proximidad, podría considerarse la distribución del biometano por la red de gas aprovechando las infraestructuras existentes. Esta opción se ha implementado en el modelo de la Hoja de Ruta como una reducción gradual del factor de paso de las tecnologías con vector gas natural (GN).

Cabe mencionar también que el biogás puede ser utilizado como recurso para la obtención de otros vectores energéticos que, como el hidrógeno renovable (biohidrógeno) podría ser necesario para descarbonizar sectores de difícil electrificación, como la industria o el transporte pesado, mediante procesos como el reformado con vapor (SMR), la oxidación parcial (POX) o el reformado autotérmico (ATM).

Esta alternativa permite valorizar aún más los residuos, ampliando el rango de usos al que puede destinarse el biogás y puede tener sentido en los casos en los que suponga una solución ambiental y económicamente más eficiente que el hidrógeno renovable procedente de electrolisis, que por su parte es muy dependiente de un recurso tan escaso ypreciado como el agua.

Con fin de poner en valor del origen renovable del biogás se está implementando, de forma efectiva desde abril de 2023, un sistema regulado de garantías de origen (GdO) que permite a consumidores y empresas diferenciar su valor añadido frente a gases de origen fósil y asegura los correspondientes estándares de sostenibilidad.



### *Producción actual y escenario a 2030*

Considerando las materias primas utilizadas para su obtención, el biogás cuenta con un alto potencial de desarrollo en nuestro país. De acuerdo con los datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), en España se encuentran 146 instalaciones de biogás, de las cuales 130 reportaron consumo de biogás en 2020. La producción estimada de biogás en estas plantas en 2020 estaba en torno a 2,74 TWh. En cuanto al biometano, España cuenta actualmente con un puñado de plantas de producción de biometano procedente de la depuración del biogás, de creación relativamente reciente.

El MITECO prevé una producción mínima de biogás de 10,41 TWh anuales en el año 2030 a partir del potencial disponible de los residuos agroindustriales, de la fracción orgánica de los residuos de competencia local, de los lodos de aguas residuales y de los estiércoles. Este objetivo mínimo de producción para 2030 supone multiplicar 3,8 veces la producción del año 2020.

Parte de este biogás producido se consumiría directamente para usos térmicos o de generación de electricidad en la propia instalación o en su proximidad. El resto, tras un proceso de depuración (o upgrading) se transformaría en biometano para consumo en vehículos (camiones de recogida de basura, de limpieza, etc.) y, en último lugar, para su uso por los distintos consumidores conectados a la red de transporte y distribución gasista (industriales, domésticos, comerciales), sustituyendo parcialmente al gas natural de origen fósil.

El MITECO propone en su hoja de ruta del biogás que, al menos, un 1 % del gas consumido a través de la red de gas natural en 2030 sea biometano. Con respecto a la demanda total de gas natural del año 2022 (364 TWh), de los cuales el 62 % se destina a usos convencionales distintos a la producción eléctrica (227 TWh), dicho 1 % inyectado en red (2,27 TWh) equivaldría en torno a un 22 % (1/5) de la producción total de biogás (10,4 TWh) estimada por el propio MITECO para 2030.

Por otra parte, el reciente plan REPower EU propone alcanzar 35 bcm (billones de m<sup>3</sup>) de biometano en 2030, para usos más allá del transporte, lo que supone alrededor del 10 % de la demanda de la Unión Europea. Este valor es coherente con lo que se ha considerado en nuestro escenario 2030 optimizado. Si mantenemos la proporción de que, aproximadamente, una quinta parte del total del biogás producido se inyectaría a la red en forma de biometano, esto nos daría que en 2030 la red de gas podría distribuir hasta un 2-3 % de biometano.

Dado el gran interés del sector, se calcula que las estimaciones podrían verse superadas para esa fecha. El propio IDAE ya en 2018 declaraba que el potencial de biometano alcanzable en España se situaba entre los 20-34 TWh/año, es decir, podría suponer entre un 5 y un 9 % de la demanda anual de gas. Este potencial está en línea con las predicciones más conservadoras de la Unión Europea, ya que sólo considera los residuos provenientes de la agricultura, la ganadería, la industria agroalimentaria, FORSU (Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos) y EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales). En cambio, otros estudios e informes sitúan el potencial disponible en España entre los 100 y 190 TWh/año, al considerar también otras fuentes para su producción, como los cultivos intermedios, la biomasa forestal y el biogás procedente de vertedero, lo que aumentaría el potencial de forma considerable <sup>31</sup>.

### Escenario 2050

En la “Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050” la producción de biogás se contempla como una de las principales líneas de trabajo que se consideran en el horizonte a 2050 para conseguir una reducción de emisiones no energéticas de gases de efecto invernadero del 53 % en el sector primario respecto al año de referencia 1990.

La Comisión Europea considera en un reciente estudio <sup>32</sup> que el potencial de biometano en España podría superar en 2050 los 120 TWh/año, lo cual representaría también una tercera parte de nuestro consumo actual de gas natural (364 TWh en 2022).

De nuevo, asumiendo que aproximadamente una quinta parte (22 %) de la producción de biometano se inyectaría a la red, sería razonable esperar que en 2050 la red de distribución de gas pueda incluir dicha cantidad (24TWh) de biometano. Este valor es compatible con el incremento previsto del vector “biomasa y otros”, donde se incluye el biogás, modelizado en nuestro escenario optimizado para 2050.

*31 Sedigás, en su Estudio de la capacidad de producción de biometano en España, 2023 sugiere un potencial total accesible en España de 163 TWh/año. Dicho estudio estima que la parte excluida del potencial estimado por el IDAE, correspondiente a cultivos intermedios, biomasa forestal residual y el biogás de vertedero, alcanzaría los 95,27 TWh/año, lo que supone un 58,5 % del total. La parte restante sumaría unos 67,59 TWh/año, notablemente superior a las estimaciones más optimistas del IDAE (20-34TWh/año). Según este estudio, la mayor parte de total (36,1%) podría provenir de cultivos intermedios, aquellos de crecimiento rápido en un terreno entre los cultivos principales.*

*32 Impact of the use of the biomethane and hydrogen potential on trans-European infrastructure. April 2020*

Figure 2-7 Technical biomethane potential EU28 by Member State and by feedstock

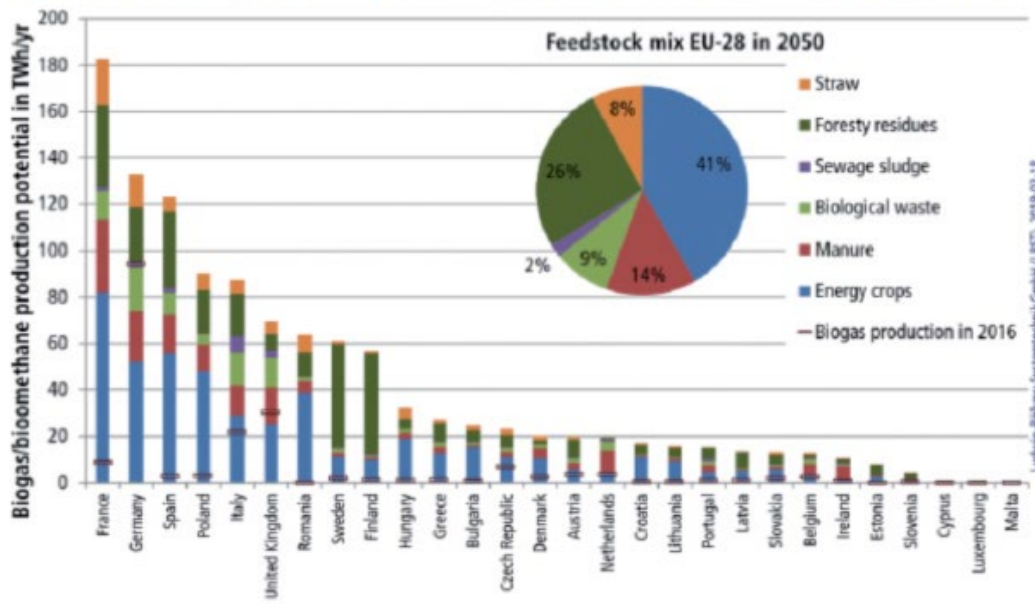


Figura 62: Impacto del uso del potencial del biometano y el hidrógeno en las infraestructuras transeuropeas - Scientific Figure on ResearchGate.

Disponibile en: [https://www.researchgate.net/figure/7-Technical-biomethane-potential-EU28-by-Member-State-and-by-feedstock\\_fig4\\_339613525](https://www.researchgate.net/figure/7-Technical-biomethane-potential-EU28-by-Member-State-and-by-feedstock_fig4_339613525) [consultado el 29 de enero de 2024].

**Directiva de  
Eficiencia  
Energética de  
los Edificios  
(DEEE/EPBD)**

**3**

La redacción de esta Hoja de Ruta se realizó mientras se llevaba a cabo la revisión de la actual Directiva de Eficiencia Energética de Edificios (DEEE/EPBD). Esta directiva forma parte del paquete de medidas “Objetivo55” destinado a la consecución del objetivo climático de la Unión Europea de reducción de sus emisiones en, al menos, un 55 % en 2030 y alcanzar la neutralidad climática en 2050.

La directiva supone un elemento fundamental para la implantación de los objetivos de descarbonización e independencia energética europeos debido a la gran responsabilidad que tienen los edificios, tanto en el consumo de energía como en el cómputo de las emisiones de gases de efecto invernadero en Europa, con un 36 % del total <sup>33</sup>. La ambición que, finalmente, se alcance en la EPBD no sólo implicará la mejora de la eficiencia energética de los edificios y la reducción de sus emisiones, sino que, además, podría impulsar la lucha contra la pobreza energética, reducir la vulnerabilidad de las personas ante los precios de la energía, mejorar las condiciones que influyen en la salud de sus ocupantes y apoyar la recuperación económica y la creación de empleo.

En la nueva EPBD aparecen nuevos instrumentos clave y se consolidarán otros ya existentes que pueden ayudar a escalar la rehabilitación al nivel que necesitamos para cumplir los objetivos de descarbonización a 2030 y 2050 <sup>34</sup>.

### ***La descarbonización de la calefacción y refrigeración en la Directiva***

Esta medida introduce una base jurídica clara para que los Estados miembros establezcan requisitos para los generadores de calor basados en las emisiones de gases de efecto invernadero o en el tipo de combustible utilizado. El fin a los combustibles fósiles en la edificación es clave para cumplir con el objetivo climático europeo. Para fomentar el rápido despliegue de sistemas de calefacción de cero emisiones directas, la propuesta de la EPBD incluye el requisito de que los edificios de cero emisiones no generen emisiones de carbono in situ.

Esta medida introduce una base jurídica clara para que los Estados miembros establezcan requisitos para los generadores de calor basados en las emisiones de gases de efecto invernadero o en el tipo de combustible utilizado. También se plantea el fin de las ayudas para la instalación de sistemas de climatización que hagan uso de combustibles fósiles en torno a 2025.

La energía para calefacción y refrigeración representa casi el 50 % del consumo bruto total de energía final europea, por ello su descarbonización es crucial. Se debe acelerar la implantación de soluciones para ahorrar energía e introducir sistemas de calefacción y refrigeración eficientes y que utilicen únicamente energías renovables.

<sup>33</sup> Filippidou y Jiménez Navarro, 2019, p. 9.

<sup>34</sup> Manifiesto “Por una aprobación temprana y ambiciosa de la revisión de la Directiva Europea de Eficiencia Energética de los Edificios”. Julio 2023

Las hojas de ruta para la transición energética de cada uno de los vectores energéticos en nuestro país dibujan el futuro a 2050 de la edificación libre de combustibles fósiles y de otros vectores energéticos descarbonizados que puedan impulsarse por la actual red de gas. Para orientar las decisiones de la ciudadanía y también al mercado, en su oferta es imprescindible lanzar señales claras de lo que no va a ser una alternativa energética en los edificios y facilitar ese cambio. Si no es así, las personas estarían invirtiendo en tecnologías obsoletas antes de su fin de vida útil.

### ***Posición adoptada en el preacuerdo entre las partes (trólogos)***

La Comisión Europea ha acogido satisfactoriamente el acuerdo provisional alcanzado recientemente (7/12/2023) entre el Parlamento Europeo y el Consejo para reducir las emisiones y el consumo de energía de los edificios en toda la Unión Europea. La Directiva sobre la Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD/DEEE) espera con ello dar respaldo a los esfuerzos por descarbonizar los edificios en toda la Unión.

El acuerdo político alcanzado sobre la Directiva DEEE/EPBD es un claro compromiso. El texto final ha sufrido las consecuencias de un contexto político adverso. Retrasa y rebaja la ambición en materia de edificios con cero emisiones (ZEB) y normas mínimas de eficiencia energética (MEPS) en comparación con la propuesta de la Comisión Europea. Pero el texto mantiene una hoja de ruta clara para los propietarios y los agentes de la industria del sector no residencial a través de los MEPS. Los negociadores optaron por un planteamiento más flexible, denominado "de trayectoria", para el sector residencial. Se necesitará más claridad y requisitos concretos en la fase inicial de aplicación sobre este punto.

El texto también incluye disposiciones que facilitan el proceso de rehabilitación energética: implantación de ventanillas únicas, claridad sobre las rehabilitaciones profundas y mejora del acceso a información de calidad y financiación para garantizar rehabilitaciones asequibles. También se aborda la eficiencia en los edificios de forma más holística, con disposiciones para aumentar la digitalización, dotar a los ocupantes de un mayor control sobre su consumo de energía, abordar el carbono a lo largo de toda la vida y mejorar la calidad ambiental interior.

El acuerdo acordado propone también, entre otras medidas, eliminar gradualmente las calderas alimentadas con combustibles fósiles.

- Las subvenciones para la instalación de calderas autónomas alimentadas con combustibles fósiles no estarán permitidas a partir del 1 de enero de 2025.
- La Directiva revisada introduce una base jurídica clara para que los Estados miembros establezcan requisitos para los generadores de calor basados en las emisiones de gases de efecto invernadero, el tipo de combustible utilizado o la cuota mínima de energía renovable utilizada para calefacción.

- Los Estados miembros también tendrán que establecer medidas específicas sobre la eliminación progresiva de los combustibles fósiles en la calefacción y la refrigeración con vistas a una eliminación completa (phase-out) de las calderas alimentadas por combustibles fósiles para 2040.

Por otra parte, la directiva revisada hará de los edificios con cero emisiones (ZEB) el nuevo estándar para los edificios de nueva planta. En virtud del acuerdo, todos los edificios nuevos residenciales y no residenciales deberán tener cero emisiones in situ procedentes de combustibles fósiles a partir del 1 de enero de 2028 para los edificios de titularidad pública y del 1 de enero de 2030 para el resto de edificios nuevos, con posibilidad de algunas exenciones específicas.

### Siguientes pasos

El pleno del Parlamento Europeo aprobó el texto el 12 de marzo de 2024. Se espera que el Consejo Europeo vote el texto en abril, y que la Directiva se publique en el Diario Oficial en mayo de 2024.

Los Estados miembros deberán presentar su primer proyecto de Plan Nacional de Rehabilitación de Edificios (PNRE) antes del 31 de diciembre de 2025, según el texto acordado de la Directiva EPBD.

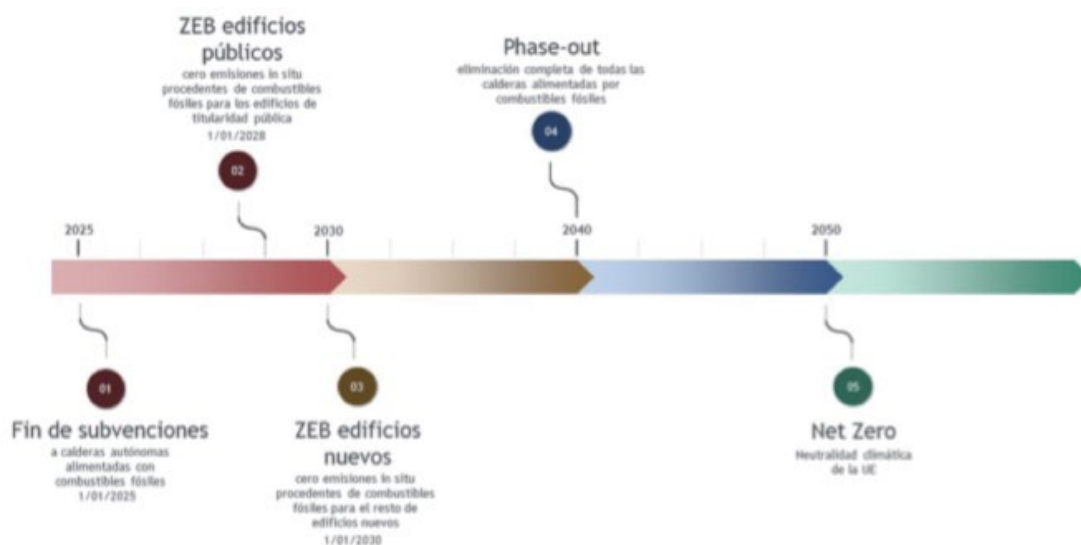


Figura 63: Evolución de los requisitos previstos en la nueva Directiva DEEE/EPBD. Fuente: Directiva EPBD 2024.

A la vista de todo ello, numerosas entidades y empresas representantes del sector nacional de la edificación y de la sociedad civil se han sumado a la aprobación de una EPBD ambiciosa, que apueste por un entorno construido descarbonizado, resiliente e inclusivo, sin dejar a nadie atrás. Además, ofrecen su apoyo a las instituciones europeas en el proceso de negociación para aportar su experiencia y conocimiento, así como al Gobierno de España para facilitar su implementación en nuestro país.

# Pobreza energética

4



## Plan Social para el Clima

El Plan Social para el Clima es esencial para acelerar la rehabilitación integral de viviendas, enfrentar la pobreza energética y el cambio climático, impulsar el empleo verde y garantizar el derecho a una vivienda digna, eficiente, saludable, accesible y asequible. También es fundamental para la descarbonización de edificios y para avanzar hacia una transición energética justa. Sin embargo, para que este Plan sea efectivo, es necesario superar los obstáculos recurrentes en la rehabilitación de viviendas.

En el paquete «Objetivo 55» de la Unión Europea, se incluye a los edificios en el Régimen de Comercialización de Derechos de Emisión (EU-ETS 2) a partir de 2027, aplicando el principio de «quien contamina, paga» a todos los hogares de la UE. Este cambio incrementará las facturas energéticas en unos 429€ anuales, afectando gravemente a muchos hogares en España que ya destinan un alto porcentaje de sus ingresos a estas facturas.

Para mitigar este impacto, la Unión Europea aprobó el 10 de mayo de 2023 el Fondo Social para el Clima, destinado a financiar medidas e inversiones que beneficien a los hogares, microempresas y usuarios de transporte vulnerables. Estas medidas deben ser recogidas por cada Estado miembro en un Plan Social para el Clima, que debe ser aprobado por la Comisión Europea.

La Alianza por la Rehabilitación de Viviendas sin Dejar a Nadie Atrás, conformada por más de 20 organizaciones de la sociedad civil, trabaja para garantizar que la Ola de Rehabilitaciones beneficie a toda la ciudadanía, especialmente a la población vulnerable que enfrenta barreras significativas para acceder a las ayudas disponibles. Estas rehabilitaciones son esenciales para mejorar la calidad de vida de los hogares más necesitados. Es crucial que las políticas de rehabilitación y medioambientales se diseñen pensando en esta población vulnerable para lograr una transición energética y ecológica justa.

### Guía para la Rehabilitación de Viviendas Vulnerables

Este documento <sup>35</sup> recoge, a través de la experiencia de diversos agentes relacionados con hogares vulnerables y la rehabilitación de edificios, una serie de recomendaciones metodológicas para la rehabilitación de viviendas habitadas por población vulnerable. Se explica la situación de la vulnerabilidad socioeconómica y la pobreza energética en España, destacando la importancia del momento actual para implementar programas de ayuda a la rehabilitación, priorizando a la población vulnerable.

*<sup>35</sup> Guía para la Rehabilitación de Viviendas Vulnerables*

Esta guía recopila las medidas implementadas en programas estatales recientes de ayuda a la rehabilitación y los indicadores utilizados para caracterizar a la población vulnerable. Además, se revisan iniciativas de la sociedad civil relacionadas con la rehabilitación de viviendas vulnerables, incluyendo condiciones, planteamientos y resultados de cada una.

Las experiencias se complementan con aportaciones de dos sesiones de trabajo: una con hogares vulnerables y responsables públicos, y otra con agentes de organizaciones dedicadas a la rehabilitación y al trabajo con hogares vulnerables. Se incluyen reflexiones de la Alianza por la Rehabilitación de Viviendas sin Dejar a Nadie Atrás, que agrupa a diversas organizaciones para acelerar la rehabilitación y regeneración urbana en España, priorizando a las personas vulnerables.

## **Recomendaciones:**

### ***1. Objetivos mínimos de rehabilitación y partidas reservadas anualmente:***

Establecer un objetivo mínimo anual de viviendas vulnerables rehabilitadas, coincidiendo con el porcentaje de población en situación de vulnerabilidad (aproximadamente 27.8%). Reservar un porcentaje de ayudas específicamente para esta población y destinar partidas anuales en municipios de más de 50,000 habitantes para cubrir los costos de rehabilitación.

### ***2. Esquemas de ayudas y financiación adecuados:***

Diseñar ayudas sin barreras que impidan el acceso de la población vulnerable. Flexibilizar horarios de atención, ofrecer alternativas presenciales y digitales, y anticipar la financiación de las obras. Las ayudas deben cubrir todos los costos de rehabilitación y adaptarse a las realidades de los hogares vulnerables.

### ***3. Programas específicos para viviendas en alquiler o cesión:***

Desarrollar programas de rehabilitación para viviendas en alquiler o cesión, asegurando salvaguardas sociales para evitar problemas como el aumento de alquileres o desalojos.

### ***4. Límites al precio del alquiler tras rehabilitación:***

Establecer compromisos entre propietarios e inquilinos para mantener el precio del alquiler durante un periodo determinado tras la rehabilitación con fondos públicos, siguiendo directrices europeas.

### ***5. Red de oficinas holísticas de gestión de la rehabilitación:***

Crear oficinas de gestión de rehabilitación que ofrezcan apoyo técnico, social y

administrativo, con agentes sociales locales que comprendan las realidades de los colectivos vulnerables. Estas oficinas forman una Red Integrada para coordinarse a nivel supramunicipal.

**6. Apoyo a la producción de electricidad con fuentes renovables:**

Fortalecer la integración de energías renovables en la rehabilitación de hogares vulnerables, promoviendo instalaciones de autoconsumo en edificios rehabilitados.

**7. Ayudas para la descarbonización de sistemas de calefacción y refrigeración:**

Apoyar la sustitución de sistemas de calefacción y refrigeración ineficientes y basados en combustibles fósiles por sistemas que utilicen fuentes de energía renovable.

**8. Diagnósticos transversales a nivel municipal:**

Dotar a los ayuntamientos de herramientas de diagnóstico para identificar las zonas más vulnerables y priorizarlas en las intervenciones públicas de rehabilitación.

**9. Criterios para caracterizar a la población vulnerable:**

Considerar múltiples aspectos de la vulnerabilidad socioeconómica y energética, como ingresos, tamaño y composición de la unidad de convivencia, y otras condiciones específicas. Colaborar entre servicios y administraciones para recoger y utilizar eficientemente estos datos.

**10. Estructuras de gobernanza y desarrollo de capacidades:**

Establecer oficinas para el desarrollo comunitario que fomenten la cohesión de las comunidades y gestionen los procesos de rehabilitación a escala de barrio, incluyendo mediación y fortalecimiento comunitario.

Este conjunto de recomendaciones tiene como objetivo garantizar que la rehabilitación de viviendas llegue a quienes más lo necesitan, mejorando sus condiciones de vida y contribuyendo a una transición energética justa y sostenible en España. La implementación de políticas integrales como el Plan Social para el Clima es fundamental para garantizar que todos los hogares, especialmente los más vulnerables, tengan acceso a viviendas dignas y eficientes. Reducir la pobreza energética no solo mejora la calidad de vida de millones de personas, sino que también contribuye significativamente a la mitigación del cambio climático y al avance hacia una transición energética justa. Es imperativo que las políticas de rehabilitación y medioambientales se diseñen con una perspectiva inclusiva, asegurando que nadie quede atrás en este esfuerzo por un futuro más sostenible y equitativo.



Plataforma por  
la **Descarbonización**  
de la Calefacción  
y el Agua Caliente