



(05) Informe sobre prospectiva y evolución futura de los sistemas de climatización y ACS en edificios terciarios

Estudio (05) para la ERESEE 2020 “Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España”

Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo

Ministerio de Fomento

Abril de 2019

(05) Informe sobre prospectiva y evolución futura de los sistemas de climatización y ACS en edificios terciarios

Estudio (05) para la ERESEE 2020 “Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España”

Subdirección General de Arquitectura y Edificación. Ministerio de Fomento. Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. Ministerio de Fomento.

Coordinación y dirección del estudio:

Raquel Lara Campos. Subdirección General de Arquitectura y Edificación. Ministerio de Fomento.

Raúl Valiño López. Subdirección General de Arquitectura y Edificación. Ministerio de Fomento.

Autores:

Este documento ha sido redactado por la Asociación Técnica Española de la Climatización y la Refrigeración (Atecyr) por encargo del Ministerio de Fomento y han participado en su desarrollo:

José Manuel Pinazo Ojer

Ricardo García San José

Pedro Vicente Quiles

Arcadio García Lastra

Abril de 2019.



El Ministerio de Fomento no se hace partícipe de las opiniones ni de las conclusiones de este estudio, que corresponden exclusivamente a sus autores.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | Objetivo..... | 3 |
| 2 | Instalaciones del parque inmobiliario | 4 |
| 2.1 | Instalaciones térmicas tipo probables | 5 |
| 2.1.1 | Componentes principales de los sistemas de climatización | 5 |
| 2.1.2 | Clasificación básica de los sistemas de climatización | 6 |
| 2.1.3 | Equipos de producción térmica | 7 |
| 2.1.4 | Distribuciones en sistemas de agua..... | 10 |
| 2.1.5 | Instalaciones térmicas tipo..... | 13 |
| 2.2 | Consideración en los sistemas de ventilación..... | 32 |
| 2.3 | Valoración cualitativa de los consumos | 35 |
| 2.4 | Tipo de instalación térmica en función del uso del edificio..... | 36 |
| 3 | Propuestas de cambio de instalaciones..... | 38 |
| 3.1 | Vectores energéticos | 39 |
| 3.2 | Propuestas comunes..... | 40 |
| 3.2.1 | Sustitución de equipos | 40 |
| 3.2.2 | Rehabilitación de la envolvente del edificio | 41 |
| 3.2.3 | Instalación térmica | 41 |
| 3.2.4 | Ventilación | 42 |
| 3.2.5 | Certificado de eficiencia energética y auditoría energética | 43 |
| 3.2.6 | Energías renovables y residuales..... | 44 |
| 3.2.7 | Contaje de consumos y comprobación de rendimientos | 46 |
| 4 | Propuestas de Reformas para el escenario 2030 | 47 |
| 4.1 | Consideraciones generales..... | 47 |
| 4.2 | Reformas tipo en función de la instalación inicial | 48 |
| 4.2.1 | Oficinas | 51 |
| 4.2.2 | Hoteles..... | 52 |
| 4.2.3 | Hospitales | 53 |
| 4.2.4 | Centros comerciales | 54 |
| 4.2.5 | Centros universitarios..... | 55 |
| 4.2.6 | Colegios | 56 |
| 4.2.7 | Supermercados..... | 57 |
| 5 | Propuestas de Reformas para los escenarios 2040 y 2050 | 58 |
| 5.1 | Redes de Distrito | 59 |
| 5.2 | Vectores energéticos | 61 |
| 6 | Estimación de ahorros energéticos | 62 |

1 Objetivo

Dado que la edificación es el tercer consumidor de energía de nuestro país, por detrás del transporte y la industria (en la UE **representa cerca de la mitad del consumo final de energía**), el sector de **calefacción, agua caliente sanitaria y refrigeración** se considera clave para acelerar la descarbonización del sistema energético además de contribuir a la seguridad del suministro de energía.

El artículo 2.bis de la **Directiva 2010/31/UE** de Eficiencia Energética de Edificios (versión refundida) obliga a los Estados miembros a establecer una estrategia a largo plazo para movilizar inversiones en la renovación del parque nacional de edificios residenciales y comerciales, tanto pública como privada.

De conformidad con la citada Directiva, en 2020 deberá presentarse una Estrategia que incluya al menos un estudio prospectivo de la futura evolución de los sistemas de climatización y agua caliente sanitaria en la edificación en el periodo 2020-2050.

Con esta estrategia se pretende apoyar la renovación del parque nacional de edificios terciarios transformándolos en inmuebles con alta eficiencia energética y descarbonizados antes de 2050, facilitando la transformación económicamente rentable de los edificios existentes en edificios de consumo de energía casi nulo.

Motivo de ello se realiza este **informe sobre prospectiva y evolución futura de los sistemas de climatización y agua caliente sanitaria (ACS) en edificios terciarios** para que pueda ser incorporado en la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el sector de la edificación en España, en desarrollo del artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE (ERESEE) en su edición actualizada al nuevo periodo 2030-2050.

Este informe se estructura fundamentalmente en dos partes:

1. Prospectiva y evolución futura de los **sistemas de climatización** y ACS en la edificación terciaria de cara al escenario 2030 y sentar las bases para la descarbonización programada para el año 2050 de los edificios existentes.
2. Propuestas razonadas de menús de cambio de instalaciones adaptados a los grupos (clústeres) propuestos para el parque terciario, el tipo de instalación térmica (climatización, diferenciando como se resuelve la demanda de ventilación y ACS), y la zona climática. En este caso se proponen unos valores orientativos del porcentaje de energía que podría ahorrar cada medida sobre el consumo final del edificio.

Antes de comenzar el desarrollo del documento, queremos dejar clara la definición de instalación térmica:

- **Instalación térmica:** instalación fija destinada al tratamiento del aire en los edificios, es decir, a su climatización (procesos de calefacción, refrigeración y ventilación) y/o destinada a la producción de ACS, para alcanzar el bienestar térmico y de calidad de aire interior y/o higiene de las personas deseado, respectivamente, incluyendo sus sistemas de automatización y control.

2 Instalaciones del parque inmobiliario

Se define a continuación el escenario de partida del informe; para ello se describen, del parque inmobiliario español actual, los tipos de instalaciones térmicas que abastecen las demandas de ventilación, calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y refrigeración en los edificios terciarios en los que se prevé su renovación, contemplando de forma más detallada el escenario del **2030** (periodo **2021-2030**) como actuación previa para una descarbonización programada de estos edificios para el año **2050**.

Para las Instalaciones Térmicas se propone un escenario base sobre el que se plantean las soluciones técnicas más adecuadas en la renovación de sus instalaciones, diferenciando los siguientes siete usos que cubren más del 90 % de la edificación existente en nuestro país:

- 1. Oficinas**
- 2. Hoteles/Residencias**
- 3. Hospitales**
- 4. Centros Comerciales**
- 5. Centros Universitarios, en los que no se considera la zona deportiva**
- 6. Colegios e institutos**
- 7. Supermercados**

Además de esta consideración de uso, también se realizará una discusión específica de los sistemas de ventilación, por ser su tipología común a muchos de los anteriores usos.

Para cada tipo de las instalaciones que a continuación se detallan, se proponen alternativas para la rehabilitación, diferenciadas por cada una de las 6 zonas climáticas de invierno hoy tipificadas en el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación y por cada uno de los siete usos terciarios antes descritos.

2.1 Instalaciones térmicas tipo probables

En este apartado se describen las instalaciones térmicas más habituales en los edificios terciarios de los siete usos definidos en el punto anterior, para posteriormente acotarlas al uso y zona climática de cada edificio.

En los primeros subapartados se desarrollan los conceptos generales de las instalaciones de climatización y sus componentes que permitan una mejor comprensión de las instalaciones tipo más probables en los usos incluidos en el informe, que se detallan en el punto 2.1.5.

En los siguientes puntos se referenciará la expresión **zona térmica**. Se debe entender por zona térmica el conjunto de locales en los que sus temperaturas pueden considerarse idénticas, siendo atendidas por un mismo subsistema de climatización. En cada local pueden existir sistemas de control que ajusten las aportaciones térmicas.

2.1.1 Componentes principales de los sistemas de climatización

Un sistema de climatización es el conjunto de los siguientes componentes:

- **Producción Térmica** (Frio y/o calor): Los generadores de la instalación deben producir el frío y/o el calor que posteriormente acondicionará los locales; los generadores más habituales son las calderas para calor y las enfriadoras para frío; cada vez se utilizan en mayor medida las bombas de calor para ambos usos.
- **Distribución Térmica**: Conjunto de componentes que llevan el fluido desde los generadores hasta el interior de los locales; según el fluido utilizado las distribuciones se realizan con tuberías (refrigerante o agua) y conductos (aire); los equipos que mueven estos fluidos son las bombas y los ventiladores, si bien en el caso del refrigerante son los propios compresores.
- **Emisión Térmica**: Son los elementos encargados de transferir o extraer el calor de los locales para mantener las condiciones de bienestar térmico en los mismos; se sitúan en el interior, o próximos a los locales.
- **Regulación y Control**: Debido a que las condiciones tanto exteriores (radiación solar, temperatura, viento, etc.) como interiores (ocupantes, equipos en uso, iluminación, etc.) varían continuamente las instalaciones de climatización necesitan un sistema de **control** que adecue de manera continua la producción, distribución y emisión térmica a las necesidades instantáneas de cada local.

2.1.2 Clasificación básica de los sistemas de climatización

La gran variedad de componentes de los sistemas de climatización implica una multiplicidad de instalaciones diferentes, para identificarlas con mayor sencillez las instalaciones se clasifican según el fluido que se distribuye en los locales para combatir su carga térmica, se tienen tres tipos básicos de instalaciones:

- Instalaciones de **Refrigerante** o de expansión directa: La carga del local se combate directamente con el refrigerante del ciclo de compresión.
- Instalaciones Todo **Agua**: El fluido que llega a los locales es el agua, previamente enfriada, o calentada, en los equipos de producción térmica.
- Instalaciones Todo **Aire**: El aire es tratado térmicamente en las Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs o Climatizadores) de manera que a los locales llega solo aire.

Para asegurar la calidad de aire necesaria para las personas es imprescindible la ventilación, por este motivo las instalaciones Todo Refrigerante y Todo Agua deben complementarse con los sistemas de ventilación, dando lugar a las instalaciones Agua más Aire y Refrigerante más Aire; si bien en el parque existente queda un número importante de edificios que carecen de ventilación mecánica, supeditándola a la apertura y cierre manual de las ventanas, o las infiltraciones debidas a su falta de estanqueidad.

La distribución del aire establece unas servidumbres de espacio muy importantes asociadas al tamaño de los conductos, además el aire es el fluido que más energía requiere para su transporte, por ello las instalaciones todo aire se limitan a edificios con grandes necesidades de ventilación, como auditorios y grandes superficies comerciales; su gran ventaja es la facilidad para el aprovechamiento gratuito, por lo que es una instalación que se encuentra en edificios de oficinas con plantas diáfanas.

Los sistemas de climatización más antiguos son los denominados “autónomos” que utilizan el aire como fluido térmico, muy aplicado en pequeños comercios y oficinas.

Hasta el entorno del año dos mil, el fluido más utilizado ha sido el agua; desde esa época cada vez se han realizado más instalaciones de expansión directa.

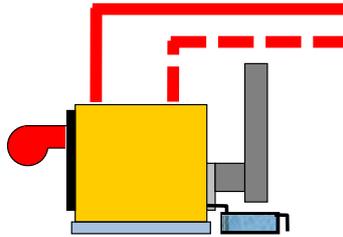
La expansión directa con equipos partidos es una solución muy común en edificios existentes cuando se climatizan solo algunos locales.

El uso del edificio condiciona no sólo el sistema de climatización adoptado en una determinada zona climática, sino también los equipos más adecuados para su rehabilitación.

2.1.3 Equipos de producción térmica

Teniendo en cuenta esta complejidad, para facilitar la interpretación de las soluciones propuestas, en este apartado los sistemas de climatización se analizan en función de los generadores térmicos, que son los equipos más afectados por las reformas de las instalaciones; a continuación, se definen estos generadores y su esquema representativo, entre paréntesis se incluye la abreviatura con la que se identificará cada equipo a lo largo del informe.

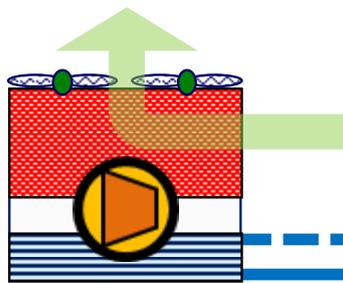
- Caldera (CLD), producen exclusivamente calor transfiriendo la energía del combustible al agua de la instalación; aunque se definen como calderas realmente se trata de los conjuntos quemador/caldera/chimenea.



Caldera (CLD) de Combustible: Niveles térmicos hasta **80°C**, las calderas de CONDENSACIÓN pueden trabajar a bajas temperaturas, mejorando el rendimiento.

Imagen 2.1: Esquema de caldera de condensación, conjunto quemador/caldera/chimenea.

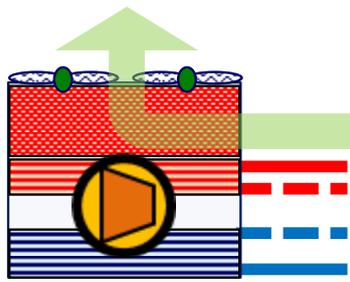
- Cogeneración (CGN) se trata de aparatos que generan electricidad aprovechando el calor de su refrigeración para calentar el agua de las instalaciones térmicas; en los edificios prácticamente todos los equipos de cogeneración son motores, cuando la producción eléctrica es inferior a 50 kW se denominan microcogeneración.
- Enfriadora (ENF), son equipos que enfrían el agua de las instalaciones, aplican el ciclo de compresión con motores eléctricos; habitualmente la condensación se efectúa con el aire exterior, aunque también pueden condensar con agua, requiriendo torres de refrigeración para la evacuación del calor al exterior.



Enfriadora (ENF) de agua condensada por aire (solo Frio).
Temperaturas habituales de producción 7°C, las temperaturas del aire de condensación dependen de la localidad de ubicación de la instalación.

Imagen 2.2: Esquema de enfriadora de agua condensada por aire.

- Enfriadora con Recuperación de Calor (ENFr), son equipos destinados a la producción de agua fría, pero en las que se recupera parte (o todo) el calor de condensación; si en calor se necesitan temperaturas altas, solo pueden recuperar una parte de ese calor tratándose entonces de recuperación parcial, sin embargo, si el nivel térmico en calor es bajo pueden alcanzar la recuperación total. El control ordena su puesta en marcha solo para producción de frío, recuperando calor si se requiere al mismo tiempo que el frío.



Enfriadora con recuperación de calor (ENFr) (Frio y Calor). Con una batería de agua aprovecha el calor de condensación, pueden ser de recuperación parcial o total. Arrancan siempre para producir Frio, el calor no recuperado se disipa en el condensador de aire.

Imagen 2.3: Esquema de enfriadora de agua condensada por aire con recuperación de calor.

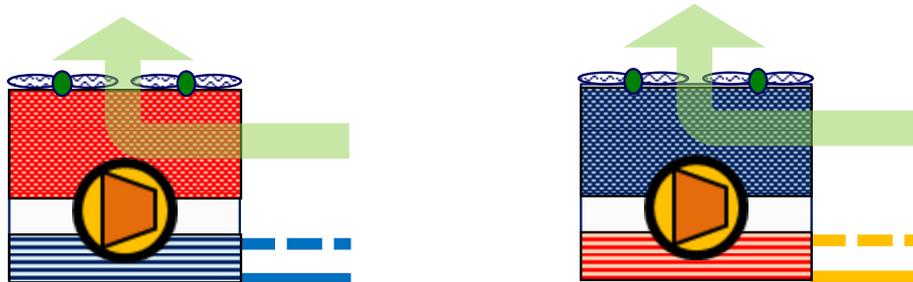
- Bomba de Calor (**BdC**) son aparatos que utilizan el ciclo de compresión para la producción exclusiva de calor, la mayoría con compresores eléctricos, si bien en el mercado existen aparatos con motor de gas, y otros que aplican el ciclo de absorción.

Están limitadas en las temperaturas que pueden alcanzar, ya que cuanto mayor sea la misma, menores son sus prestaciones (COP).

Se denominan según los fluidos de las fuentes fría y caliente, teniéndose equipos Aire/Agua, Aire/Aire, Agua/Agua y Agua/Aire

Cuando la fuente fría extrae el calor de la naturaleza, una fracción del calor aportado tiene la consideración de Energía Renovable, en función de cual sea la fuente reciben la denominación de Aerotermia (Aire), Hidrotermia (Agua) o Geotermia (Terreno).

- Bomba de Calor Reversible (**BdCr**) los equipos reversibles pueden producir frio o calor simplemente invirtiendo el ciclo de compresión, utilizando soluciones como las válvulas de cuatro vías; son la versión de bombas de calor más utilizadas en la climatización de edificios.



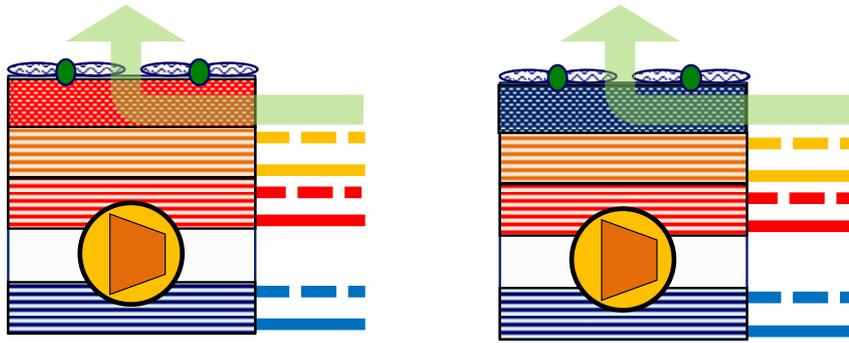
Bomba de Calor Reversible (Frio O Calor) (BdCr)

En frio como enfriadora. Nivel térmico en calor del orden de 60°C, hay equipos de alta temperatura, pero cuanto mayor sea la misma, menor será su eficiencia.

La batería de aire cumple las funciones de condensador o evaporador, según el servicio que esté proporcionando la bomba de calor

Imagen 2.4: Esquema de Bomba de Calor Reversible condensada por aire, mostrando el funcionamiento en frío o calor

- Bomba de Calor 4 tubos (**BdC4t**) las bombas de calor reversibles pueden producir frio O calor, sin embargo, con el mismo concepto de las enfriadoras con recuperación de calor se pueden utilizar equipos que al mismo tiempo producen **frio Y calor**, a diferencia de las ENFr pueden arrancar indistintamente para producir frio o calor, según las necesidades del edificio, recuperando calor o frio según el caso; disipan o extraen del aire ambiente el calor necesario para completar el ciclo en función de que la demanda instantánea sea mayoritariamente frio o calor.



Bomba de Calor Polivalente. Frio Y Calor simultáneamente (BdC4t)

Disponen de un evaporador y un condensador de agua, además de una batería de aire que hace las veces de condensador o evaporador según la producción instantánea sea mas frio que calor, o mas calor que frio.

Niveles térmicos habituales en Frio 7°C, en calor máximo 60°C (equipos a 4 tubos).

Hay versiones a 6 tubos con un segundo nivel térmico en calor 45°C en nivel mas bajo y hasta 70°C el nivel alto.

Imagen 2.5: Esquema de Bomba de Calor a 6 tubos (frio, calor temperatura media y calor alta temperatura) disipando o extrayendo calor al de aire ambiente.

En la Imagen 2.6 se muestra el ciclo de compresión y sobre el mismo la energía de los equipos de producción descritos en este apartado; el efecto útil de las enfriadoras es el indicado como “frio” sus prestaciones (EER) se tienen con la relación entre la refrigeración proporcionada y el consumo de los compresores.

En las Bombas de Calor el efecto útil es el “calor” y sus prestaciones (COP) se tienen con el cociente entre el calor y el consumo.

En enfriadoras con recuperación al efecto frigorifico se le suma el calor recuperado, que puede ser parcial a alta temperatura, o total a temperatura media.

La bomba de calor a 4 tubos obtiene como efecto útil el calor y el frio, en el caso de equipos a 6 tubos, el calor es el total pero obtenido en dos niveles térmicos diferentes.

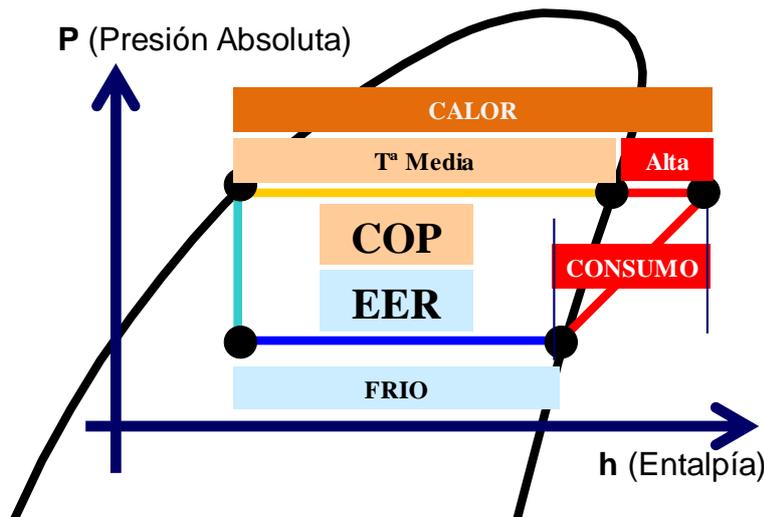


Imagen 2.6: Ciclo de compresión teorico con indicación de los efectos útiles de los diferentes generadores térmicos.

- Equipos de Expansión Directa (**EXP**) se corresponden con los sistemas de refrigerante ya que el fluido que llega a los locales es directamente el refrigerante, hay unidades partidas (**SPLIT**) son equipos unitarios que sirven a un único local, multipartidas (**MULTISPLIT**) en las que una única unidad exterior sirve a varias unidades interiores, requieren dos tuberías para cada unidad interior y por ultimo las instalaciones de Caudal de Refrigerante Variable (**VRF**) que únicamente con dos tuberías conectan una unidad exterior con varias interiores.

Todas las unidades interiores conectadas a una misma unidad exterior deben funcionar en el mismo régimen, frio o calor.

- Equipos de Expansión Directa con Recuperación (**EXPr**) se trata de instalaciones de caudal de refrigerante variable que permiten el funcionamiento de las unidades interiores simultáneamente unas en frio y otras en calor, recuperando energía entre ellas siempre que en el mismo momento haya unas unidades que soliciten frio y otras calor.
- Unidades Roof Top (**RT**), se trata de un equipo diseñado para la climatización de locales con grandes volúmenes, su nombre proviene de su diseño para la ubicación en la cubierta de los edificios, el fluido térmico es el aire.

2.1.4 Distribuciones en sistemas de agua

Una vez producida la energía en los generadores la misma debe ser distribuida a todos los locales climatizados; en los sistemas de agua se utilizan las tuberías y el agua se mueve mediante las bombas; para calefacción se distribuye agua caliente, entre 35°C y 80°C según el tipo de emisores, mientras que en refrigeración se debe enviar agua fría en torno a 7°C, puede ser superior si la carga latente es baja.

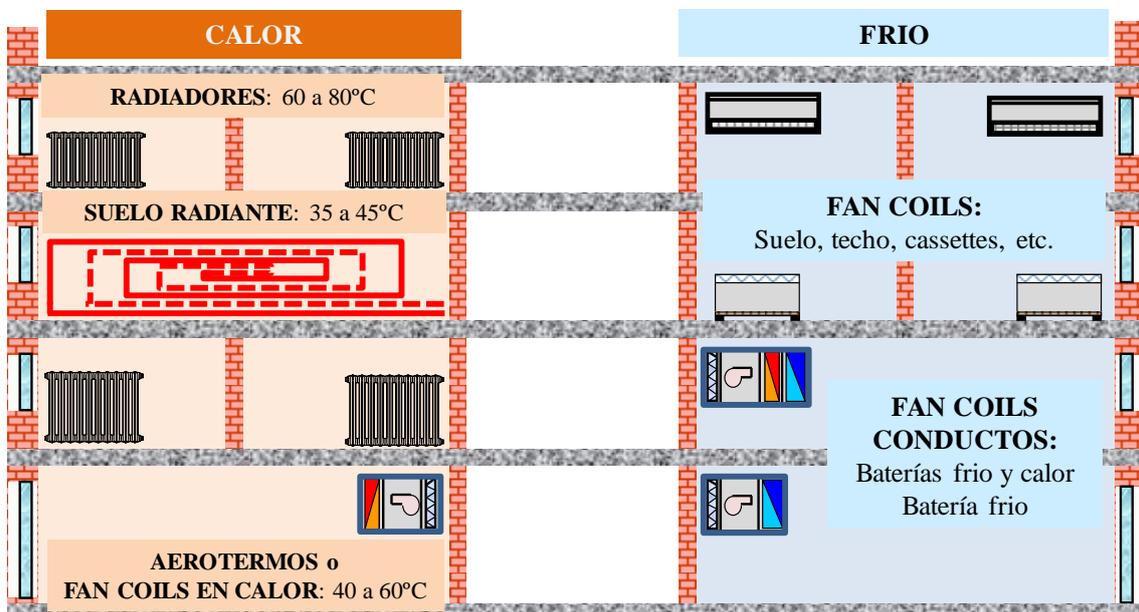


Imagen 2.7: Emisores térmicos de calor y frio mas habituales en los sistemas de agua.

Los ventiloconvectores (Fan Coils) proporcionan frío o calor, pueden ser de una o dos baterías.

En una distribución a dos tubos (2T) existe un único sistema de tuberías de distribución de agua (dos tubos: ida y retorno), de modo que todos los aparatos terminales reciben el fluido en las mismas condiciones: todos calor o todos frío. Esto supone una limitación cuando hay zonas o locales con distintas necesidades, por el contrario, resulta más económico de instalación y más eficiente al reducir el consumo en bombeo y las pérdidas en distribución.

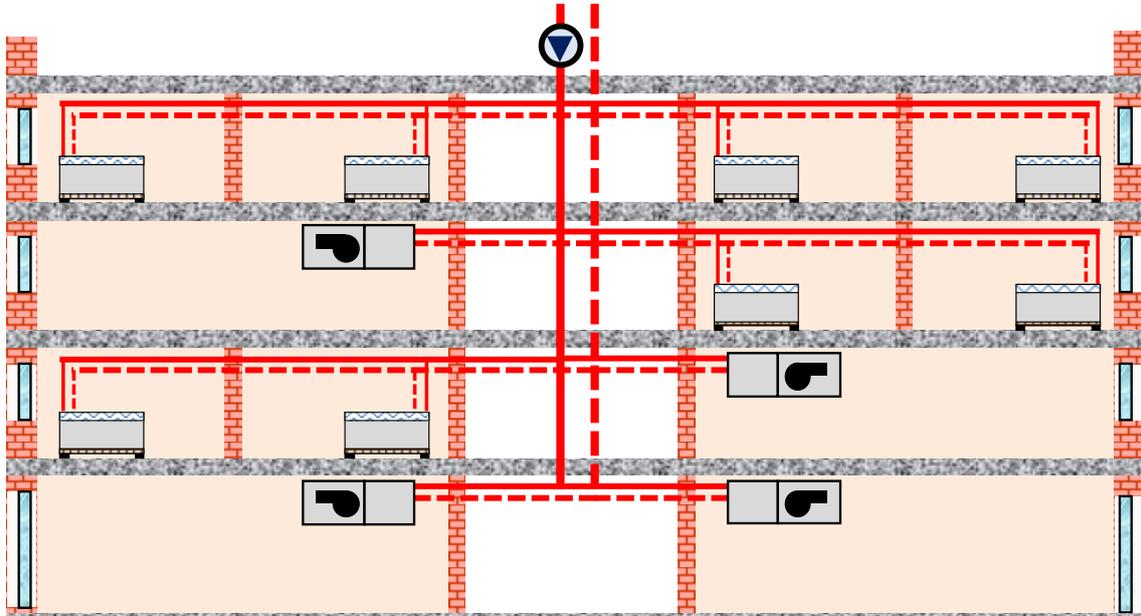


Imagen 2.8: Distribución de un sistema de agua con circuito único a dos tubos (2T) funcionando en calor.

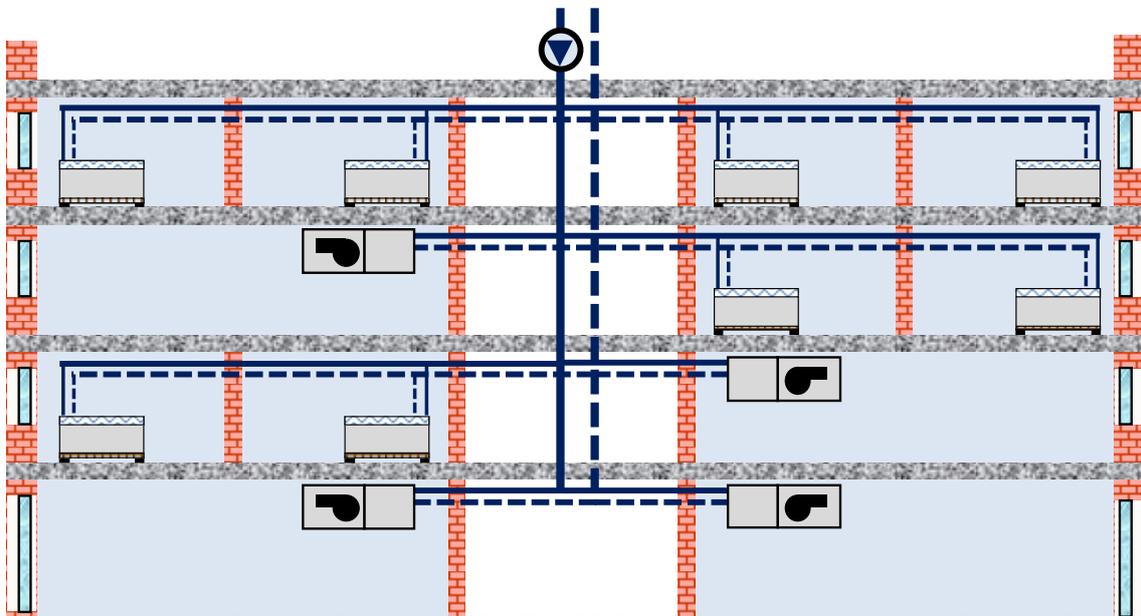


Imagen 2.9: Distribución de un sistema de agua con circuito único a dos tubos (2T) funcionando en frío.

Cuando en un edificio se tienen locales con necesidades térmicas contrarias, pero que se pueden agrupar en zonas con las mismas necesidades, por ejemplo edificios con orientaciones opuestas (Norte/Sur, Este/Oeste) una solución muy adecuada es la distribución a dos tubos pero con diferentes circuitos.

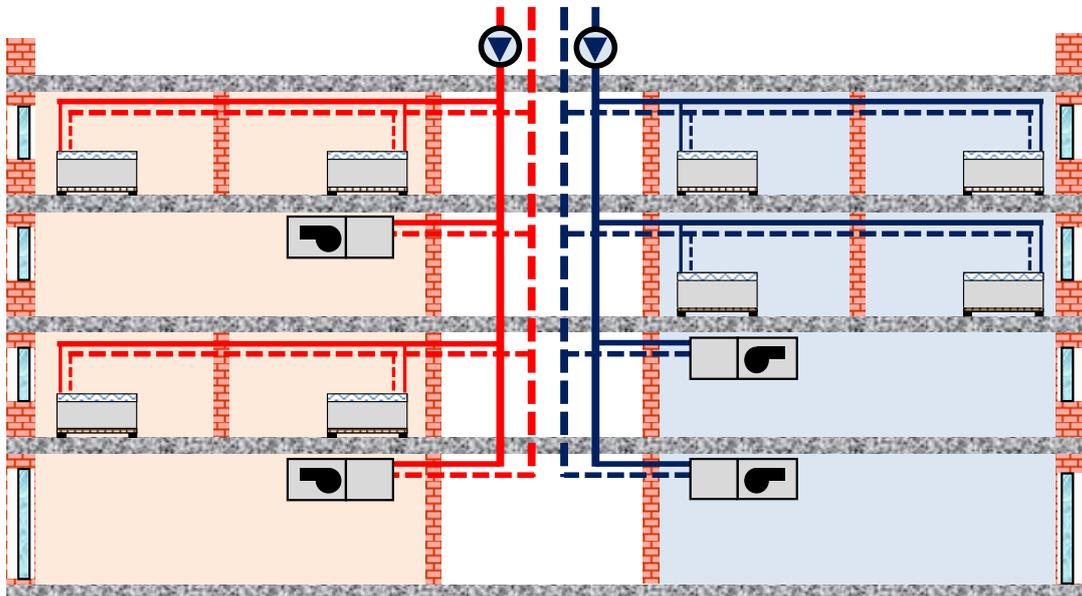


Imagen 2.10: Distribución de un sistema de agua con dos circuitos a dos tubos (2T) funcionando uno en calor y otro en frío.

En una distribución a 4T existen dos sistemas de tuberías distintos, uno para el agua caliente y otro para la fría. Es necesario cuando se tengan locales que unos requieren frío y otros calor al mismo tiempo y en una misma zona del edificio, proporcionan mayor bienestar para a costa de un mayor consumo de energía. Generalmente, suele estar asociado a ventiloconvectores con dos baterías, una para frío y otra para calor, aunque puede funcionar con una única batería.

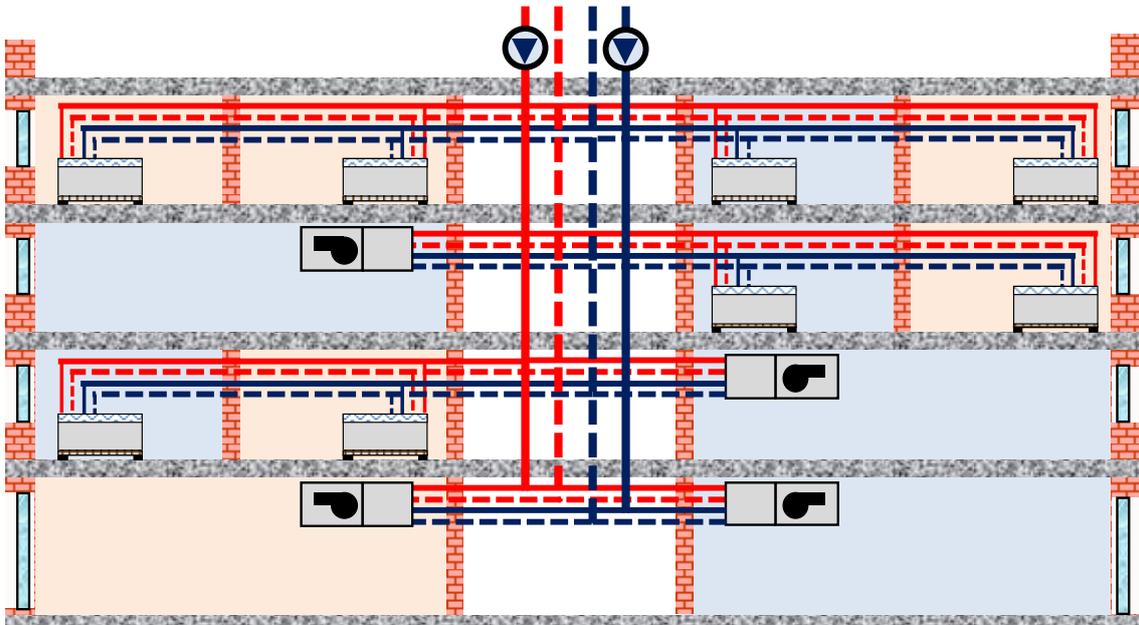


Imagen 2.11: Distribución de un sistema de agua a cuatro tubos (4T) el control de cada local le permite conectarse al circuito de calor o al de frío según sus necesidades instantáneas; en la figura se tienen varios locales solicitando frío y otros calor.

Una distribución, apenas utilizada, es la de tres tubos (3T) en la que el agua fría y caliente se lleva por tubos distintos pero el retorno es común, mezclándose el agua caliente y el agua fría de retorno. Este sistema permite suministrar frío o calor simultáneamente a los diversos aparatos, pero la mezcla de agua caliente y fría es energéticamente un desastre, por lo que está prohibida reglamentariamente (RITE). Si existiera alguna instalación de este tipo debiera rehabilitarse a una distribución por dos tubos, y si fuera necesario poner un apoyo con equipos de expansión directa puntuales.

2.1.5 Instalaciones térmicas tipo

La combinación de los generadores descritos, con las distintas formas de distribución da lugar a las 11 instalaciones diferentes que se definen en este apartado, que son las más habituales en los edificios estudiados.

Como para los generadores, entre paréntesis se incluye la abreviatura con la que se identificará cada instalación a lo largo del informe, la nomenclatura de la instalación se compone con las de los generadores que configuran el sistema.

En la identificación el símbolo (*) afecta solo a sistemas de agua e indica que la distribución térmica en el edificio puede ser tanto a dos tubos (**2T**) como a cuatro tubos (**4T**), en los restantes sistemas de agua cuando no se indica nada, la distribución es siempre a **2T**.

El número asignado del 1 al 11 es el que se utiliza en las tablas como “REF”.

Para facilitar la interpretación de estos esquemas se representa únicamente la tubería de impulsión, en las instalaciones reales cada circuito dispondrá siempre de dos tuberías (impulsión y retorno) como se han mostrado en el punto anterior.

1. Solo Caldera (CLD) se utiliza en edificios con instalación exclusiva de calefacción, también puede haber servicio de ACS.

Se trata de un sistema de agua con distribución a dos tubos muy específica para edificios cuya demanda predominante es la calefacción, habitualmente en usos con baja o nula ocupación en meses de verano, con baja carga interna, y en severidades climáticas de invierno duras, es una solución que se encuentra en colegios y en algunos hoteles pequeños en zonas frías.

La generación está constituida por una o varias calderas que pueden alimentar a distintas unidades terminales, como pueden ser radiadores, ventiloconvectores, etc.

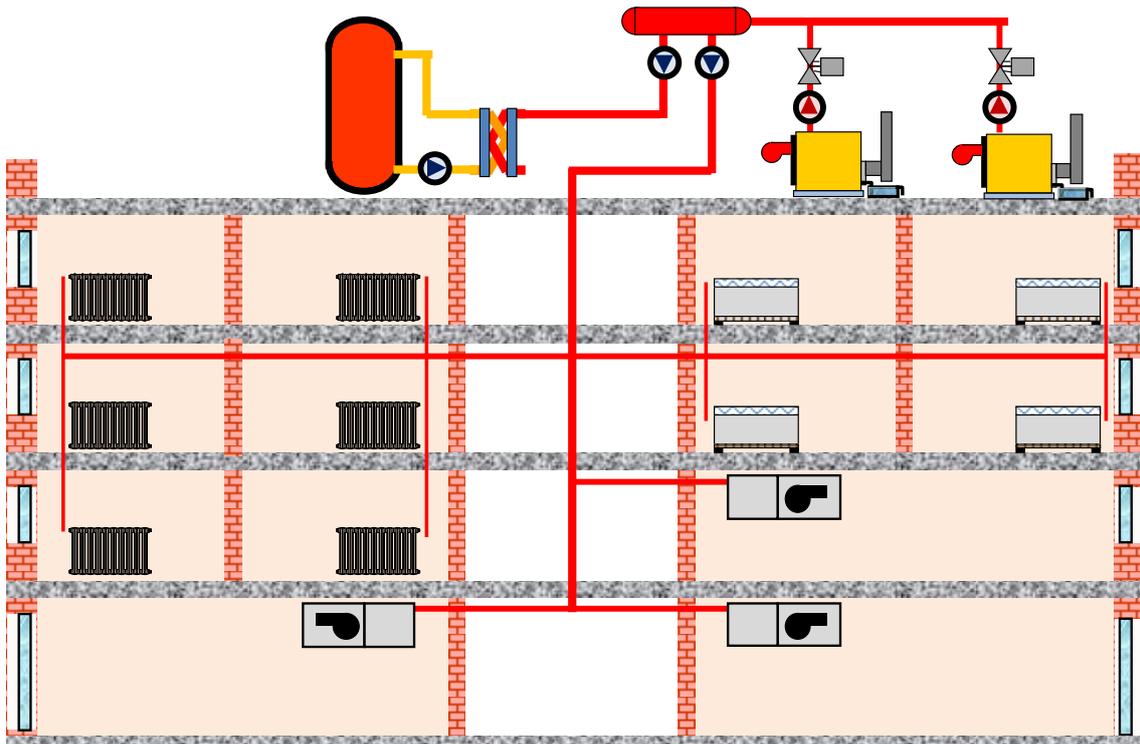


Imagen 2.12: Sistema de agua, solo calor con calderas, se muestra la posible producción de ACS; la distribución de calefacción se atiende con un único circuito a dos tubos (2T), con diferentes unidades terminales.

En la Imagen 2.12 se muestra un único circuito con diferentes unidades emisoras; pueden tenerse más circuitos asociados a los niveles térmicos de emisores diferentes, por ejemplo, un circuito exclusivo para los radiadores.

El número de circuitos también se puede asociar a horarios de servicio diferenciados, orientaciones opuestas, etc.; de modo que, aunque el servicio sea solo de calor se puedan tener diferentes regulaciones de la temperatura de distribución.

En edificios de usuario único las distribuciones pueden realizarse por montantes de emisores (como se muestra en la imagen 2.12), reduciendo las longitudes de tuberías necesarias; en los restantes esquemas se muestran las distribuciones por plantas, habituales en edificios con varios usuarios.

2. Solo Enfriadora (ENF), aplicable en edificios únicamente con refrigeración.

Se trata de un sistema de agua con distribución a dos tubos, muy específica para edificios sin demanda de calefacción, habitualmente en usos con alta ocupación (como el caso de los centros comerciales) y en zonas climáticas de invierno benignas.

La generación está constituida por una o varias enfriadoras que pueden alimentar a unidades terminales diferentes.

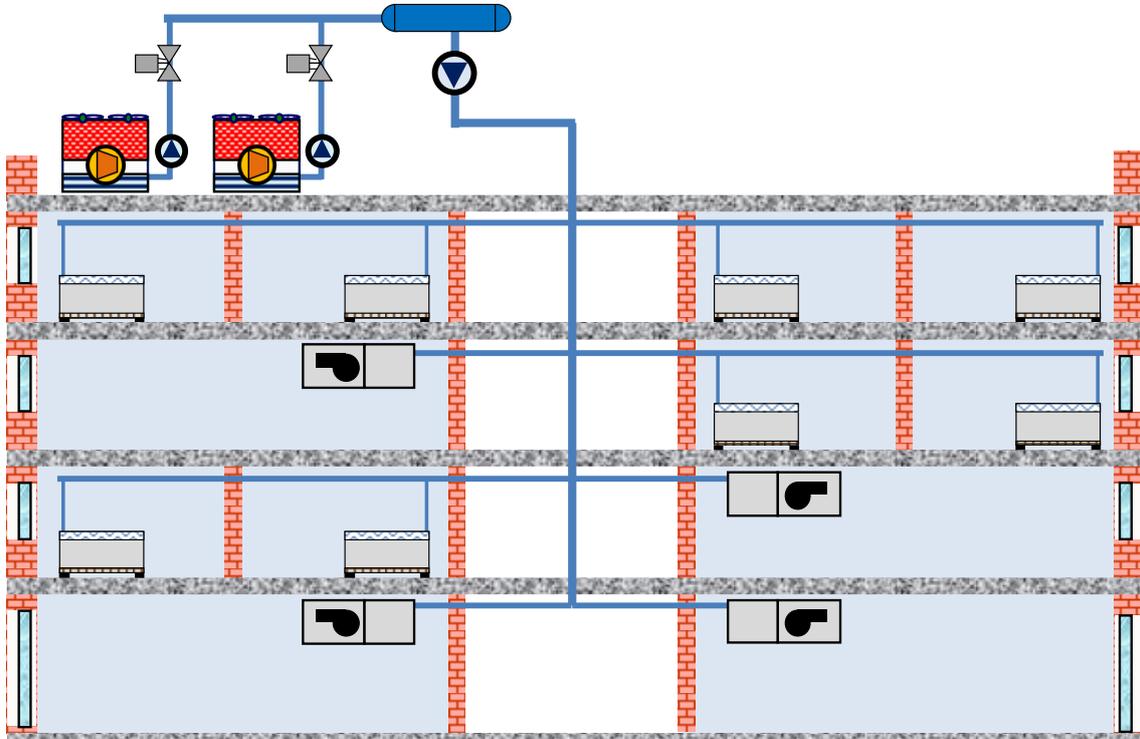


Imagen 2.13: Sistema de agua, solo refrigeración con un único circuito a dos tubos (2T), con diferentes unidades terminales.

3. Caldera más Enfriadora (**CLD+ENF** ^(*)) sistemas de agua con producción de frío y calor con distribuciones a dos o a cuatro tubos, muy utilizada en todo tipo de edificios y zonas climáticas, sobre todo en las más frías.

La generación está constituida por una o varias calderas y una o varias plantas enfriadoras que pueden alimentar a distintas unidades terminales.

La distribución a **2T** requiere la inclusión de válvulas motorizadas de corte que permitan la conexión de la distribución alternativamente a los colectores de frío o calor, evitando la posible mezcla de agua a diferentes niveles térmicos; el funcionamiento de las calderas y las enfriadoras es alternativo.

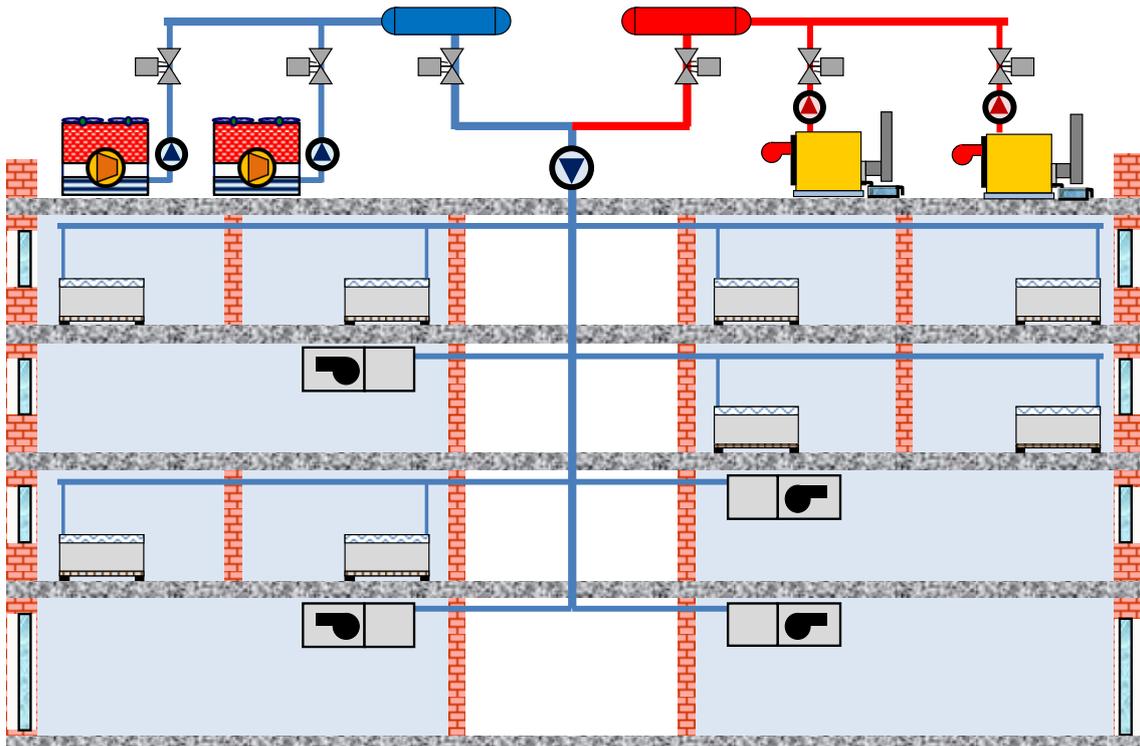


Imagen 2.14: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con un único circuito a dos tubos (2T), con diferentes unidades térmicas. Funcionamiento en frío.

Si el edificio puede necesitar calefacción y refrigeración simultánea, pero los locales de cada zona térmica se pueden agrupar, puede mantenerse la distribución a dos tubos pero con varios circuitos.

El cambio de calor a frío, o de frío a calor, en cada circuito a 2T requiere un tiempo para la estabilización de las temperaturas, no se puede efectuar de manera inmediata; ahora bien, es una situación que se presenta en épocas intermedias (primavera u otoño) y que no suele requerir más de un cambio diario.

Si se tienen situaciones frecuentes en las que unos locales demanden calor y otros frío simultáneamente las distribuciones deberán ser a cuatro tubos.

Puede cubrir también el servicio de ACS con las calderas, siendo una solución muy utilizada en hoteles.

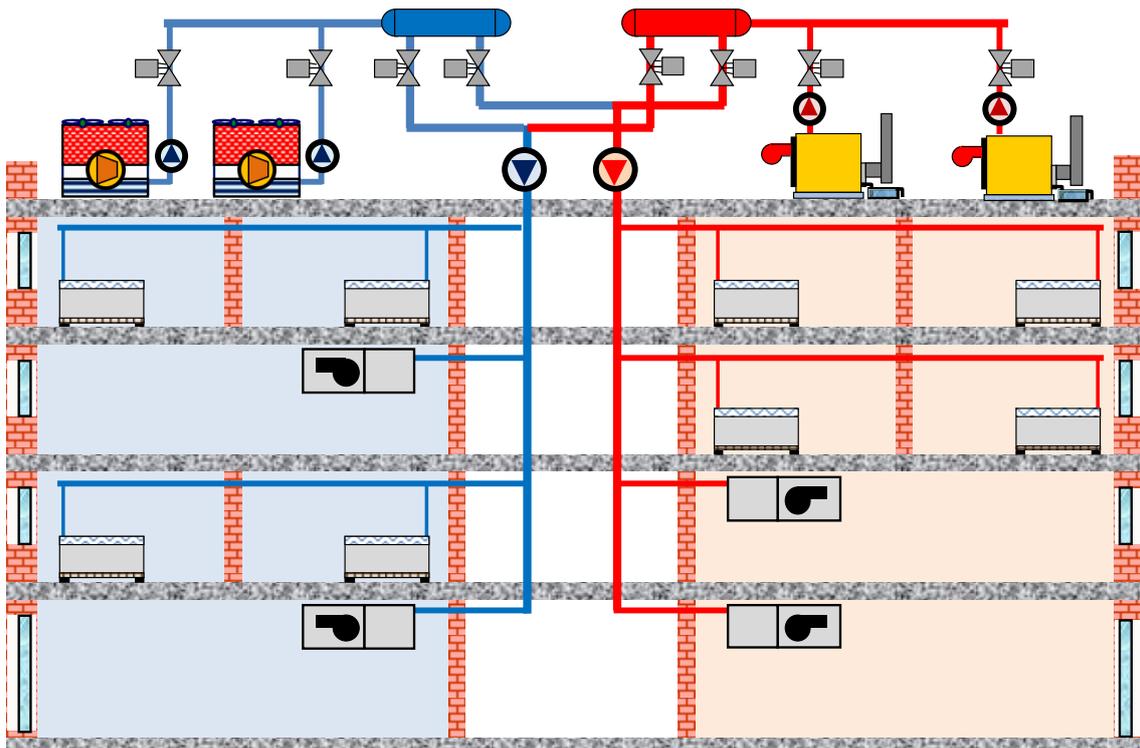


Imagen 2.15: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con dos circuitos a dos tubos (2T), con diferentes unidades terminales. Funcionando un circuito en frío y otro en calor.

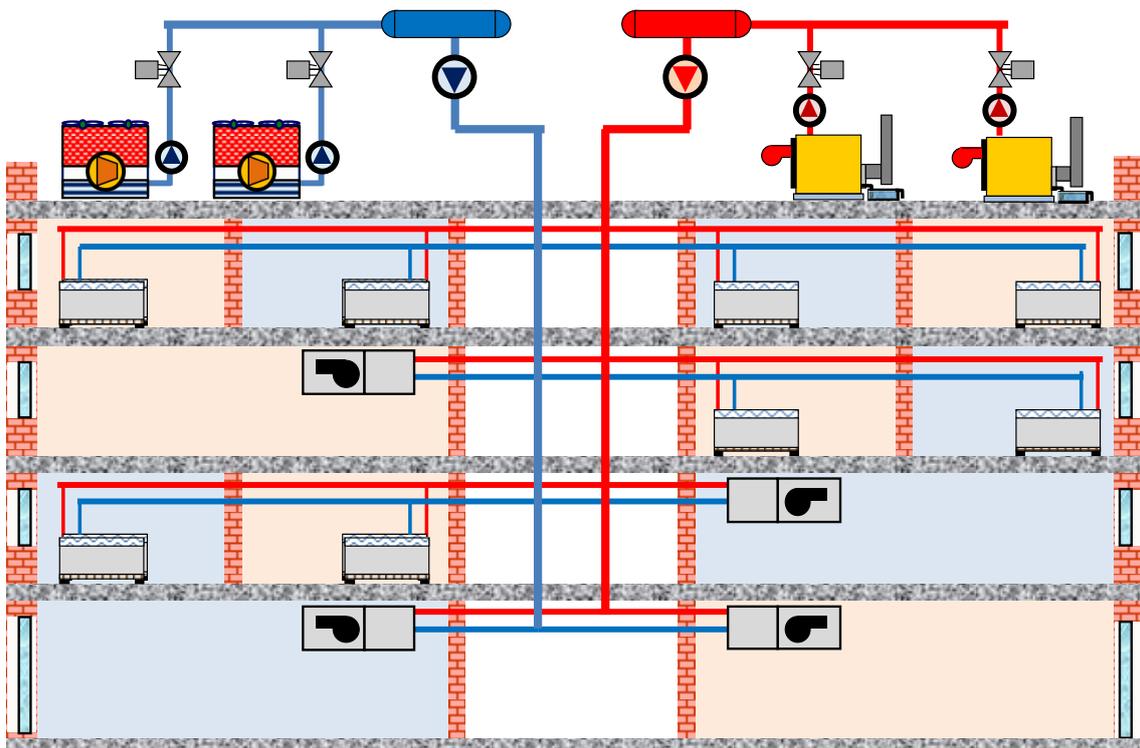


Imagen 2.16: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con un único circuito a cuatro tubos (4T), con diferentes unidades terminales. Unos locales demandan frío y otros calor.

4. Caldera más Enfriadora más Cogeneración (CLD+ENF+CGN (*)), realmente es una instalación similar a la 3, en cuya producción de calor se integra un equipo de cogeneración

Es una aplicación muy extendida en hospitales en los que suele haber equipos de cogeneración de alta potencia y, con equipos más pequeños, en el sector hotelero.

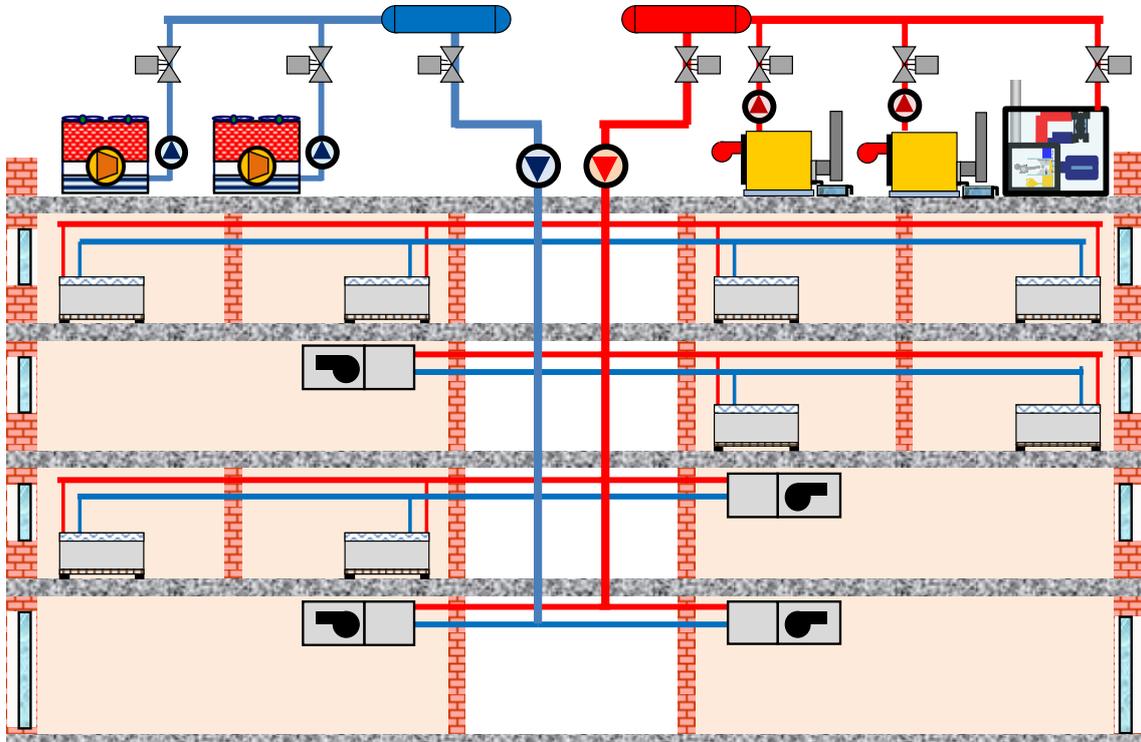


Imagen 2.17: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con producción térmica con enfriadoras, calderas y motor de cogeneración. Con un único circuito a cuatro tubos (4T), con diferentes unidades terminales. Funcionamiento solo en calor.

En la Imagen 2.17 se muestra una situación distribución a cuatro tubos, en un asituación típica de invierno en la que únicamente se está solicitando calor; en estos casos el control debe registrarlos y parar la producción y distribución de frío; en muchas ocasiones se mantienen en marcha la producción y distribución de ambos servicios (frío y calor) de manera innecesaria incrementando el consumo sin mejora del confort.

5. Caldera más Enfriadora con Recuperación de calor (CLD+ENFr^(*)), se aplica en edificios donde coexisten los servicios de refrigeración con algún uso de calor como ACS, además del de calefacción.

Se trata de un sistema de agua similar al caso 3 con la excepción de que la enfriadora puede recuperar total o parcialmente el calor de condensación como calor útil para el calentamiento del agua.

Es una solución muy extendida en edificios con ACS, como hoteles y hospitales; las enfriadoras entran en funcionamiento para producir frío, la eficiencia del ciclo frigorífico se ve reducida al aumentar la presión de condensación, este efecto es sobradamente compensado con la recuperación de calor, por ello solo se deben utilizar en instalaciones en las que el número de horas de la posible recuperación sea alto.

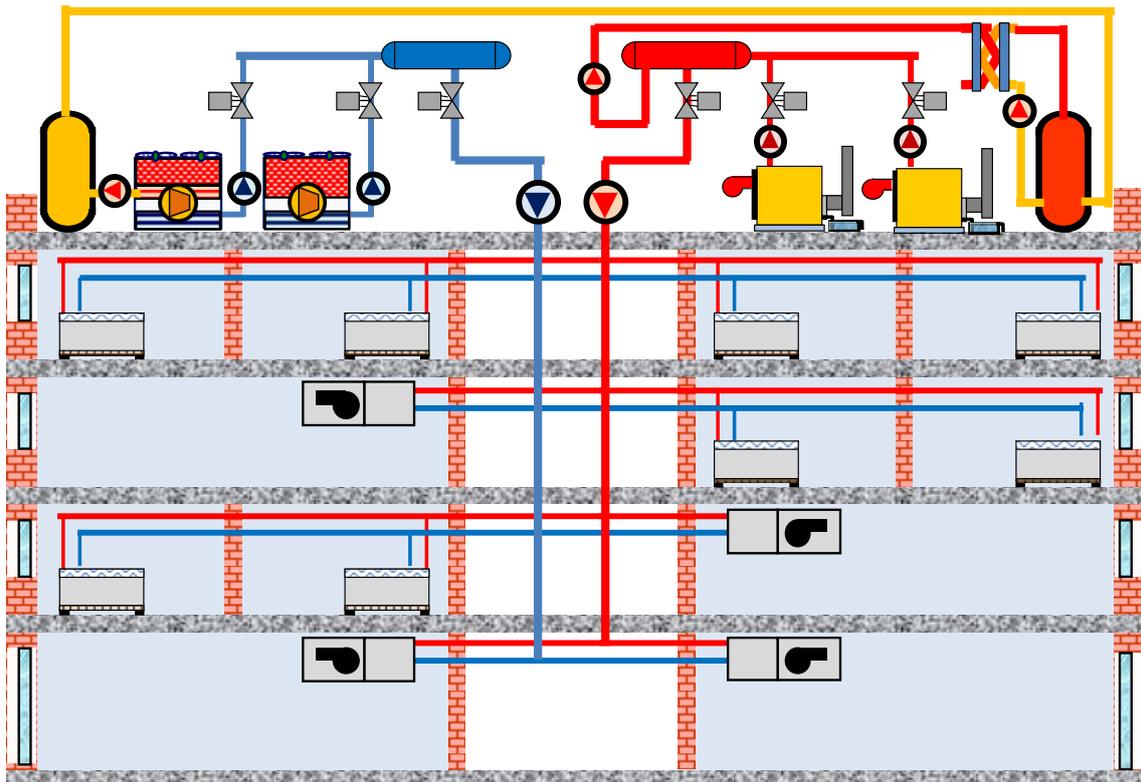


Imagen 2.18: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con producción térmica con enfriadoras, una de ellas con recuperación de calor, y calderas.

Producción de ACS con calderas y precalentamiento aprovechando la recuperación de calor de la enfriadora

Con un único circuito a cuatro tuberías (4T), con diferentes unidades terminales.
Funcionamiento solo en frío.

Si la recuperación de calor es total en baja temperatura se puede utilizar para precalentamiento del ACS, siendo necesario elevar la temperatura de este servicio mediante las calderas, o para otros usos como calentamiento del agua de piscinas, etc.

Si la recuperación es en alta temperatura, recuperación parcial, puede utilizarse directamente para la producción de ACS.

Si hay varias enfriadoras no es habitual que todas sean con recuperación de calor.

6. Bomba de calor reversible (**BdCr** (*)), presente en instalaciones que requieren refrigeración y usos de calefacción a temperaturas medias o bajas; como los anteriores es un sistema de agua.

Teniendo en cuenta la facilidad de la inversión de ciclo de la bomba de calor, resulta una solución muy utilizada en edificios con necesidades de refrigeración y calefacción con emisores de temperatura media, habitualmente sin servicio de ACS.

La bomba de calor reversible puede producir o frío o calor, nunca los dos servicios simultáneamente, por ello es muy fácil de integrar en instalaciones con distribución a dos tubos, en las que el funcionamiento será alternativamente en frío o en calor.

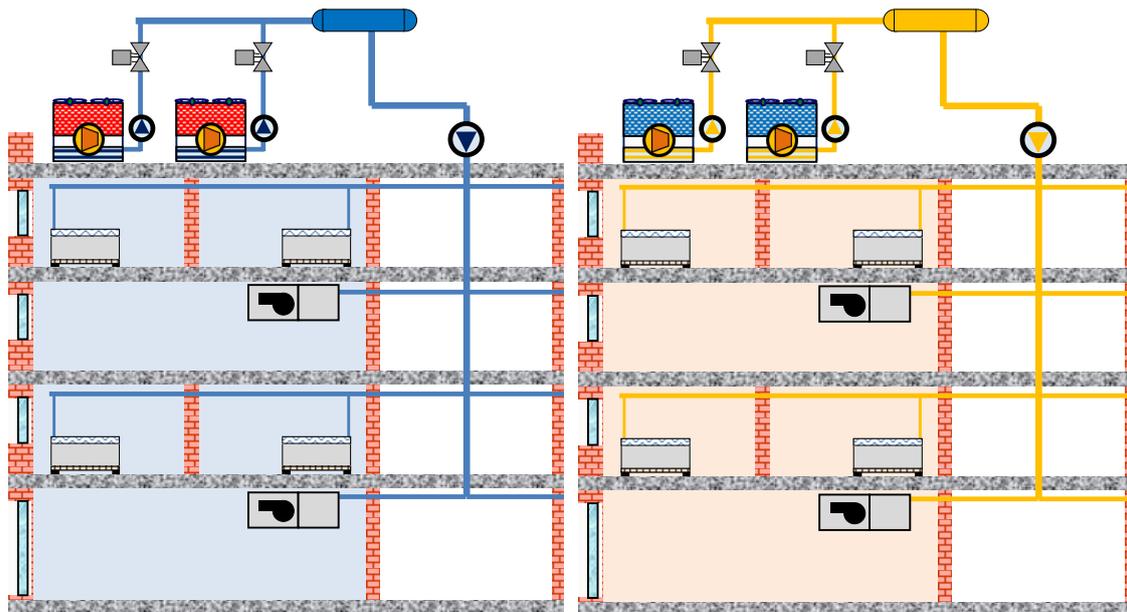


Imagen 2.19: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con producción térmica con bombas de calor reversibles.

Con un único circuito a dos tubos (2T), con diferentes unidades terminales. Funcionamiento alternativo en frío o calor.

En instalaciones a cuatro tubos, o con varios circuitos que puedan funcionar unos en frío y otros en calor, se requieren como mínimo dos equipos de modo que en épocas intermedias cuando se tengan demandas simultáneas de frío y calor, un equipo pueda posicionarse en frío y otro en calor

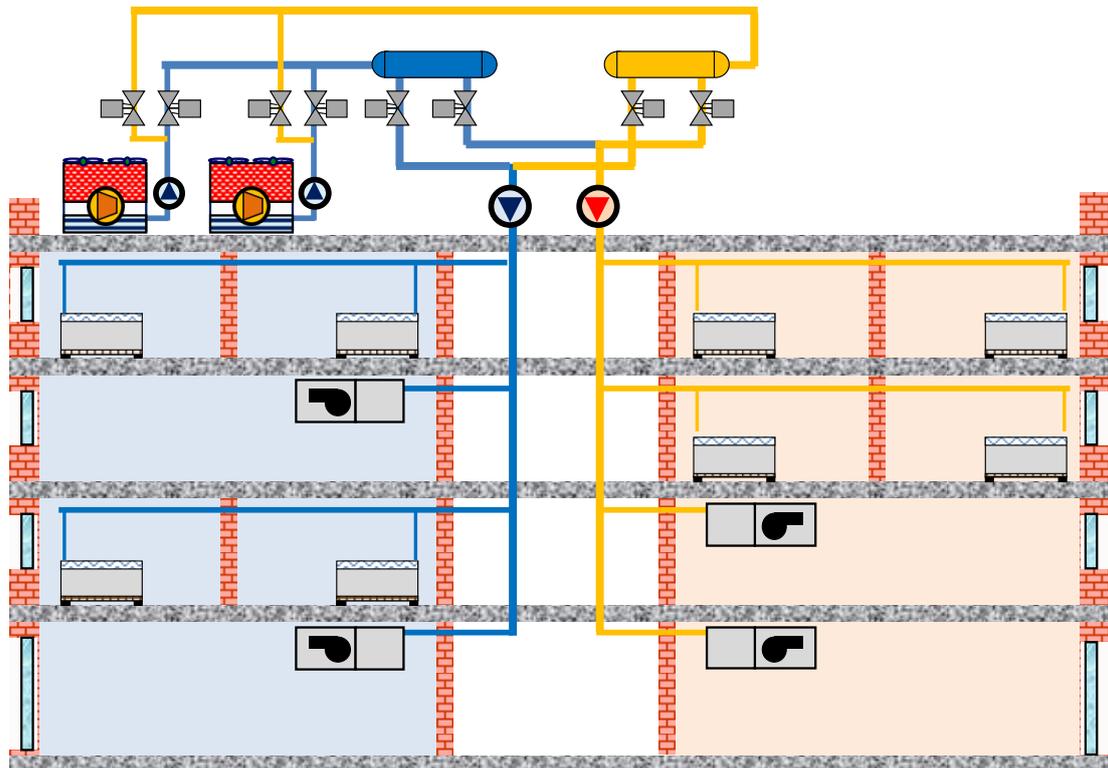


Imagen 2.20: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con producción térmica con bombas de calor reversibles. Distribución con dos circuitos a dos tubos (2T), lo que exige un mínimo de dos bombas de calor de manera que puedan posicionarse una en frío y otra en calor.

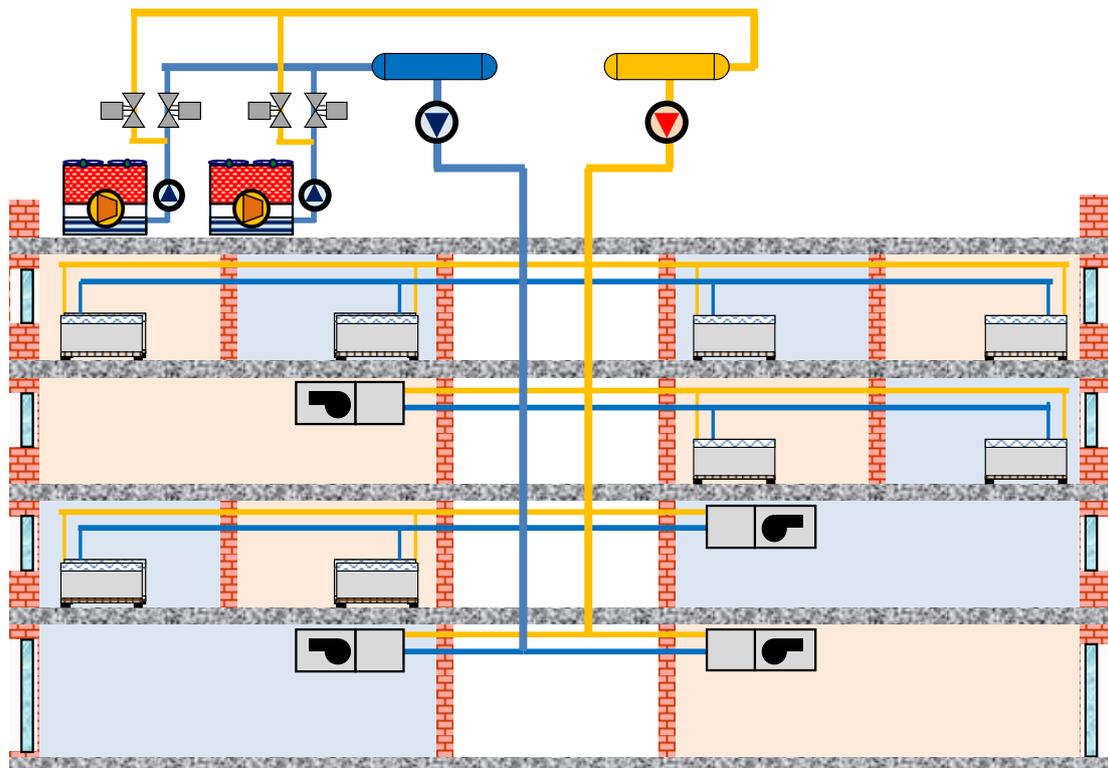


Imagen 2.21: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con producción térmica con bombas de calor reversibles. Distribución a cuatro tubos (4T), lo que exige un mínimo de dos bombas de calor de manera que una pueda posicionarse en frío y otra en calor.

7. Bomba de calor a 4 tubos (**BdC4t**), se aplica cuando hay necesidades de calefacción y refrigeración de manera conjunta un alto número de horas anuales.

Se trata de un sistema de agua, a diferencia de la unidad reversible la bomba de calor a 4 tubos produce frío y calor de forma simultánea y respecto a la enfriadora con recuperación puede arrancar indistintamente para producir frío o calor, no solo frío.

La instalación es similar a la anterior (BdCr) pero puede resolverse una instalación con distribución a cuatro tubos con un equipo único.

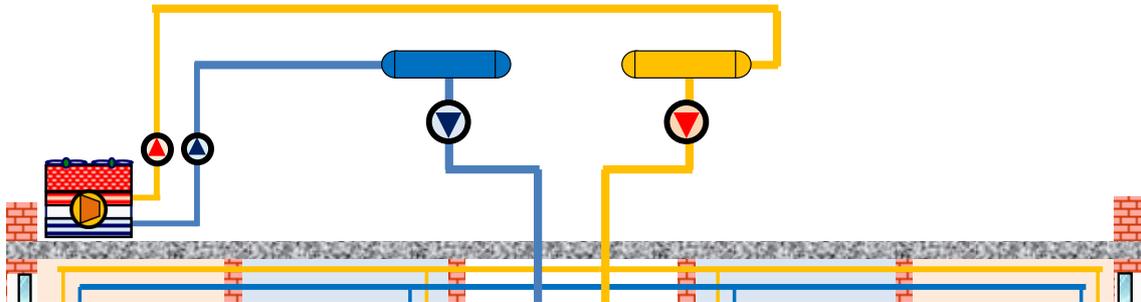


Imagen 2.22: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con producción térmica con una única bomba de calor de 4 tubos (BdC4t puede hacer frente a una distribución a cuatro tubos (4T)).

Cuando el fraccionamiento de potencia aconseja instalar más de una bomba de calor, no es habitual que todas sean polivalentes, ya que el uso simultáneo de frío y calor no se presenta en los momentos de máximas demandas de calor (invierno) o frío (verano), se suelen combinar con bombas de calor reversibles.

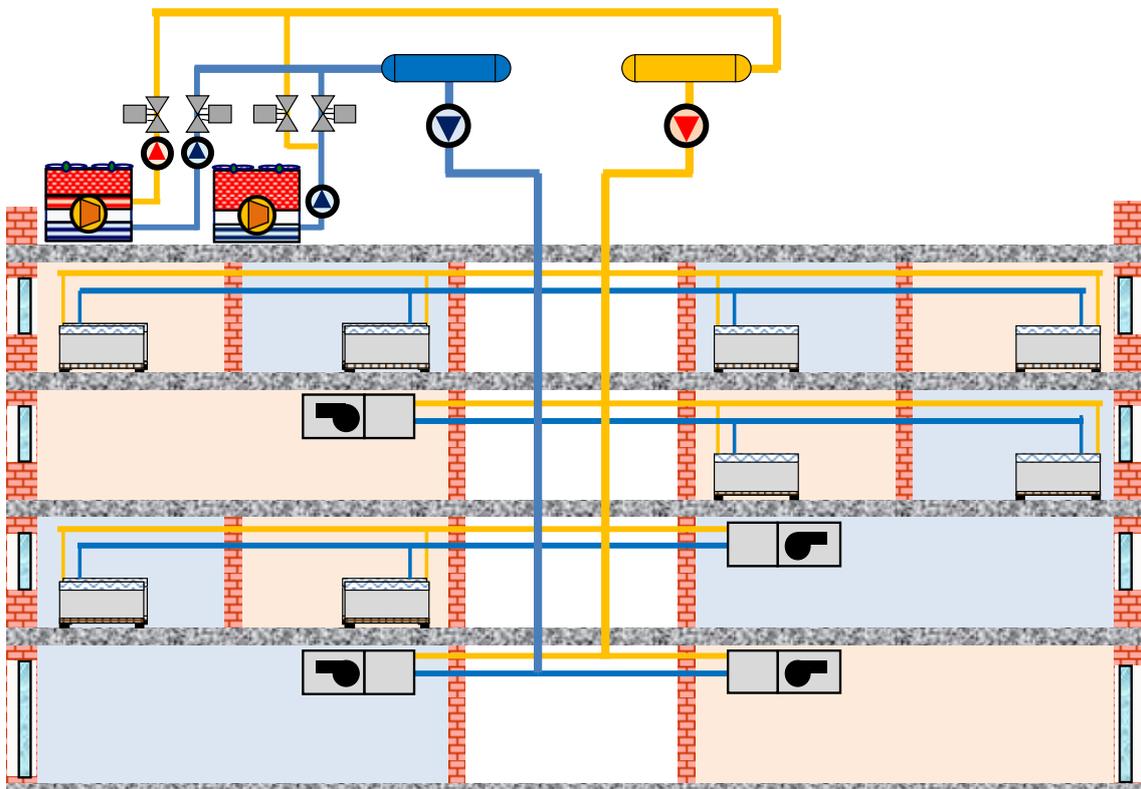


Imagen 2.23: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con producción térmica con una BdC4t y una BdCr. Distribución a cuatro tubos (4T).

Aunque la distribución habitual con estos equipos es la 4T es posible adaptarlas a distribuciones con dos tubos, siempre que las mismas tengan varios circuitos que requieren servicios opuestos, ya que estos equipos funcionan optimamente cuando hay demandas simultáneas de frío y calor.

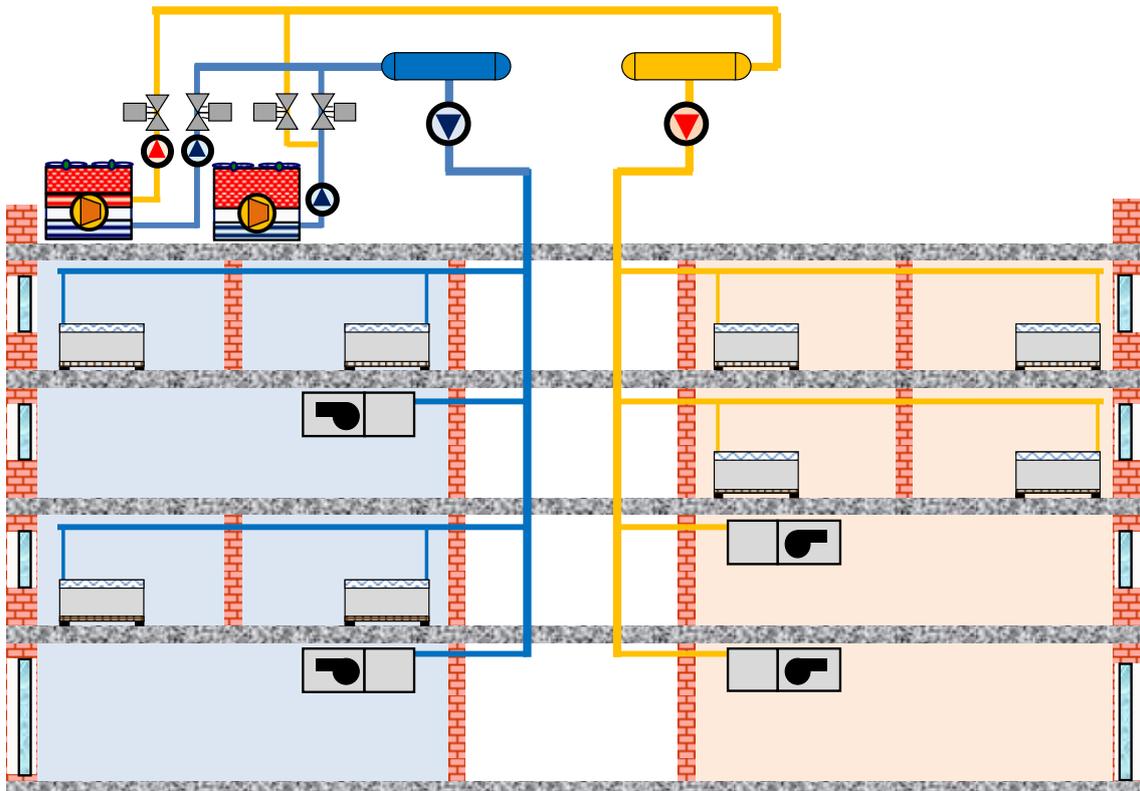


Imagen 2.24: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con producción térmica con una Bdc4t y una BdcCr. Distribución con dos circuitos a dos tubos (2T).

La alternativa a la Bdc4t, que dispone de un intercambiador con el aire ambiente, son las bombas de calor agua/agua con diseños de instalaciones que aprovechan tanto la evaporación (frío) como la condensación (calor) las instalaciones pueden realizarse con equipos reversibles, o no reversibles; actualmente su mayor aplicación es en instalaciones de geotermia o hidrotermia.

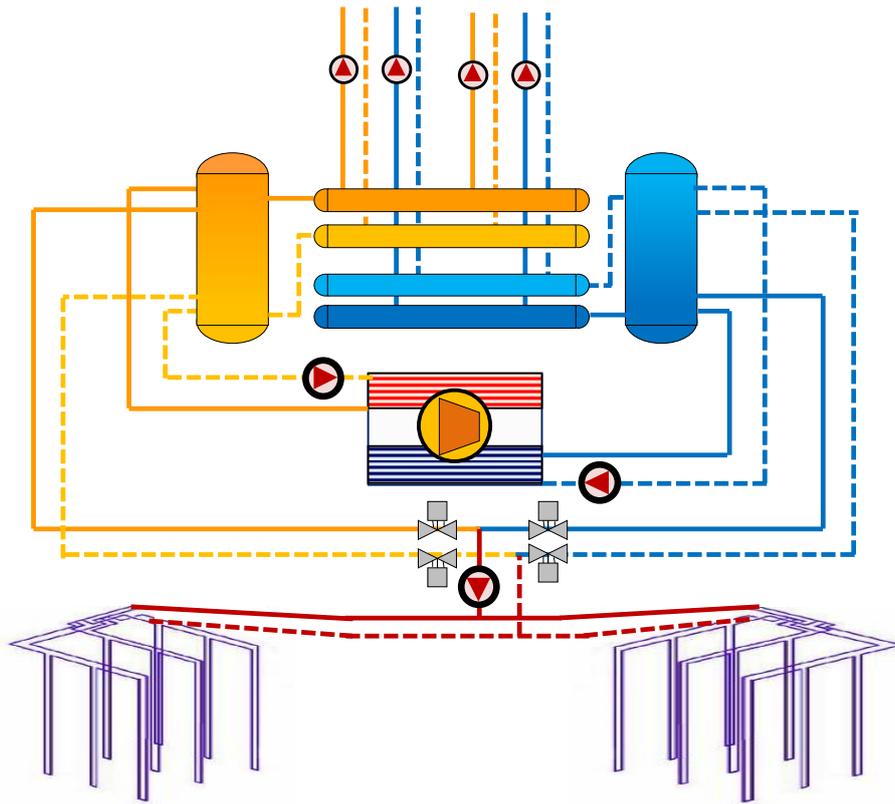


Imagen 2.25: Sistema de agua, con servicios de calefacción y refrigeración con producción térmica con una bomba de calor agua/agua en una instalación de geotermia; distribución a cuatro tubos.

8. Expansión directa (**EXP**), incluye todo tipo de instalaciones en las que el fluido térmico que discurre por los locales es el refrigerante; abarca desde instalaciones con equipos unitarios en cada local, hasta las de caudal de refrigerante variable en los que una única unidad exterior sirve a un alto número de locales.

En estos sistemas, la refrigeración se produce por la evaporación directa de un refrigerante en un equipo provisto de batería aleteada para este propósito y la calefacción, si se trata de un equipo reversible, por la condensación directa en la misma batería (en las instalaciones existentes pueden haber equipos que sólo produzcan frío; en el mercado actual todos son bombas de calor reversibles, es decir, producen frío o calor).

El aire del local pasa directamente por la batería en la que se evapora o condensa el refrigerante, que forma parte del sistema frigorífico. Evidentemente, al aprovecharse la evaporación o la condensación del circuito frigorífico en el propio local, su fluido portador de energía es directamente el refrigerante.

Pueden incluirse en este grupo, los aparatos compactos de "ventana" así como los equipos partidos (Split), en los que la unidad exterior, generalmente condensada por aire, se encuentra situada a distancia y conectada a una unidad interior por tuberías de refrigerante (líquido y gas).

Existe una amplia oferta de sistemas multipartidos (MultiSplit) en los cuales una única unidad exterior da servicio a varias unidades interiores, hasta 5, cada unidad interior está conectada mediante dos tuberías a la unidad exterior.

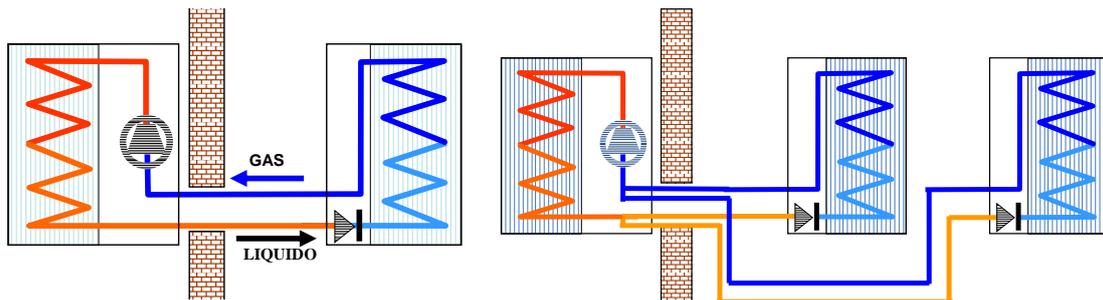


Imagen 2.26: Sistemas de expansión directa, equipos partido (split) y multipartido (multisplit), en el ejemplo 2x1.

La reversibilidad del ciclo frigorífico se consigue con la válvula de cuatro vías.

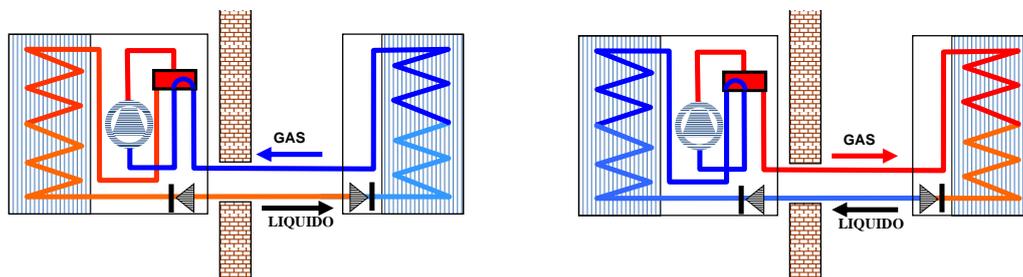


Imagen 2.27: Equipo partido "split", bomba de calor reversible, con válvula de 4 vías, funcionamiento en frío y en calor. Circuito cerrado de un fluido refrigerante.

En edificación existente es muy habitual instalar unidades partidas en locales sin climatización, la situación extrema correspondería a un edificio con una unidad para cada local (Imagen 2.28)

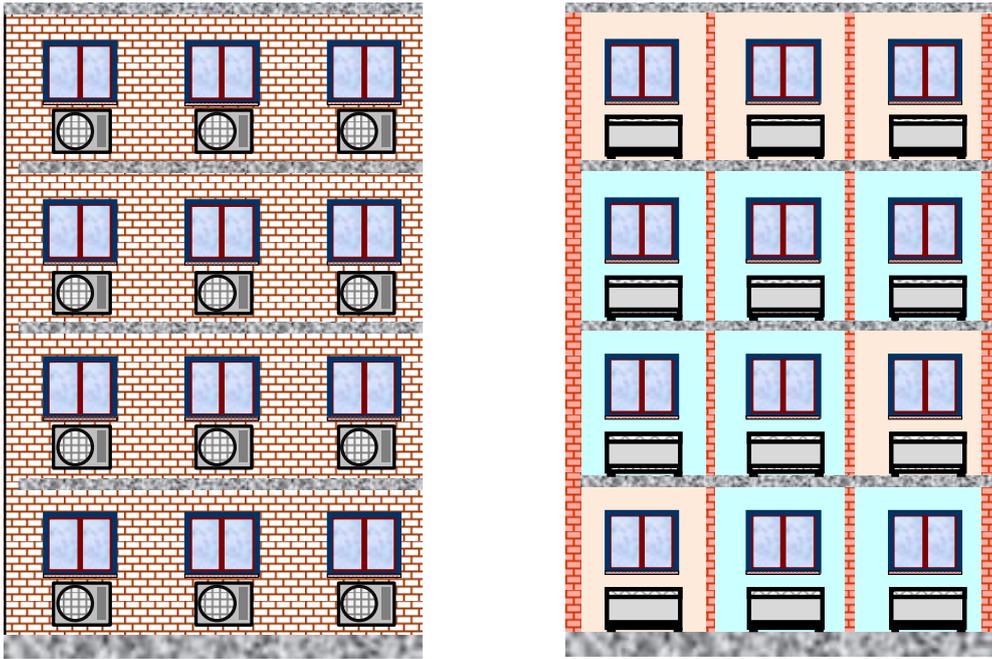


Imagen 2.28: Edificio con unidades partidas en cada local, se han representado unidades interiores de suelo; cada local puede funcionar de manera independiente en frío o calor.

Una solución mas coherente es la de unidades multipartidas con una unidad exterior por usuario; desde el punto de vista de integración arquitectónica las unidades exteriores se deben ubicar en la cubierta y las tuberías discurrirán por zonas comunes; en la imagen 2.29 se muestra una instalación de este tipo.

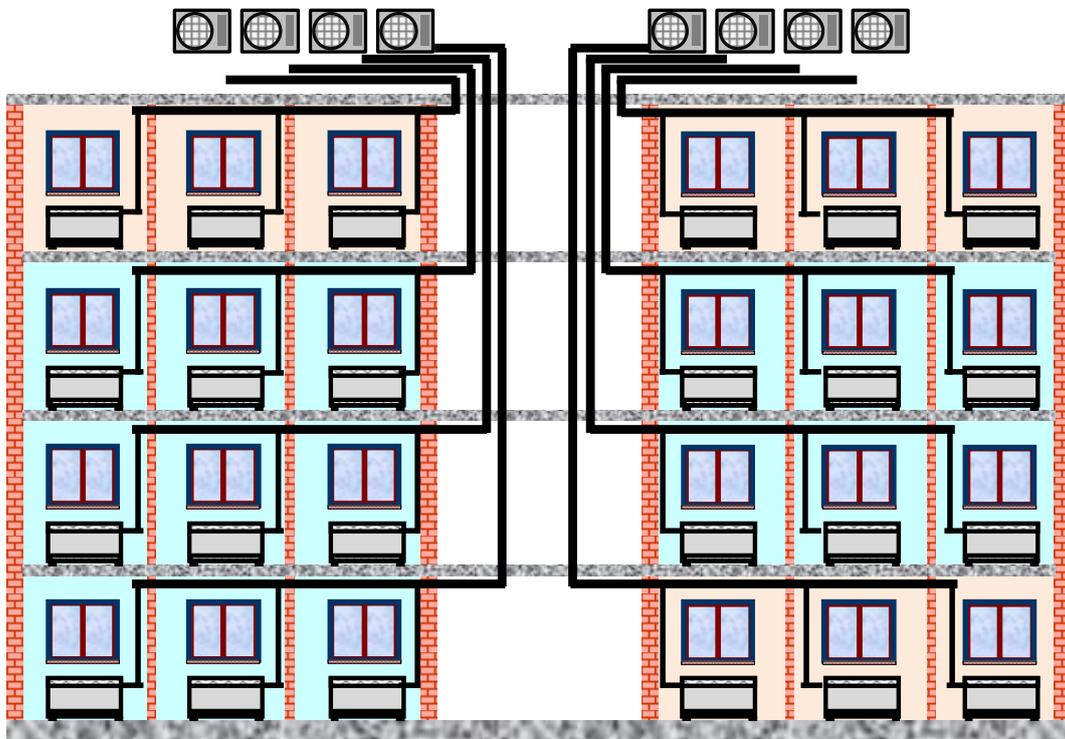


Imagen 2.29: Sistema de expansión directa con unidades multisplit, una por cada usuario; cada usuario puede optar por frío o calor, pero todas sus unidades interiores funcionan con el mismo servicio: frío o calor.

En las instalaciones de expansión directa las distancias entre las unidades exteriores e interiores están limitadas, en la documentación técnica de cada equipo deben figurar las distancias máximas totales y verticales; además esta distancia supone una reducción de las prestaciones de los equipos, dato que también debe figurar en la mencionada documentación.

En los últimos tiempos, los sistemas partidos han conocido una extraordinaria evolución y aceptación en el pequeño comercio, aunque también han sido utilizados para la climatización completa de edificios; una solución que se adecua al conjunto de los edificios son las instalaciones de caudal de refrigerante variable, en las cuales una única unidad exterior da servicio a un elevado número de unidades interiores, para la conexión de todas ellas se utilizan dos tubos (líquido y gas) a las cuales mediante juntas REFNET se van realizando las conexiones.



Imagen 2.30: Sistema de expansión directa de Caudal de Refrigerante Variable, las derivaciones se realizan con juntas “REFNET”, todas las unidades interiores conectadas a la misma unidad exterior deben funcionar en el mismo regimen: frio o calor; si se tienen zonas con necesidades opuestas se deben conectar a unidades exteriores diferentes.

En las instalaciones de caudal de refrigerante variable, además de las distancias vertical y máxima se tiene otro límite que es la diferencia de cota entre derivaciones en planta, dato que también debe estar incluido en la documentación técnica de los equipos.

9. Volumen de refrigerante variable con recuperación (**EXPr**), son instalaciones de caudal de refrigerante variable que permiten el uso simultáneo de frío y calor.

Los sistemas de caudal de refrigerante variable tienen distribuciones a "dos tubos" (líquido y gas), en las cuales todas sus unidades interiores deben trabajar en el mismo régimen o en frío o en calor por inversión de ciclo; pero existen sistemas con recuperación de calor, habitualmente a tres tubos, aunque hay fabricantes que ofrecen otras soluciones; estos sistemas permiten que unas unidades interiores funcionen en refrigeración mientras que otras lo hacen en calefacción, permitiendo una recuperación de energía entre unas y otras, reduciendo el consumo del sistema general.

Las versiones a "tres tubos", consisten en que, las conexiones entre la unidad exterior y las interiores, son con tres tubos:

- Aspiración de gas frío por el compresor.
- Descarga de gas caliente del compresor.
- Líquido refrigerante.

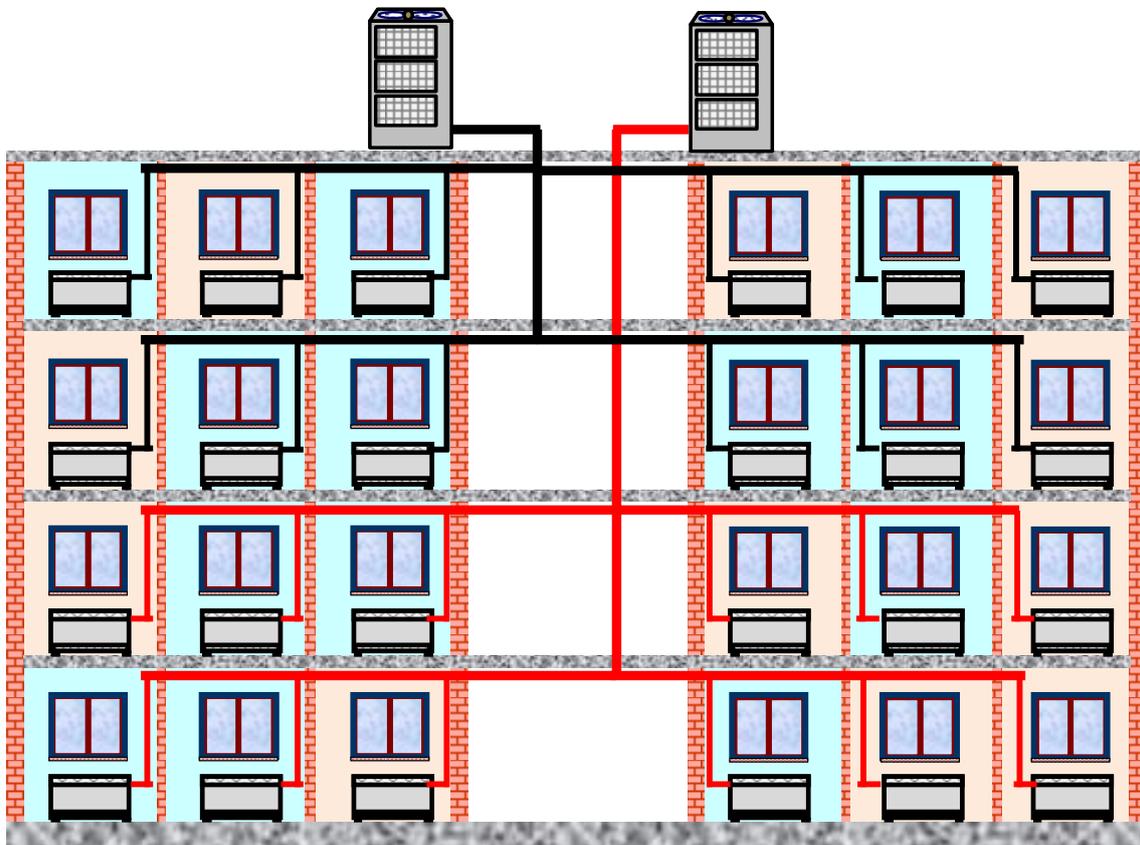
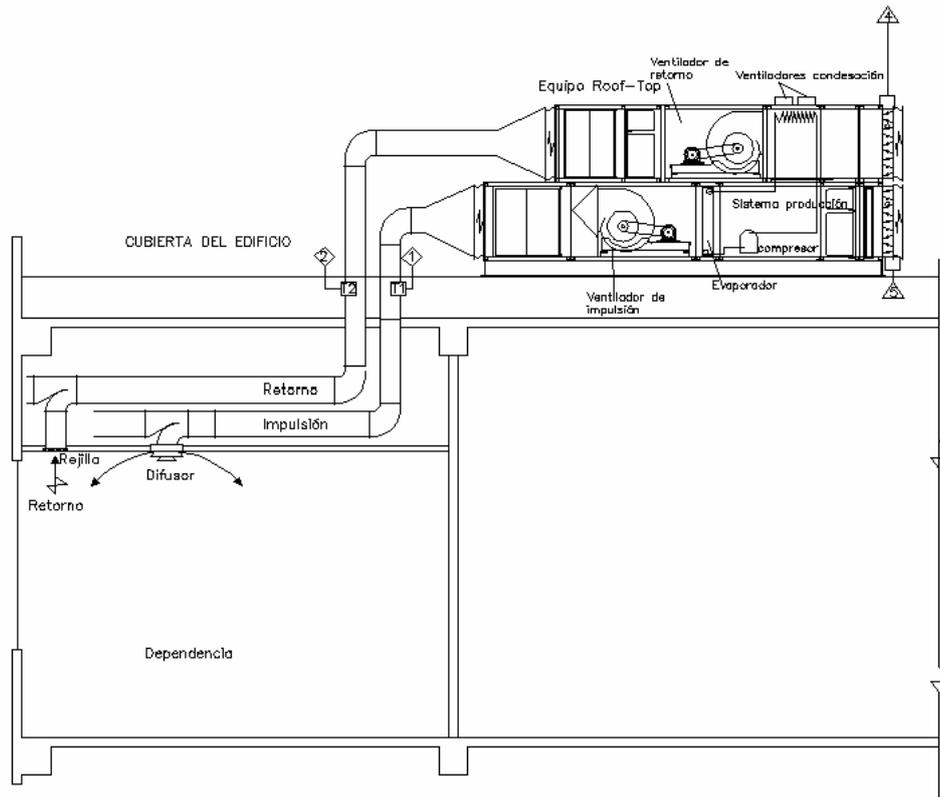


Imagen 2.31: Sistema de expansión directa de Caudal de Refrigerante Variable con recuperación, las derivaciones se realizan con juntas "REFNET", las unidades interiores pueden funcionar en frío o calor.

Al contrario de las distribuciones de los sistemas de agua que se tratan de agrupar en zonas con requerimientos térmicos similares para poder realizarlas a dos tubos, si se opta por un sistema de expansión directa con recuperación, conviene mezclar locales con requerimientos térmicos opuestos para potenciar la recuperación, en la imagen 2.31 se muestra una distribución que, con este fin, mezcla orientaciones opuestas.

10. Unidades de cubierta (**RT**), en este caso la instalación coincide con el equipo de generación, es un sistema todo aire.

Se utiliza esta denominación para unidades aire-aire compactas colocadas generalmente en cubierta o sobre el suelo cerca del edificio. Pueden disponer de una pequeña red de conductos, o descargar directamente en el local. La producción de frío se realiza con ciclo de compresión incorporado en el propio equipo, para la producción de calor puede utilizarse el mismo circuito frigorífico (bomba de calor reversible), o incluso llevar incorporadas resistencias eléctricas o quemadores de gasóleo o gas.



- Accionamiento de compuerta
- ▽ Actuador
- ◇ Señal de sonda

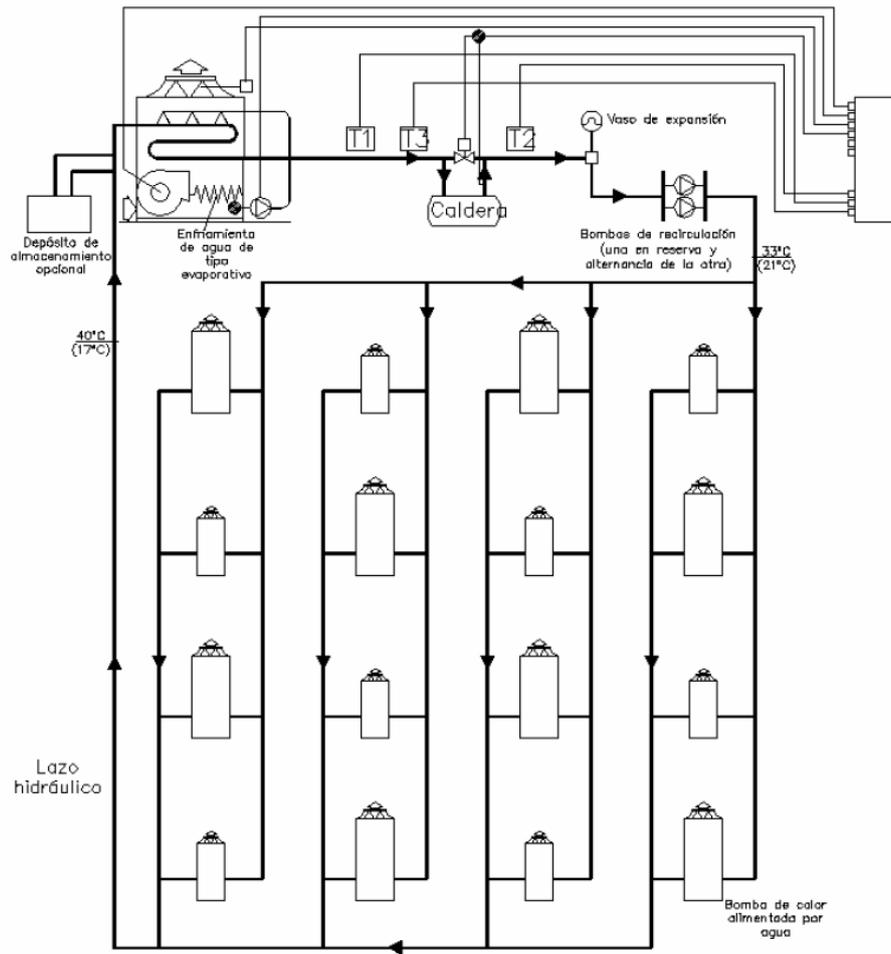
Imagen 2.32: Sistema de aire compartido en cubierta (Roof Top).

11. Anillo de condensación (**ANLL CND**), las unidades interiores son bombas de calor reversibles condensadas por agua; una red de tuberías conecta todas las unidades interiores, la instalación requiere calderas y torres de refrigeración. Este sistema suele clasificarse indistintamente como agua o como expansión directa.

Cada zona dispone de una bomba de calor reversible agua-aire (o agua/agua) que recibe agua atemperada (entre 15°C y 30°C). En modo frío el agua del anillo sirve para el condensador de la unidad y retorna al anillo más caliente; en modo calor sirve al evaporador de la unidad de zona, devolviendo el agua al anillo de retorno más fría. En el anillo se va mezclando el agua procedente de cada unidad, para mantenerlo en el rango de temperaturas será necesario evacuar el calor en una torre de condensación (en verano) o aportar la energía necesaria, mediante caldera e intercambiador, en invierno.

En determinadas épocas, intermedia e invierno, puede ocurrir que las zonas internas o perimetrales soleadas requieran refrigeración mientras que las zonas perimetrales en sombra requieren calefacción. En estos momentos es cuando el sistema de bomba de calor en anillo obtiene el mejor rendimiento porque en el anillo de retorno se produce la mezcla de retornos fríos y calientes dando lugar a un transvase de energía entre zonas. El sistema de control admite una banda muerta de al menos 10°C en el agua del anillo en el que no se requiere el funcionamiento de la torre ni de la caldera.

El funcionamiento de la caldera debe ser mínimo para que el sistema sea económica y energéticamente rentable.



NOTA: Entre paréntesis temperaturas en ciclo de invierno

Imagen 2.33: Sistema con bombas de calor individuales con anillo de condensación

2.2 Consideración en los sistemas de ventilación

Las instalaciones térmicas de los edificios tienen que atender, tanto a la demanda de bienestar térmico, como a la calidad de aire. Para conseguir los objetivos de calidad de aire legislados en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, es necesario, obligatoriamente, proporcionar unos niveles mínimos de ventilación (caudales de aire exterior) suministrados por sistemas mecánicos. Se describen a continuación y de forma diferenciada, los sistemas de ventilación.

Es necesario recordar que muchos edificios existentes no tienen estos sistemas de ventilación mecánica, porque cuando se ejecutaron, la reglamentación vigente y vinculante de aquella época, no obligaba a ello.

Existen dos formas de resolver estos niveles mínimos de ventilación.

1. Con una **unidad de tratamiento de aire específica**, que introduce en los locales este aire mínimo de ventilación atemperado (a la temperatura que tenga los locales). La unidad de tratamiento de aire estará equipada como mínimo con una batería de agua o de refrigerante que permita calentar o enfriar el aire de ventilación para adecuarlo a la temperatura del local. Generalmente a esta unidad de tratamiento de aire se las nombra como unidades de tratamiento de aire primario (**UTAp**)

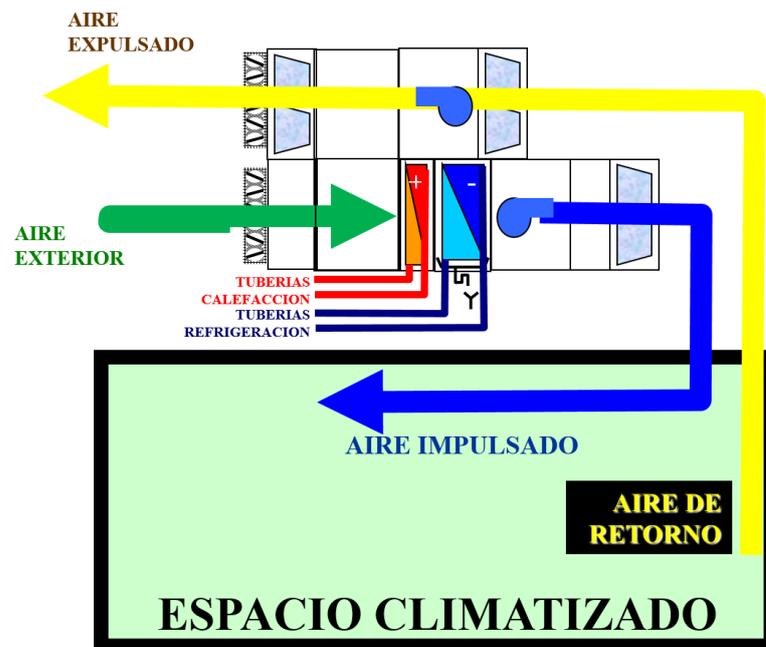


Imagen 2.34: Unidad de tratamiento de aire primario (UTAp). Sólo atiende a la demanda de bienestar de calidad de aire interior (ventilación)

2. En los sistemas todo aire las propias climatizadoras asociadas al sistema, proporcionan los caudales tanto de ventilación y como los de impulsión necesarios para tratar su carga térmica

En este caso, debe existir una compuerta que permita mezclar parte del aire extraído de los locales (aire recirculado) con el aire exterior de ventilación. En este documento, a este tipo de unidades las llamaremos unidades de tratamiento de aire total (**UTAT**)



Imagen 2.35: Unidad de tratamiento de aire (UTA_T). Atiende a la demanda de bienestar térmico y de calidad de aire interior (ventilación)

En ambas situaciones ($UTAp$ y UTA_T), la unidad de tratamiento de aire puede estar provista con un recuperador de calor, para que, antes de que el aire sea expulsado al exterior (en las condiciones psicrométricas del local), pueda intercambiar su energía (cederla o absorberla en función de sus necesidades), con el aire de ventilación tomado del exterior.



Imagen 2.36: Unidad todo aire total con recuperación de calor. Para el caso de una unidad de aire primario el esquema sería semejante, salvo que no existiría la compuerta del aire recirculado.

La unidad de tratamiento de aire total, debe tener la posibilidad de realizar un enfriamiento gratuito (utilizar el aire exterior para enfriar un espacio) cuando las

condiciones psicrométricas de la zona térmica y exteriores, lo permitan; en la unidad de aire primario esta sección es al menos aconsejable.

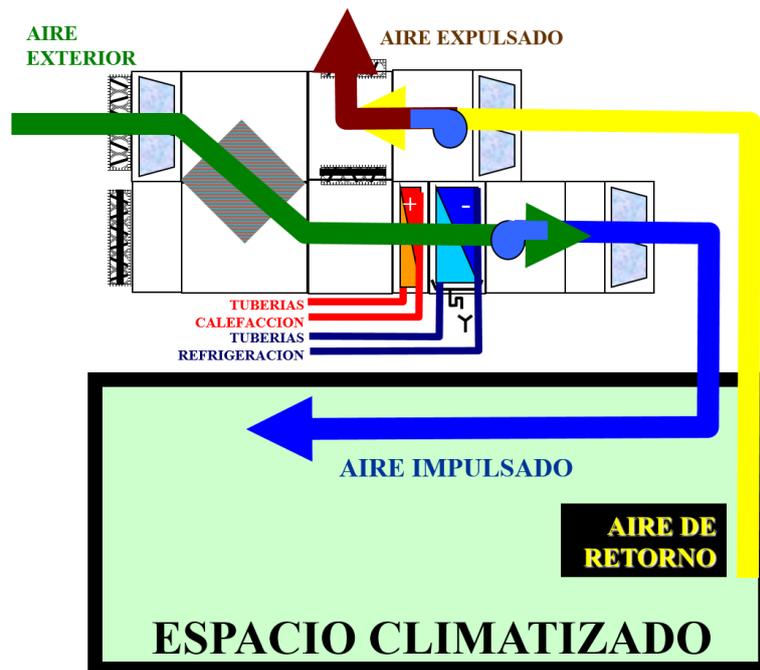


Imagen 2.37: Unidad todo aire total con recuperación de calor y enfriamiento gratuito. Para una unidad exclusiva de aire primario el esquema es semejante, sin la compuerta del aire recirculado

En algunas ocasiones, sobre el lado del aire expulsado, se instalará un aparato de enfriamiento adiabático que permite mejorar las condiciones psicrométricas del aire expulsado, antes de entrar al recuperador de calor. No es una situación habitual que existe en edificios que vayan a ser renovados. Pero es una instalación que recupera energía cuando el edificio demanda refrigeración y el aire exterior tiene elevadas temperaturas. Recordar que estos sistemas deben de tener un mantenimiento especial para evitar los problemas con la legionella.

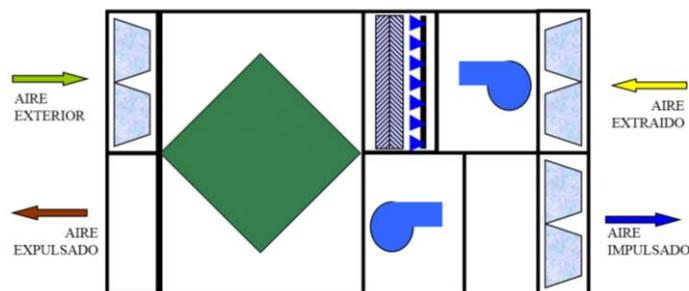


Imagen 2.38: Enfriamiento adiabático del aire expulsado

Por tanto, en los edificios terciarios existentes en nuestro país podemos encontrarnos con los siguientes tipos de sistemas de climatización para resolver la calidad de aire interior:

- Sin ventilación. En adelante lo abreviaremos como **SV**
- UTA solo aire primario. En adelante lo abreviaremos como **UTAp**
- UTA solo aire primario con recuperación. En adelante lo abreviaremos como **UTApr**
- UTA todo aire. En adelante lo abreviaremos como **UTA_T**
- UTA todo aire con recuperación. En adelante lo abreviaremos como **UTA_{Tr}**

2.3 Valoración cualitativa de los consumos

Se describen a continuación, para los usos terciarios analizados en este informe, la estimación cualitativa más probable de las demandas en los tres servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria en un edificio terciario.

Se proponen estas cuatro clasificaciones:

- **Alto:** Se espera un consumo proporcionalmente elevado en el servicio correspondiente.
- **Medio:** En la aplicación correspondiente se esperan consumos medios.
- **Bajo:** Se trata de usos con poco consumo en la zona climática correspondiente.
- **Nulo:** No existen equipos de generación para el uso analizado.

Cruzando esta estimación del consumo de los edificios y los distintos usos, se conforma la siguiente matriz:

Tabla 2.1: Matriz de valoración cuantitativa sobre el consumo en los edificios

| USOS SISTEMAS | Oficinas | Hoteles/ Residencias | Hospitales | Centros Comerciales | Centros Universitarios | Colegios/ Institutos | Supermercados |
|-----------------------|----------|-------------------------|------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|
| Consumo Calefacción | Bajo | Alto | Alto | Bajo | Medio | Medio | Bajo |
| Consumo Refrigeración | Alto | Alto | Alto | Alto | Medio | Nulo | Medio |
| Consumo ACS | Nulo | Alto | Alto | Nulo | Nulo | Bajo | Nulo |

Esta valoración ayuda a entender las propuestas de renovación de las instalaciones que se detallan en apartados posteriores.

La matriz, nos muestra, por ejemplo, que en un hospital, los consumos de calefacción, refrigeración y ACS son elevados, mientras que en un centro comercial, no existe consumo de ACS, el consumo de calefacción es bajo, siendo alto el de refrigeración.

La matriz debe leerse solo verticalmente, es decir, que para un hospital y un hotel, que la tabla indique que el consumo de refrigeración es alto, no quiere decir que tengan igual consumo; sino que en cada uno de esos dos edificios, se prevé un consumo elevado para la demanda de refrigeración, y en consecuencia, en la renovación prevista se debe prestar atención especial a ese uso, priorizándolo sobre los usos de estimación de consumo baja.

2.4 Tipo de instalación térmica en función del uso del edificio

Del análisis de los puntos anteriores se tienen los tipos de instalaciones térmicas más probables en los edificios existentes según usos y zonas climáticas, que se muestran de manera matricial en la Tabla 2.2.

Los registros de entrada para determinar los tipos de instalación son el propio uso del edificio y la zona climática de invierno tipificada según el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación en la que está ubicado (**A, B, C, D o E**).

La matriz muestra el tipo de instalación, básicamente su subsistema de generación, diferenciando además, en los sistemas de agua, si la distribución es a dos o a cuatro tubos.

Tabla 2.2: Tipo de sistema en función del uso del edificio y su zona climática

| REFERENCIA | USOS SISTEMAS | DISTRIBUCIÓN | Oficinas | Hoteles/ Residencias | Hospitales | Centros Comerciales | Centros Universitarios | Colegios/ Institutos | Supermercados | |
|------------|---------------|--------------|-----------------------|-------------------------|------------|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------|-------|
| | | | Consumo Calefacción | Bajo | Alto | Alto | Bajo | Medio | Medio | Bajo |
| | | | Consumo Refrigeración | Alto | Alto | Alto | Alto | Medio | Nulo | Medio |
| | | | Consumo ACS | Nulo | Alto | Alto | Nulo | Nulo | Bajo | Nulo |
| 1 | CLD | | | DE (**) | | | | ABCDE | | |
| 2 | ENF | | | | AB | | | | | |
| 3 | CLD+ENF | 2T | BCDE | ABCDE | ABCDE | CDE | BCDE | | | |
| | | 4T | BCDE | ABCDE | ABCDE | | CDE | | | |
| 4 | CLD+ENF+CGN | 2T | | | ABCDE | | | | | |
| | | 4T | | | ABCDE | | | | | |
| 5 | CLF+ENFr | 2T | | ABCDE | ABCDE | | | | | |
| | | 4T | | ABCDE | ABCDE | | | | | |
| 6 | BdCr | 2T | ABCD | ABCD (*) | ABCD (*) | CDE | ABCD | | | |
| | | 4T | ABCD | ABCD (*) | ABCD (*) | | CD | | | |
| 7 | BdC4t | 4T | ABCD | ABCD (*) | ABCD (*) | | | | | |
| 8 | EXP | | ABCD | ABCD (*) | | | ABCD | | | |
| 9 | EXPr | | ABCD | | | | | | | |
| 10 | RT | | | | | ABCDE | ABC | | ABCDE | |
| 11 | ANLL CND | | CDE | | | ABCDE | | | | |

(*) Cuando exista demanda de ACS (hoteles, residencias y hospitales) tendrá también una caldera

(**) Hoteles pequeños de temporada de INVIERNO

Notas:

1. La zona climática α debe considerarse equivalente a la A
2. Los sistemas de ventilación no son dependientes de los usos o zona climática, por ello no se muestran en esta tabla. Se analizarán sus posibles renovaciones en función del uso del edificio en el apartado siguiente.

La matriz refleja las instalaciones térmicas más probables para todos los usos enunciados al principio de este informe. Por citar algún ejemplo de lectura de la matriz, indicamos:

- En los **colegios/institutos**, para todas las zonas climáticas, no se considera demanda de refrigeración, la demanda de ACS es baja, se tiene una demanda de calefacción moderada; por ello la renovación probable es una instalación térmica cuyo subsistema de generación esté constituido por una, o varias, calderas de condensación.
- Las **oficinas** apenas tienen demandas de ACS; debido a las cargas internas, para todas las zonas climáticas, la demanda de calefacción suele ser baja y alta la de refrigeración; por ello se tienen las siguientes alternativas de renovación:
 - Caldera de condensación más enfriadora, con distribución a 2 tubos o a 4 tubos
 - Bomba de calor reversible, adaptada al subsistema de distribución de 2 o 4 tubos
 - Bomba de calor de cuatro tubos con distribución a cuatro tubos.
- En **hospitales** existen cinco posibilidades, de la 3 a la 7. Comentar, por su diferenciación, uno de los casos 6 o 7. Estos casos poseen una nota con (*) que indica que cuando exista demanda de ACS (hoteles, residencias y hospitales) existirá, además del subsistema de generación para el bienestar térmico y de calidad de aire, una caldera para ACS.

3 Propuestas de cambio de instalaciones

En este capítulo se razonan las alternativas de cambio de instalaciones adaptadas a los grupos propuestos para el parque terciario existente hoy en España.

Las reformas más adecuadas son función de la instalación térmica que se disponga en el edificio existente y de la zona climática.

Para este análisis detallado se muestran en forma matricial las combinaciones de sustituciones posibles, diferenciándolas por zona climática y uso de edificio.

Previamente a describir cada instalación y uso del edificio en los siguientes subapartados, se detallan las propuestas de cambio comunes a todas las instalaciones, al margen de su zona climática, del tipo de edificio (uso) y del tipo de instalación.

En la rehabilitación se deben fomentar instalaciones alternativas más eficientes, cuando sea técnica, funcional y económicamente viable, que además proporcionen las condiciones interiores de bienestar y la seguridad de las personas, bienes y animales, de conformidad con las normas nacionales.

En capítulos posteriores se realiza una descripción somera, de un escenario probable de propuestas de cambios de instalaciones en los escenarios 2040 y 2050 en función de las indicaciones que se realizan en los textos legales publicados en la Unión Europea y en el Estado español.

3.1 Vectores energéticos

La estrategia de rehabilitación en este periodo debe coincidir con el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), en su punto A.3.2, donde enmarca el escenario objetivo de nuestro país para la proyección en el 2030.

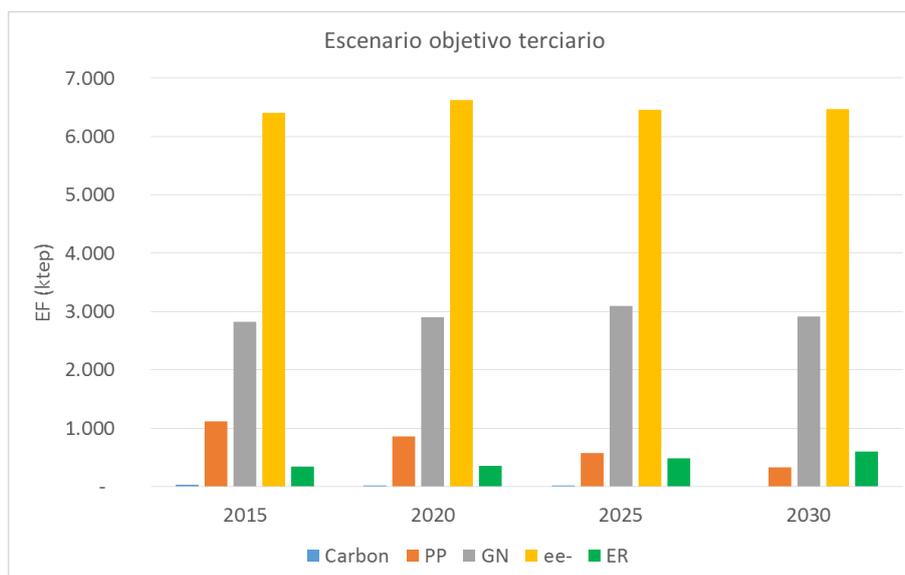


Imagen 3.1: Escenario objetivo del PNIEC. PP: Productos petrolíferos. GN: Gas Natural. ee-: Energía eléctrica. ER: Energía Renovable

En el mismo se puede comprobar cómo se cumple el principio de primero la eficiencia energética según enmarcan las Directivas europeas, existiendo una disminución del consumo de energía final de 10.709 ktep en 2015 a 10.299 ktep en el 2030 e incorporación de las energías renovables.

En segundo lugar, se tienen las siguientes migraciones de los vectores energéticos de los edificios:

- Eliminación del carbón.
- Fuerte disminución de los productos petrolíferos, reducción del 71 %.
- Muy poca variación del consumo de gas natural, debido, como se verá en los escenarios probables de rehabilitación para este periodo, a que, en las zonas más frías de España, actualmente hay un parque muy importante de calderas que no son de condensación y muchas de ellas con gasóleo C, en esta situación el primer cambio es optar por una caldera de condensación alimentada, si existe red, por gas natural.
- Aumento, del 77 %, de las energías renovables en el consumo de energía final. La incorporación de las energías renovables en este periodo estará caracterizada por la aplicación de la bomba de calor para los servicios de calefacción y refrigeración.

3.2 Propuestas comunes

3.2.1 Sustitución de equipos

El cambio más sencillo en todas las instalaciones térmicas existentes que se vayan a renovar, es el de **sustituir los equipos existentes** por otros con mayor rendimiento energético estacional, y, por consiguiente, con menor consumo de energía para las mismas prestaciones.

Los esfuerzos para renovar el parque inmobiliario deben realizarse priorizando la eficiencia energética, aplicando el principio «*primero, la eficiencia energética*» y estudiando el despliegue de las energías renovables como fuente de energía final. Máxime cuando un **1 % de aumento del ahorro de energía** permite reducir en un **2,6 %¹ las importaciones de energía primaria**.

En cualquier rehabilitación siempre se debe verificar si se ha efectuado alguna inspección periódica de eficiencia energética de la instalación térmica, y si es así, comprobar que el informe contenga:

- Valoración del dimensionado de la producción térmica; en general las instalaciones suelen estar sobredimensionadas, lo que implica un mayor consumo de energía, ya que, los generadores térmicos trabajarán más tiempo a cargas parciales y sufrirán más arrancadas y paradas, además de que se circulan mayores caudales de los fluidos térmicos. Si este estudio no existe, previamente a la rehabilitación de cualquier edificio debiera realizarse.
- Si ya se han propuesto mejoras de eficiencia energética, comprobar su posible ejecución.

¹ Media de la UE. Directiva 2010/31/UE

3.2.2 Rehabilitación de la envolvente del edificio

Cuando en la rehabilitación de un edificio se supere el 25 % de la superficie total de la envolvente se deben cumplir los valores límite de transmitancia térmica legislados en el CTE DB HE, como consecuencia de lo cual se reducirá la potencia térmica necesaria para calefacción, esta reducción permite trabajar con menores temperaturas de distribución de agua, si la mejora es importante puede darse el caso que sin modificar el subsistema de distribución de agua y emisores, se pueda incorporar directamente la bomba de calor; este aspecto debe contemplarse cuando el edificio a rehabilitar tenga unos emisores que trabajen a temperaturas superiores a las habituales para una bomba de calor (más de 60°C).

En cada caso deben estudiarse las temperaturas de funcionamiento posibles; en este sentido puede consultarse el documento *Informe sobre prospectivo y evolución futura de los sistemas de climatización y ACS en la edificación residencial*, en el cual se desarrolla un análisis de esta consideración.

3.2.3 Instalación térmica

En las reformas de las instalaciones por agua como fluido portador de energía se deben aplicar las siguientes medidas comunes a todo tipo de reforma.

- En cualquier instalación térmica colectiva, las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones deben estar aisladas térmicamente, por ello se deben **aislar todas las tuberías accesibles**, como mínimo con los espesores indicados en el RITE. Las pérdidas en las distribuciones pueden tener un peso muy importante, sobre todo en la recirculación del ACS y en las instalaciones colectivas de calefacción, por ello, es muy importante que en el estudio de rehabilitación estas se tengan en cuenta de forma específica.
- En los sistemas de agua deben instalarse **bombas de circulación con variador de velocidad**, que adecuen realmente el caudal de agua vehiculado por la red de distribución, al realmente demandado, cuidando que su selección lo sea en el punto óptimo de la bomba.
- Para optimizar los consumos en distribución se las unidades terminales deben disponer de **válvulas de control de dos vías** que permitan el funcionamiento del sistema a caudal variable.
- **Equilibrado hidráulico**. Se deberá realizar el equilibrado hidráulico de la instalación, siendo aconsejables las **válvulas de equilibrado dinámico**.
- Se deben comprobar y reformatar en caso necesario los elementos de control de las condiciones interiores de los locales.

En sistemas con refrigerante, también debe analizarse la conveniencia de sustituirlos por un sistema con caudal de refrigerante variable.

Los equipos bomba de calor aire/agua, deben ser instalados en la cubierta o cualquier zona exterior habilitada, que garantice los caudales de aire exterior necesarios.

En las alternativas que se van a analizar para rehabilitaciones por zonas climáticas, se debe advertir, que la bomba de calor, tendrá una aplicación inmediata con severidades climáticas de verano altas (veranos duros) ya que al ser necesario un equipo para refrigeración si el mismo es bomba de calor reversible puede cubrir las demandas de frío y calor.

3.2.4 Ventilación

La obligatoriedad de sistemas de ventilación mecánica controlada, conforme a lo requerido en el RITE afecta a obra nueva y a edificios que se han construido con esta normativa o equivalente. Existe un porcentaje de edificios de uso terciario que aún hoy no cuentan con sistemas de ventilación mecánica, como se expondrá a continuación.

Un sistema mecánico asegura el caudal de ventilación que entra en cada local, permiten la recuperación de energía con la consiguiente reducción del consumo energético, aunque para ello deben existir dos ventiladores (impulsión y extracción), su integración es sencilla. Además, como se ha descrito, pueden contar con un sistema de enfriamiento gratuito, muy interesante en edificios con altas cargas internas y severidades de verano bajas, para combatir con aire exterior parte o toda la carga térmica del edificio.

3.2.5 Certificado de eficiencia energética y auditoría energética

Es práctica común proceder a la reforma de las instalaciones solo cuando el sistema se estropea, manteniendo en uso tecnologías obsoletas y poco eficientes; la mayor parte de los consumidores no encuentran fácilmente información disponible relativa las ventajas de los sistemas alternativos o datos para comparar los costos de las diferentes soluciones.

Con el objetivo de apoyar las mejoras necesarias en el parque nacional de **inmuebles rehabilitados se debe contemplar el exigir un nivel mínimo de rendimiento energético** a los edificios, de conformidad con los **certificados de eficiencia energética**.

Para garantizar que las medidas financieras relacionadas con la eficiencia energética en la renovación de edificios se apliquen de la mejor forma posible, las ayudas deben vincularse a la calidad de las obras de renovación en proporción al ahorro de energía alcanzable o fijado.

Dichas medidas deben por tanto vincularse a la eficiencia del equipo o material utilizados para la renovación, nivel de certificación o cualificación del instalador, a una auditoría energética o a la mejora conseguida como resultado de la renovación, que debe valorarse comparando los certificados de eficiencia energética expedidos antes y después de esta, utilizando valores estándar o mediante otro método transparente y proporcionado.

En la rehabilitación energética debe estimularse la asimilación de las recomendaciones de las auditorías energéticas.

Cuando se instale, se sustituya o se mejore una instalación térmica de un edificio, **se debe evaluar la eficiencia energética global de la parte modificada**, y, en su caso, de toda la instalación modificada. Los resultados de dicha evaluación se documentarán y se facilitarán al **propietario** del edificio, de manera que puedan consultarse y utilizarse para verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en la reglamentación española y **expedir los certificados de eficiencia energética**.

Todos los equipos que se sustituyan deben cumplir los reglamentos derivados de las Directivas de etiquetado energético (2010/31/UE) y diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía (2009/125/CE), que les sean de aplicación según su potencia.

Para garantizar los ahorros energéticos que se proyecten en una rehabilitación energética se deben potenciar los contratos de rendimiento energético tal como se definen en el artículo 2, punto 27, de la Directiva 2012/27/UE.

3.2.6 Energías renovables y residuales

Aunque cualquier energía renovable o residual es muy beneficiosa en la rehabilitación de un edificio, se reseñan de forma específica las siguientes por su penetración más avanzada en el sector de la rehabilitación de edificios:

- **Biomasa**

La biomasa se recomienda en edificios con elevadas cargas de calefacción y ACS (por ejemplo colegios/institutos) siempre que cumplan con los límites de emisiones y sean utilizadas de forma apropiada.

Dentro de las ciudades se debe garantizar su adecuada combustión mediante dispositivos automatizados, elección de biocombustibles poco contaminantes. En grandes instalaciones de biomasa se deben utilizar equipos de limpieza de los gases de combustión para reducir las emisiones a niveles aceptables y monitorizar las emisiones, asegurando en todo momento que no se altera la calidad de aire exterior del entorno donde están ubicadas.

En cualquier caso, se debe aprovechar la **biomasa autóctona** del lugar fundamentalmente en núcleos de **población rurales** (ultra periféricos) mediante la movilización sostenible de la madera y de los recursos agrarios existentes y el desarrollo de nuevos sistemas de silvicultura y de producción agrícola sostenibles. Hay que asegurarse que las materias primas agrarias no proceden de zonas con una rica biodiversidad o, en el caso de las zonas designadas con fines de protección de la naturaleza o para la protección de especies o ecosistemas raros, amenazados o en peligro

La biomasa se debe considerar siempre como biomasa disponible para un abastecimiento sostenible y tener debidamente en cuenta los principios de la economía circular y de la jerarquía de residuos establecidos en la Directiva 2008/98/CE

- **Energía solar**

Evidentemente, siempre que exista la posibilidad de integrar la energía solar y sea técnicamente y económicamente rentable debe realizarse; los hoteles y hospitales son usos especialmente adecuados para ello.

Previo a la rehabilitación de un edificio se debe comprobar si existe una instalación solar térmica para ACS; en muchos edificios se dispone de ellas, pero no funcionan o por una defectuosa instalación y puesta en marcha o porque no han sido adecuadamente mantenidas.

La instalación Solar Térmica para ACS se integra en la instalación térmica del edificio, de manera que la instalación solar precalienta el agua, hasta los valores que pueda alcanzar en cada momento, y la instalación térmica lleva el agua hasta las condiciones de consigna fijadas por los usuarios, el consumo de energía convencional se reducirá en la proporción aportada por la instalación solar, pero si esta no funciona correctamente (mala ejecución o puesta en marcha, o por un mantenimiento inadecuado) al alcanzarse las consignas con la instalación térmica el usuario no percibe el fallo de la instalación solar ya que no detecta falta de servicio de ACS, esto solo puede ser percibido si se analizan los consumos registrados ya que aumentan cuando no hay aportaciones solares; si la instalación carece de contadores o los mismos no se leen periódicamente se tienen instalaciones que no aprovechan la energía solar con eficacia, situación que por desgracia se presenta con mucha frecuencia.

En la rehabilitación de un inmueble debe comprobarse esta situación y si sucede, ponerla en funcionamiento, recalando que se debe realizar un mantenimiento mínimo, que permita su adecuado aprovechamiento; la rentabilidad económica de una reparación de una instalación ya existente es muy favorable.

- **Otros**

Siempre que en las proximidades del edificio exista una red local de energía o la oportunidad de aprovechar energía residual debe utilizarse si es técnicamente y económicamente rentable.

Hay muchos municipios que están próximos a industrias donde su actividad genera una energía térmica residual que se puede aprovechar para las instalaciones térmicas de los edificios. Para ello se requieren infraestructuras adicionales que comuniquen los edificios, generador del subproducto (industria) y demandante (edificio), que normalmente no existen, es importante indicarlo en los estudios de rehabilitación para que la administración local sea conocedora de su potencial, si no lo era ya, se debe analizar su viabilidad en futuros planes de ordenamiento urbanístico y del territorio.

3.2.7 Contaje de consumos y comprobación de rendimientos

Es imprescindible requerir la **instalación de contadores** en las reformas de las instalaciones, incluso se debiera aconsejar su instalación previa, de manera que se puedan tener datos fiables de las mejoras alcanzadas con las nuevas instalaciones.

Siempre se debe recomendar que la lectura de todos los contadores pueda realizarse en remoto, lo que facilita el seguimiento de las instalaciones.

Las necesidades de contaje son debidas por un lado para conocer el consumo de las mismas y con ello determinar su rendimiento, pero por otro es necesario también conocer los consumos individuales de cada zona para el reparto de gastos; en los usos analizados se tienen diferentes usuarios solo en oficinas y en centros comerciales; en la mayoría de las instalaciones estudiadas el usuario será único, por lo que no existirá la necesidad del reparto de gastos.

El RITE establece un número mínimo de contadores obligatorios, con los que se pueden determinar los rendimientos y el reparto de gastos, estos contadores son obligatorios cuando se realicen las reformas de las instalaciones; está pendiente la aprobación de la legislación que obligue a la instalación de contadores individuales para el reparto de gastos incluso en las instalaciones existentes, aunque las mismas no se reformen.

Se recomienda el contaje exclusivo de energía en las instalaciones térmicas centrales cumpliendo siempre la normativa en vigor, tanto para el servicio de calefacción, como los de ACS y refrigeración.

Los contadores de calefacción y repartidores de costes deberán ser de lectura remota para garantizar que se facilita información rentable y frecuente sobre el consumo no siendo necesario el acceso a cada zona para su lectura.

4 Propuestas de Reformas para el escenario 2030

Las soluciones que se proponen en estos apartados son generalistas, el estudio previo y particular de cada edificio, o el análisis sistemático realizado en una auditoría energética puede aconsejar otro tipo de reformas debidas a sus condiciones de contorno particulares; lo aquí expuesto, son las propuestas para la reforma de las instalaciones térmicas que consideramos técnicamente más viables para la rehabilitación de edificios terciarios en el escenario 2030 (periodo 2021-2030).

Las propuestas se organizan de manera matricial en unas tablas donde se indica la reforma aconsejada para cada zona climática de invierno. Se mantienen las referencias a los tipos de instalación definidos en la tabla 2.2, que se indican en la columna “REF”, en la columna “EQUIPO INICIAL” se recuerdan los generadores térmicos de la instalación existente, mientras que en la columna “REHABILITACIÓN” se indican los equipos de producción propuestos para la reforma.

4.1 Consideraciones generales

En edificios con consumos de ACS altos la integración de Energía Solar Térmica debe estudiarse siempre, proponiendo su aplicación cuando sea económica y técnicamente rentable.

Las bombas de calor tienen unas características de funcionamiento que en el corto plazo (2021-2030) dificultan su integración, debido a la limitación de la temperatura que pueden alcanzar, en general máximos de 60°C, y a que su eficiencia disminuye con la temperatura exterior, sobre todo cuando la misma baja de 7°C, debido a los ciclos de desescarche, pudiendo requerirse una energía de apoyo.

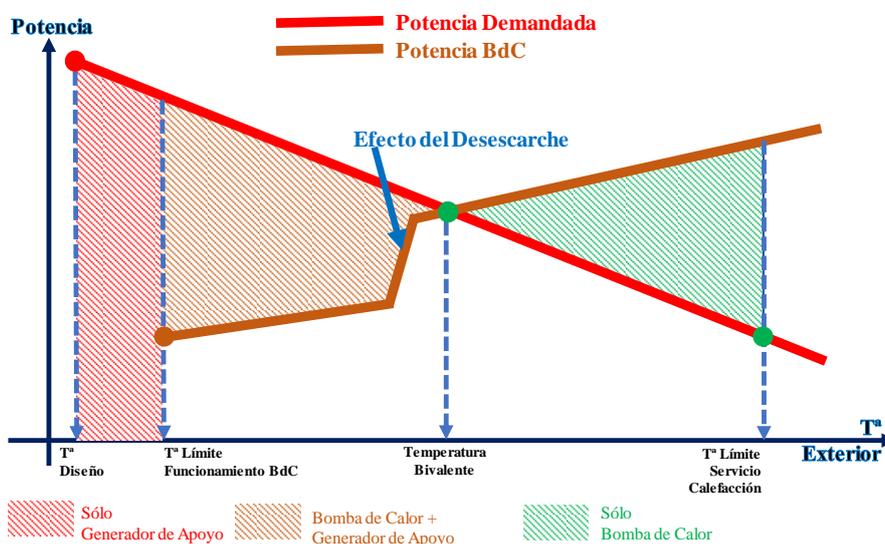


Imagen 4.1: Curvas de potencia de calor de una bomba de calor y de demanda de calefacción en función de las condiciones exteriores.

En la Imagen 4.1 se muestran las condiciones de funcionamiento de una bomba de calor, contrastadas con la curva de demanda de calefacción en función de las temperaturas exteriores; las bombas de calor tienen una temperatura mínima exterior por debajo de la cual no funcionan; a partir de ella aumentan su potencia y eficiencia conforme aumenta la temperatura exterior, en el entorno de 0°C a 7°C el efecto de las necesidades de

desescarche modifican de manera brusca sus prestaciones y a partir de esa temperatura vuelven a mejorar paulatinamente con el aumento de la temperatura exterior.

En calefacción antes de proponer una bomba de calor debe comprobarse que el subsistema de distribución y emisión existente puede entregar la potencia necesaria con temperaturas inferiores a 60°C; si el edificio ha sido rehabilitado, y por tanto se ha mejorado su envolvente térmica según el CTE DB HE, la instalación existente puede ser suficiente, de no ser así sería necesario modificar la distribución y los emisores. Estos aspectos deben estar siempre documentados.

Además, previo a la sustitución de las calderas por bombas de calor se debe comprobar que se dispone de potencia eléctrica suficiente, o que se vaya a poder ampliar la acometida, de no ser así no es posible recomendar su instalación.

4.2 Reformas tipo en función de la instalación inicial

En este apartado se muestran de manera genérica, en función de la instalación existente, las reformas más adecuadas; en los subapartados posteriores se incluye un análisis más definido para cada uso considerado.

Para los once tipos de instalaciones iniciales expuestos al principio se proponen las siguientes renovaciones como más probables:

Tabla 4.1: Tipo de renovación en función del equipo inicial de generación

| REF | EQUIPO INICIAL | DIS | REHABILITACIÓN | | |
|---|-------------------|-----|----------------|----------------|------------|
| 1 | CLD | | CLDc | BdC (**) | |
| 2 | ENF | | ENF | | |
| 3 | CLD+ ENF | 2T | CLDc+ | CLDc+BdCr | BdCr |
| | | 4T | ENFr | CLDc+BdC4t | BdC4t |
| 4 | CLD+ ENF+CGN | 2T | CLDc+ENF | CLDc+ENF | CLDc+ BdCr |
| | | 4T | +CGN | +CGN | +CGN |
| 5 | CLF+ ENFr | 2T | CLDc+ | CLDc+ | |
| | | 4T | ENFr | BdCr | CLDc+BdC4t |
| 6 | BdCr | 2T | BdCr | | |
| | | 4T | | BdC4t | |
| 6 (*) | BdCr + CLD_ACS | 2T | BdCr + | | |
| | | 4T | CLDc_ACS | BdC4t+CLDc_ACS | |
| 7 | BdC4t | 4T | BdC4t | | |
| 8 | EXP | | EXP | BdCr | |
| 9 | EXPr | | EXPr | BdC4t | |
| 10 | RT | | RT | | |
| 11 | ANLL CND | | ANLL CND (***) | | |
| (*) Edificios en los que exista además de la BdCr una caldera para el servicio de ACS | | | | | |
| (**) Solo en Zonas ABCD | | | | | |
| (***) Analizar la integración de energías renovables y residuales en el anillo | | | | | |

En la columna de “REHABILITACIÓN” siempre se muestra como primera opción sustituir los generadores existentes por otros con mejores prestaciones; el cambio de calderas debe realizarse siempre con calderas de condensación (CLDc).

En edificios con servicio de ACS en la reforma con bombas de calor, se puede mantener la caldera para la producción del ACS y como apoyo de la bomba de calor para temperaturas exteriores bajas.

Las bombas de calor a cuatro tubos, cuando haya mas de un generador, normalmente se instalarán con una bomba de calor reversible como complemento; es decir que la Bdc4t no asumirá la potencia total de la instalación.

Para cada instalación inicial se tiene un máximo de tres alternativas de renovación respecto a la situación inicial.

Para facilitar la interpretación de la tabla, a continuación, se muestran varios ejemplos:

- **CLD+ENF** (referencia 3 de la tabla); se tienen tres alternativas de rehabilitación:
 - Cambiar por equipos con mejores prestaciones, tanto enfriadoras como calderas; si las calderas no fuesen de condensación, el cambio debe realizarse a esta tecnología. Estos cambios son independientes de que la distribución sea a dos tubos o a cuatro tubos.
 - Cambiar la caldera por una caldera más eficiente (de condensación si inicialmente no es de condensación) y la planta enfriadora por una Bomba de Calor reversible en el caso de que la distribución inicial sea a dos tubos, o por una bomba de calor a cuatro tubos si la distribución inicial es a cuatro tubos.
 - Cambiar enfriadora y caldera por bombas de calor reversibles si la distribución es a dos tubos y por una bomba de calor a cuatro tubos si la distribución inicial es a cuatro tubos, apoyada por una bomba de calor reversible
- **EXP** (referencia 8 de la tabla). En este caso las alternativas son dos:
 - Cambiar por equipos iguales con mejores prestaciones.
 - Cambiar la expansión directa por una producción térmica con una bomba de calor reversible y una distribución con agua como fluido portador (distribución a dos tubos).

Para las alternativas de renovación de los sistemas de ventilación se considera una matriz común a todos los usos, en función de la instalación tipo existente, que incluso puede carecer de ventilación mecánica. En la Tabla 4.2 se muestran los sistemas de ventilación existentes con las alternativas de renovación más probables:

Tabla 4.2: Mejoras en los sistemas de ventilación

| SITUACIÓN INICIAL | | ZC | MEJORAS | |
|---|-------|-----|---------|-------|
| SIN VENTILACIÓN | SV | AB | | UTAp |
| | | CDE | | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR | UTAp | CDE | M (*) | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR CON RECUPERACIÓN | UTApr | | M (*) | |
| UTA TODO AIRE | UTAT | CDE | M (*) | UTATr |
| UTA TODO AIRE CON RECUPERACIÓN | UTATr | | M (*) | |
| (*) En centros comerciales, centros universitarios, colegios y supermercados: Para estos usos debe considerarse mejorar las prestaciones del sistema de automatización y control, de forma que puedan adaptarse los niveles de ventilación a la ocupación real de la zona térmica que vaya a abastecer. Esto se puede conseguir con un sistema que funcione dependiendo del número de personas presentes (control IDA-C5 del RITE, control por ocupación) o con control por sensores que midan parámetros de calidad de aire interior (CO ₂ o VOCs control IDA-C6 del RITE, control directo). | | | | |

En la tabla anterior, “M” indica que como primera alternativa de reforma está la mejora del sistema de climatización existente, mejoras que pueden consistir en aumentar las prestaciones de los sistemas de automatización y control, los ventiladores con variación de velocidad, la limpieza obligada de los filtros para que no exista una pérdida de carga elevada, etc.

Cuando no existe sistema de ventilación se propone colocar un sistema exclusivo para este fin, unidad de tratamiento de aire primario (UTAp), recomendando que, en las zonas climáticas de inviernos más severas, incluya recuperador de calor.

El recuperador de calor se recomienda en las Zonas C, D y E en todos los casos en los que la instalación existente no disponga del mismo.

4.2.1 Oficinas

Las instalaciones habituales en oficinas y sus reformas mas adecuadas se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 4.3: Combinación de las tablas 2.2 y 4.1 para el uso de oficinas

| REF | EQUIPO INICIAL | DST | ZC | REHABILITACIÓN | | |
|---|----------------|-----|------|----------------|------------|-------|
| 3 | CLD+ ENF | 2T | BCDE | CLDc+ ENFr | CLDc+BdCr | BdCr |
| | | 4T | BCDE | | CLDc+BdC4t | BdC4t |
| 6 | BdCr | 2T | ABCD | BdCr | | |
| | | 4T | ABCD | | BdC4T | |
| 7 | BdC4t | 4T | ABCD | BdC4t | | |
| 8 | EXP | | ABCD | EXP | BdCr | |
| 9 | VRVr | | ABCD | VRVr | BdC4t | |
| 11 | ANLL CND | | CDE | ANLL CND (***) | | |
| (*) Edificios en los que exista además de la BdCr una caldera para el servicio de ACS | | | | | | |
| (**) Solo en ZONAS ABCD | | | | | | |
| (***) Analizar la integración de renovables y residuales en el anillo | | | | | | |
| (DST: Distribución. ZC: Zona climática). | | | | | | |

En los edificios de oficinas el uso de ACS es muy bajo, o nulo, por lo que pueden promoverse soluciones de baja temperatura como son todas las variantes de la bomba de calor; en las zonas de invierno severas la alternativa de calderas de condensación tiene aún un uso importante.

En las instalaciones con distribución a cuatro tubos, antes de abordar cualquier reforma se debe analizar la posibilidad de transformarlas a dos tubos ya que en un amplio número de edificios no es realmente necesaria, suponiendo un consumo superfluo que puede evitarse.

Si se comprueba que durante un alto número de horas anuales se tienen necesidades de frío y calor simultáneas, se mantendrá la distribución a 4T, siendo en este caso imprescindible comprobar que la regulación limita el uso conjunto de ambas distribuciones, y las generaciones asociadas, a las horas en las que se produce esta simultaneidad.

Las reformas de los sistemas de ventilación son las genéricas analizadas en el apartado 4.2.

Tabla 4.4: Mejoras en el sistema de ventilación en uso de oficinas.

| SITUACIÓN INICIAL | | ZC | MEJORAS | |
|---|-------|-----|---------|-------|
| SIN VENTILACIÓN | SV | AB | | UTAp |
| | | CDE | | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR | UTAp | CDE | M | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR CON RECUPERACIÓN | UTApr | | M | |
| UTA TODO AIRE | UTAT | CDE | M | UTATr |
| UTA TODO AIRE CON RECUPERACIÓN | UTATr | | M | |
| (ZC: Zona climática). | | | | |

4.2.2 Hoteles

En el siguiente cuadro se definen las instalaciones habituales en hoteles y sus reformas mas adecuadas.

Tabla 4.5: Combinación de las tablas 2.2 y 4.1 para el uso de hoteles.

| REF | EQUIPO INICIAL | DST | ZC | REHABILITACIÓN | | |
|---|------------------|-----|----------|-------------------|------------------|--------------|
| 1 | CLD | | DE (***) | CLDc | BdC** | |
| 3 | CLD+ ENF | 2T | ABCDE | CLDc+ ENFr | CLDc+BdCr | BdCr |
| | | 4T | ABCDE | | CLDc+BdC4t | BdC4t |
| 5 | CLD+ ENFr | 2T | ABCDE | CLDc+ ENFr | CLDc+ BdCr | |
| | | 4T | ABCDE | | | CLDc + BdC4t |
| 6 (*) | BdCr+ CLD_ACS | 2T | ABCD (*) | BdCr+ CLDc_ACS | | |
| | | 4T | ABCD (*) | | CLD_ACSc + BdC4t | |
| 7 | BdC4t | 4T | ABCD (*) | BdC4t | | |
| 8 | EXP | | ABCD (*) | EXP | BdCr | |
| (*) . Edificios en los que exista además de la BdCr una caldera para el servicio de ACS | | | | | | |
| (**) Solo en ZONAS ABCD | | | | | | |
| (***) Hoteles pequeños de temporada de INVIERNO | | | | | | |
| (DST: Distribución. ZC: Zona climática). | | | | | | |

En los hoteles se tienen altos consumos de ACS, por lo que la existencia de calderas es muy habitual en todas las zonas climáticas; para este servicio se pueden mantener las calderas, bien las existentes, bien sustituyéndolas por calderas de condensación.

Esta característica convierte en muy aconsejable la instalación de enfriadoras con recuperación de calor, o bombas de calor a 4 tubos, que pueden utilizarse para precalentamiento del ACS; los diseños hidráulicos deben combinar los diferentes niveles térmicos.

Respecto a la ventilación son de aplicación los conceptos generales del punto 4.2, pero teniendo en cuenta que en los hoteles se tendrán equipos exclusivos para la ventilación (habitaciones, baños, etc.) y equipos todo aire para los salones, para cada uno se aplicarán las reformas recomendadas correspondientes.

Tabla 4.6: Mejoras en el sistema de ventilación en uso de hoteles.

| SITUACIÓN INICIAL | | ZC | MEJORAS | |
|---|-------|-----|---------|-------|
| SIN VENTILACIÓN | SV | AB | | UTAp |
| | | CDE | | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR | UTAp | CDE | M | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR CON RECUPERACIÓN | UTApr | | M | |
| UTA TODO AIRE | UTAT | CDE | M | UTATr |
| UTA TODO AIRE CON RECUPERACIÓN | UTATr | | M | |
| (ZC: Zona climática) | | | | |

4.2.3 Hospitales

Las instalaciones habituales en este uso y las reformas mas adecuadas se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 4.7: Combinación de las tablas 2.2 y 4.1 para el uso de hospitales.

| REF | EQUIPO INICIAL | DST | ZC | REHABILITACIÓN | | |
|---|------------------|-----|----------|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| 3 | CLD+ ENF | 2T | ABCDE | CLDc+ ENFr | CLDc+BdCr | BdCr |
| | | 4T | ABCDE | | CLDc+BdC4t | BdC4t |
| 4 | CLD+ ENF+CGN | 2T | ABCDE | CLDc+ ENF+CGN | CLDc+ ENFr+CGN | CLDc+ BdCr+CGN |
| | | 4T | ABCDE | | | |
| 5 | CLF+ ENFr | 2T | ABCDE | CLDc+ ENFr | CLDc+ BdCr | |
| | | 4T | ABCDE | | | CLDc+BdC4t |
| 6 (*) | BdCr+ CLD_ACS | 2T | ABCD (*) | CLD_ACS _c + BdCr | | |
| | | 4T | ABCD (*) | | CLDc_ACS+BdC4t | |
| 7 | BdC4t | 4T | ABCD (*) | BdC4t | | |
| (*) . Edificios en los que exista además de la BdCr una caldera para el servicio de ACS | | | | | | |
| (DST: Distribución. ZC: Zona climática). | | | | | | |

En los hospitales, al igual que en los hoteles, los consumos de ACS son elevados, por lo que son validos los comentarios del uso de calderas y enfriadoras con recuperación, o BdC4t, del apartado anterior.

Advertir que en hospitales de obra nueva, en zonas climáticas de invierno A y B se han venido realizando instalaciones de expansión directa como solución a la instalación térmica para el bienestar de las personas en las zonas comunes, pública concurrencia y habitaciones no especiales; si bien no es lo habitual en la instalación térmica general del edificio.

Las reformas de los sistemas de ventilación son las genéricas analizadas en el apartado 4.2.

Tabla 4.8: Mejoras en el sistema de ventilación en uso de hospitales

| SITUACIÓN INICIAL | | ZC | MEJORAS | |
|---|-------|-----|---------|-------|
| SIN VENTILACIÓN | SV | AB | | UTAp |
| | | CDE | | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR | UTAp | CDE | M | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR CON RECUPERACIÓN | UTApr | | M | |
| UTA TODO AIRE | UTAT | CDE | M | UTATr |
| UTA TODO AIRE CON RECUPERACIÓN | UTATr | | M | |
| (ZC: Zona climática) | | | | |

4.2.4 Centros comerciales

Las instalaciones habituales en centros comerciales y sus reformas mas adecuadas se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 4.9: Combinación de las tablas 2.2 y 4.1 para el uso de centros comerciales.

| REF | EQUIPO INICIAL | DST | ZC | REHABILITACIÓN | | |
|--|----------------|-----|-------|----------------|-----------|------|
| 2 | ENF | | AB | ENF | | |
| 3 | CLD+ENF | 2T | CDE | CLDc+ENFr | CLDc+BdCr | BdCr |
| 6 | CLD+BdCr | 2T | CDE | CLDc+BdCr | | |
| 10 | RT | | ABCDE | RT (****) | | |
| 11 | ANLL CND | | ABCDE | ANLL CND (***) | | |
| (***): Analizar la integración de renovables y residuales en el anillo | | | | | | |
| (****): En los RoofTop deben considerarse las mejoras en la ventilación que se indican para las UTA _T | | | | | | |
| (DST: Distribución. ZC: Zona climática) | | | | | | |

Debido a sus volúmenes interiores y a su alta ocupación, en los centros comerciales son muy utilizadas las distribuciones todo aire, por lo que en las distintas zonas del edificio se suelen disponer diferentes UTA_T, estas soluciones trabajan a temperaturas medias y bajas, muy favorables para la implantación de bombas de calor.

En las zonas de alta severidad climática de invierno la sustitución de calderas será una solución con una penetración importante.

Al estar muy extendidas las soluciones con UTA_T debe considerarse especialmente mejorar las prestaciones del sistema de automatización y control, adaptando los caudales de aire exterior a la ocupación real de cada zona térmica; el control mas adecuado es con sensores que miden parámetros de calidad de aire interior (CO₂ o VOCs control IDA-C6 del RITE, control directo).

Tabla 4.10: Mejoras en el sistema de ventilación en uso de centros comerciales.

| SITUACIÓN INICIAL | | ZC | MEJORAS | |
|---|-------------------|-----|---------|------------------|
| SIN VENTILACIÓN | SV | - | - | - |
| | | - | - | - |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR | UTAp | CDE | M(*) | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR CON RECUPERACIÓN | UTApr | | M(*) | |
| UTA TODO AIRE | UTA _T | CDE | M(*) | UTA _T |
| UTA TODO AIRE CON RECUPERACIÓN | UTA _{Tr} | | M(*) | |
| (ZC: Zona climática) | | | | |

4.2.5 Centros universitarios

Las instalaciones habituales de los centros universitarios, excluyendo sus instalaciones deportivas, y sus reformas mas adecuadas se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 4.11: Combinación de las tablas 2.2 y 4.1 para el uso centros universitarios.

| REF | EQUIPO INICIAL | DST | ZC | REHABILITACIÓN | | |
|---|----------------|-----|------|----------------|------------|-------|
| 3 | CLD+ ENF | 2T | BCDE | CLDc+ ENFr | CLDc+BdCr | BdCr |
| | | 4T | CDE | | CLDc+BdC4T | BdC4T |
| 6 | BdCr | 2T | ABCD | BdCr | | |
| | | 4T | CD | | BdC4t | |
| 8 | EXP | | ABCD | EXP | BdCr | |
| 10 | RT | | ABC | RT (****) | | |
| (***) En los locales climatizados con Roof Top deben tenerse en cuenta las medidas propuestas para las UTA _T | | | | | | |
| (DST: Distribución. ZC: Zona climática) | | | | | | |

Al no considerar las instalaciones deportivas de estos centros, el consumo de ACS es nulo, o muy bajo, por ello la bomba de calor tiene un campo de aplicación muy importante; en las zonas de alta severidad climática de invierno las calderas de condensación son una alternativa competitiva.

En los últimos años, sobre todo en las zonas climáticas A y B se están implantando instalaciones de expansión directa.

También se utilizan equipos RoofTop en locales especiales como auditorios, en estos casos se deben tener en cuenta también las consideraciones de las mejoras en ventilación que se definen para las UTA_T.

En los edificios que actualmente carecen de ventilación se debe analizar la implantación de unidades de tratamiento del aire primario (UTAp), teniendo en cuenta la variabilidad de la ocupación de estos locales debe considerarse especialmente mejorar las prestaciones del sistema de automatización y control, adaptando los caudales de aire exterior a la ocupación real de cada zona térmica; el control mas adecuado es con sensores que miden parámetros de calidad de aire interior (CO₂ o VOCs control IDA-C6 del RITE, control directo).

Tabla 4.12: Mejoras en el sistema de ventilación en uso de centros universitarios.

| SITUACIÓN INICIAL | | ZC | MEJORAS | |
|---|-------------------|-----|---------|-------------------|
| SIN VENTILACIÓN | SV | AB | | UTAp |
| | | CDE | | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR | UTAp | CDE | M | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR CON RECUPERACIÓN | UTApr | | M | |
| UTA TODO AIRE | UTA _T | CDE | M | UTA _{Tr} |
| UTA TODO AIRE CON RECUPERACIÓN | UTA _{Tr} | | M | |
| (ZC: Zona climática) | | | | |

4.2.6 Colegios

Las instalaciones habituales en este uso y las reformas mas adecuadas se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 4.13: Combinación de las tablas 2.2 y 4.1 para el uso de colegios.

| REF | EQUIPO INICIAL | DST | ZC | REHABILITACIÓN | |
|---|----------------|-----|-------|----------------|----------|
| 1 | CLD | 2T | ABCDE | CLDc | BdC (**) |
| (**) Solo en ZONAS ABCD | | | | | |
| (DST: Distribución. ZC: Zona climática) | | | | | |

Los colegios, exceptuando sus instalaciones deportivas, tienen consumos de ACS bajos o nulos; además tradicionalmente no disponen de instalaciones de refrigeración ya que su uso en verano es muy bajo; por ello las calderas de condensación serán una aplicación muy utilizada en las reformas, en las zonas mas benignas la bomba de calor es una alternativa muy eficiente.

Un alto porcentaje de estos edificios carece de ventilación, en ellos se debe analizar la implantación de unidades de tratamiento del aire primario (UTAp), teniendo en cuenta la variabilidad de la ocupación de estos locales debe considerarse especialmente mejorar las prestaciones del sistema de automatización y control, adaptando los caudales de aire exterior a la ocupación real de cada zona térmica; el control mas adecuado es con sensores que miden parámetros de calidad de aire interior (CO₂ o VOCs control IDA-C6 del RITE, control directo).

Tabla 4.14: Mejoras en el sistema de ventilación en uso de colegios.

| SITUACIÓN INICIAL | | ZC | MEJORAS | |
|---|-------------------|-----|---------|-------------------|
| SIN VENTILACIÓN | SV | AB | | UTAp |
| | | CDE | | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR | UTAp | CDE | M | UTApr |
| UTA SOLO AIRE EXTERIOR CON RECUPERACIÓN | UTApr | | M | |
| UTA TODO AIRE | UTA _T | CDE | M | UTA _{Tr} |
| UTA TODO AIRE CON RECUPERACIÓN | UTA _{Tr} | | M | |
| (ZC: Zona climática) | | | | |

4.2.7 Supermercados

Las instalaciones habituales en este uso y las reformas mas adecuadas se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 4.15: Combinación de las tablas 2.2 y 4.1 para el uso de supermercados.

| REF | EQUIPO INICIAL | DST | ZC | REHABILITACIÓN |
|-----|----------------|-----|-------|----------------|
| 10 | RT | | ABCDE | RT |

La instalación más habitual en los supermercados son los equipos RoofTop que, además de las condiciones ambiente pueden controlar la ventilación, aunque hay modelos antiguos que no la incorporan y solo circulan el aire para el tratamiento térmico.

En la sustitución de estos equipos se deben seleccionar aquellos que incorporan la ventilación debiendo considerarse especialmente mejorar las prestaciones del sistema de automatización y control, adaptando los caudales de aire exterior a la ocupación real de cada zona térmica; el control mas adecuado es con sensores que miden parámetros de calidad de aire interior (CO₂ o VOCs control IDA-C6 del RITE, control directo).

5 Propuestas de Reformas para los escenarios 2040 y 2050

Se muestra a continuación una exposición somera de cuáles podrían ser las alternativas de instalaciones térmicas en una rehabilitación a partir del 2030. El estudio pormenorizado deberá realizarse al inicio de ese periodo, momento en el que las redes, la medición, los edificios y edificios inteligentes, la autogeneración y el almacenamiento térmico y eléctrico se habrán desarrollado, o no, en el mercado de forma madura y se conozcan realmente los ahorros de energía conseguidos hasta entonces con las medidas aplicadas, el mix real de producción de energía eléctrica, el consumo de biocombustibles y el consumo e importación real de energía de nuestro país. En este periodo la rehabilitación debería centrarse hacia **tecnologías de calefacción y refrigeración** no basadas en combustibles fósiles.

Aunque en el primer escenario (2021-2030) se han planteado reformas basadas en sustituir la instalación térmica actual por otra igual más eficiente o distinta que requiera pocas modificaciones en su diseño, en este apartado se relatan los cambios más profundos que deberán realizarse con cierta perspectiva de futuro en el largo plazo (2050).

Todo parece indicar que la transición energética está encaminada a llegar en el 2050 a una economía hipocarbónica y electrificada con un alto porcentaje de su producción distribuida en los consumidores (**AutoCONSUMO**).

Es por ello, que, en este periodo, 2031-2050, la transformación de un edificio, en un edificio eficiente, opte por cambios en la fuente de energía, y por tanto, previsiblemente, potenciando el cambio a **bombas de calor (aerotermia, hidrotermia y geotermia)** u otras soluciones de calefacción y refrigeración basada en energías renovables, o pilas de combustible, o calor residual.

Para facilitar la penetración de las soluciones con bombas de calor e integración de energías renovables, así como para reducir los consumos, será fundamental que las envolventes de los edificios también se hayan rehabilitado energéticamente.

La previsible modificación del Reglamento sobre los gases fluorados de efecto invernadero (Reglamento 517/2014 F-Gas) que surja del análisis del mismo por parte de la Comisión en el **año 2021** y la madurez hoy existente con determinados refrigerantes, acelerará, asimismo, la renovación de los sistemas de calefacción y refrigeración hacia tecnologías de bomba de calor.

Las tendencias que intuimos de las instalaciones con bombas de calor nos llevan a pensar a que la expansión directa se producirá solo con limitados volúmenes de refrigerante, lo que entendemos que llevará a mayor cantidad de instalaciones con distribución de agua (esta consideración podría cambiar si se desarrollaran nuevos refrigerantes).

Otro aspecto importante para llegar a una economía independiente del carbono es el poder aprovechar el **calor o frío residual** de la industria en el sector de la edificación. Algunas industrias generan calor o frío como subproducto y en muchos casos no es reutilizado en la propia industria, o, aun siendo reutilizado, existen todavía excedentes. Es por ello que las rehabilitaciones que se produzcan en zonas próximas a núcleos industriales, con estas características, deben estar planteadas dentro de los planes de ordenación territorial y urbanística de cada comunidad autónoma o municipio para que puedan ser utilizados (para que pueda aprovecharse esta energía residual por un edificio debe de existir una infraestructura de distribución de energía desde el centro de producción industrial hasta los bornes del edificio).

En un escenario de producción de energía distribuida previsible también debe potenciarse en la rehabilitación de generadores térmicos la **cogeneración** pues puede producir importantes ahorros de energía y de CO₂ en comparación con la generación separada de calor y electricidad. Combinada con el almacenamiento térmico, aumenta su eficiencia, ya que la producción de calor puede almacenarse en lugar de limitarse si no se necesita en ese momento. Muchas de las tecnologías de cogeneración de calor y electricidad son capaces de usar energías renovables (energía geotérmica, biogás), combustibles alternativos (por ejemplo, hidrógeno) y calor residual.

Si el edificio se somete a una rehabilitación importante debe llevarse a este a ser un **edificio inteligente** conectado a una red que permita el control remoto o automático de la calefacción y la refrigeración, el calentamiento del agua, la iluminación y los aparatos en función de la fecha y hora, humedad, temperatura exterior y ocupación del edificio. Los edificios deben de tener cada vez mayor capacidad de utilizar las tecnologías de la información y la comunicación y los sistemas electrónicos a fin de adaptar el funcionamiento del edificio a las necesidades del ocupante y a la red local de energía y de mejorar su eficiencia energética y su rendimiento.

La rehabilitación propuesta debe ayudar a la gestión de la demanda de energía en los edificios permitiendo a los consumidores participar en la respuesta a esa demanda y ajustar el momento de su consumo en respuesta al precio de la electricidad.

5.1 Redes de Distrito

Con el horizonte 2040-2050, la rehabilitación debe realizarse desde un enfoque holístico de **distrito o barrio** y debe estar integrada en la política urbanística y de eficiencia energética del barrio, garantizando que todos los edificios cumplan los requisitos mínimos de energía mediante regímenes generales de renovación aplicables al conjunto de edificios en un entorno en lugar de a un único edificio.

Creemos que será muy difícil rentabilizar en nuestro clima instalaciones de distrito con las temperaturas normales de funcionamiento (calefacción 70 °C y refrigeración 7 °C); debido a la proporción entre consumo necesario para abastecer las demandas y las pérdidas y consumos eléctricos por bombeo en las redes de distribución, solo se podrían desarrollar en aplicaciones muy concretas.

Por ello, con un criterio similar a las “smart grid” eléctricas, creemos que se deberán desarrollar redes térmicas de distrito, que pueden trabajar con temperaturas entre 15°C y 40°C, 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.

Los equipos agua/agua con temperaturas en el evaporador del orden de 15°C a 20°C pueden alcanzar, con altas prestaciones, temperaturas de producción superiores a 70°C, integrándose directamente en los subsistemas de los edificios.

La red debe ser alimentada con generación renovable: Solar Térmica, Geotermia, hidrotermia, biomasa, etc. También permite la integración de sistemas de cogeneración y aprovechamiento de calores residuales; optimizando el uso de todas las energías.

Otra ventaja importante es la compensación entre edificios con solicitudes térmicas opuestas, por ejemplo, si un edificio de oficinas está demandando frío y un polideportivo calor, a través de la condensación y evaporación de sus bombas de calor se transfieren la energía entre ellos, sin solicitarla de los generadores conectados a la red.

Las temperaturas de trabajo de la red simplifican las exigencias de las tuberías, menores necesidades de aislamiento térmico, prácticamente solo el necesario para la protección contra las corrosiones, se reducen las pérdidas, o ganancias, de calor y los caudales en los momentos en que exista compensación entre edificios.

La red debe ser capaz de hacer frente a los momentos de máxima demanda de calor en invierno y de frío en verano, para lo que se deben disponer generadores suficientes, para los momentos punta se pueden disponer generadores “tradicionales” ya que su uso será mínimo; para reducir las puntas de potencia se pueden intercalar depósitos de inercia.

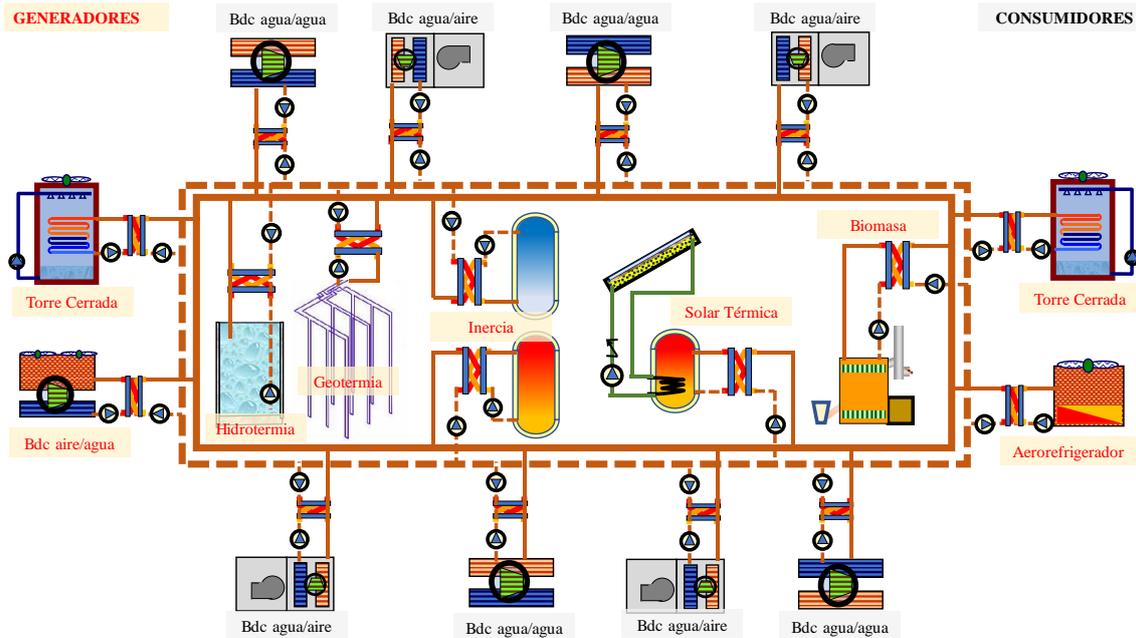


Imagen 5.1: Esquema simplificado de la red térmica con generadores y consumidores.

El calor puede alimentarse con: Solar Térmica, Biomasa, Cogeneración, etc.

El frío requiere torres de refrigeración, pueden situarse alejadas de los edificios, siendo equipos de mayor potencia, menor número y con mayores facilidades de mantenimiento que si se ubican en cada edificio; también pueden utilizarse Aerorefrigeradores.

La hidrotermia y geotermia proporcionan tanto calor como frío, pero con niveles térmicos bajos.

Para integrar los equipos de producción en la red deben considerarse las temperaturas de funcionamiento de cada tipo, las calderas de biomasa trabajan a altas temperaturas, por ello para su integración se utilizarán depósitos de inercia reduciendo, mediante válvulas motorizadas, la temperatura de los depósitos hasta la necesaria en la red.

La energía solar térmica también requiere depósitos de acumulación y reducción de la temperatura antes de su integración en la red, pero el control debe actuar de manera que siempre se utilice el agua de estas instalaciones a las temperaturas más bajas posible, con el fin de mejorar el rendimiento de los captadores solares.

La hidrotermia y la geotermia se integrarán directamente con las temperaturas que se hayan alcanzado.

Todos los equipos se conectarán hidráulicamente mediante intercambiadores para evitar que se transfieran a la red problemas de cada productor.

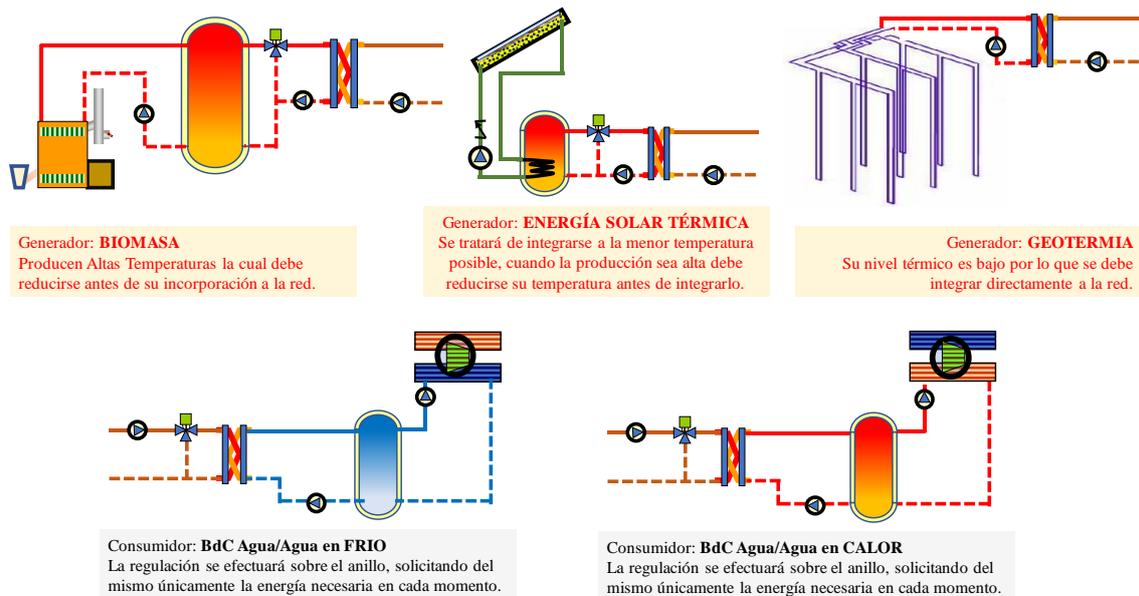


Imagen 5.2: Detalles para la conexión de los generadores y consumidores a la red térmica.

La conexión de los consumidores dispondrá, además de los intercambiadores, de depósitos de inercia que atenúen las potencias instantáneas solicitadas de la red; el control de temperatura aportada se regulará en red mediante válvulas motorizadas.

5.2 Vectores energéticos

Atendiendo a lo anterior y observando la ruta energética que se describe de forma cualitativa en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima la tendencia es electrificar nuestras ciudades para poder dar cobertura y flexibilidad a un mix de generación eléctrica mayoritariamente renovable en el año 2050.

En este sentido, como se ha mencionado, las demandas de calefacción y refrigeración serán abastecidas en gran medida por energía eléctrica, siendo el equipo predominante, la bomba de calor.

Pese a lo cual no deben olvidarse, que existirán equipos de combustión:

- Combustibles gaseosos:** Fundamentalmente los combustibles gaseosos que se prevé para este periodo son el **hidrógeno verde** (denominado así porque se obtendrá de la electrólisis del agua producida a partir de períodos de sobrecarga de turbinas eólicas o parques solares fotovoltaicos. Otros de los combustibles gaseosos será el **biometano** (el biogás emite CO₂ durante la combustión, pero obtiene créditos de sumidero de carbono y se considera renovable, es decir es metano que se obtiene a partir de residuos o biomasa).
- Combustibles sólidos:** sobre todo en el uso directo de la biomasa autóctona

Por ello también se deben realizar las rehabilitaciones estudiando la conexión a redes de gas integradas a nivel europeo. La promoción de la producción y el uso de **biometano**, y su introducción en la red de gas natural jugará un papel importante en la rehabilitación de ciertos edificios, sobre todo en zonas climáticas de invierno no benignas.

6 Estimación de ahorros energéticos

Las inversiones en eficiencia energética en el sector no residencial buscan hoy en día el retorno casi inmediato, lo que determina su naturaleza poco profunda. Debido a la volatilidad del clima empresarial general y al deseo de conseguir el máximo rendimiento de las inversiones, la mayoría de las actuaciones que se realizan sobre eficiencia energética en estos edificios se han enfocado hacia el reemplazo de equipos e iluminación. El sector terciario requiere un enfoque metodológico distinto al residencial para determinar los parámetros de eficiencia a largo plazo, al igual que para implementar las medidas pasivas que tienen retornos más lentos.

Además, el sector no residencial abarca usos muy distintos, cuyos consumos energéticos responden a patrones muy diferentes que hacen difícil contemplar las mismas acciones con los mismos rendimientos de ahorro. Es necesario afrontarlo mediante estrategias sectoriales que contemplen esa diversidad de usos.

Como una primera aproximación para mostrar las posibilidades de ahorro que hoy presenta el sector no residencial, y que podrían ser abordadas de forma económicamente viable se muestran a continuación unos menús de mejoras, elaborados a partir de experiencias reales, que se agrupan en estrategias sectoriales en función de los distintos usos de los edificios descritos anteriormente.

Los menús se enfocan hacia las siguientes actuaciones:

- Climatización
- Iluminación
- ACS (cuando es significativo)
- Envolverte

No se incluyen en la valoración el cambio de los productos que utilizan energía y son habituales en los edificios, como pueden ser los electrodomésticos, equipos ofimáticos, etc. El motivo es porque, es muy difícil estimar un inventario real de los mismos, y porque estos equipos, para ser introducidos en el mercado, deben disponer, además de su marcado CE, una etiqueta energética que ya informa sobre sus prestaciones energéticas. Evidentemente, en cualquier renovación de estos equipos, debe aconsejarse el cambio hacia equipos con mayores prestaciones, A+++.

Igualmente, estos menús abarcan el uso y mantenimiento de las instalaciones, equipos y el edificio en sí. Hay que subrayar que la información disponible es escasa y difícilmente generalizable para un sector tan diferenciado en usos y tipologías, por lo que estos datos deben ser tomados como una primera aproximación.

Por tanto, se describen a continuación, una valoración muy somera, realizada en base a la experiencia y la práctica de campo, de los porcentajes de ahorro de energía que tendría las distintas medidas de eficiencia energética que se han ido describiendo en capítulos anteriores.

Para realizar un apartado más completo, se han incluido, sobre las medidas de eficiencia energética descritas para las instalaciones térmicas, la valoración de otras medidas muy habituales en una renovación de un edificio terciario, es decir, renovaciones sobre la envolvente térmica de los edificios y sobre las instalaciones de iluminación.

Por tanto, las medidas sobre las que se expone una valoración cuantitativa del ahorro estimado, reflejado sobre el consumo total que tendría el uso del edificio en cuestión, son las siguientes:

- **ILUMINACIÓN.** En este caso se consideran tres posibles alternativas:
 - Cambio a LED: Cambiar por completo el sistema de iluminación actual, por otro con tecnología LED. Evidentemente se debe mantener el nivel de luminosidad y la calidad lumínica de cada estancia o mejorarlo.
 - Iluminación natural: En aquellos edificios, que por arquitectura constructiva, porcentaje de huecos y proyección de sombras sobre estos, tanto propias, como por elementos contiguos, se debe considerar el aprovechamiento de la luz natural. Recordar que la renovación de estos equipos obliga según el CTE DB HE 3 en la parte intervenida a (si se trata de un cambio de usos, o es un edificio de más de 1.000 m² en los que se renueve más del 25% de la instalación de iluminación la obligación es sobre toda la instalación de iluminación):
 1. Se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural que regulen, automáticamente y de forma proporcional al aporte de luz natural, el nivel de iluminación de las luminarias situadas a menos de 5 metros de una ventana y de las situadas bajo un lucernario, cuando se cumpla ciertas condiciones de transmisión de luz del vidrio, superficie acristalada y sombras del entorno
 2. Las zonas comunes en edificios residenciales, las habitaciones de hospital, las habitaciones de hoteles, hostales, etc., así como las tiendas y pequeño comercio están excluidas de la exigencia de incorporar sistemas de aprovechamiento de la luz natural.
 - Control de presencia e interruptores. Cuando, tras la valoración del edificio, se considere que no existen hábitos de uso que garanticen el apagado de las luces, en estancias o parte de estas, cuando no hay personas en las mismas, esta medida debe ser aconsejada. Recordar que la renovación de estos equipos obliga según el CTE DB HE 3 en la parte intervenida a (si se trata de un cambio de usos, o es un edificio de más de 1.000 m² en los que se renueve más del 25% de la instalación de iluminación la obligación es sobre toda la instalación de iluminación):
 - 1 Las instalaciones de iluminación de cada zona dispondrán de un sistema de control y regulación que incluya:
 - a) un sistema de encendido y apagado manual externo al cuadro eléctrico, y
 - b) un sistema de encendidos por horario centralizado en cada cuadro eléctrico.
 - 2 En zonas de uso esporádico (aseos, pasillos, escaleras, zonas de tránsito, aparcamientos, etc.) el sistema del apartado b) se podrá sustituir por una de las dos siguientes opciones:
 - un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia temporizado, o
 - un sistema de pulsador temporizado.
- **CLIMATIZACIÓN.** Estas medidas son las descritas ya en apartados anteriores. Simplemente se recuerdan ahora, de forma muy breve, para mayor comprensión

- Mejora de producción. Consiste en cambiar los equipos del subsistema de producción. Las alternativas que hemos descrito anteriormente consideran:
 - Cambio a caldera de condensación
 - Renovación de enfriadoras y BdC
 - Cambio de calderas a BdC
- Mejora en la distribución. Las mejoras energéticas en el subsistema de distribución consisten en:
 - Cambio de 4T a 2T. En muchos edificios que cuentan con una distribución a cuatro tubos, puede pasarse a 2T sin bajar la calidad del bienestar térmico, y supondría un importante ahorro energético en las pérdidas de energía de la distribución de agua. En estos casos, debe analizarse, la colocación puntual de equipos de expansión directa unizona, en aquellas estancias que pudieran debilitarse térmicamente.
 - Circuitos hidráulicos a velocidad variable
 - Ventiladores a velocidad variable
- Ahorro de energía. Se consideran las siguiente tres medidas:
 - Uso de recuperadores. El aprovechar y transferir la entalpía del aire que va a ser expulsado al exterior (con un contenido energético parecido al del aire interior) al aire de ventilación, supone importantes ahorros del consumo de energía de los generadores térmicos
 - Enfriamiento gratuito. Esta es una medida que sólo ahorraría energía en regímenes de refrigeración, cuando las condiciones exteriores e interiores son propicias. Las unidades de tratamiento de aire deben de contar con las compuertas necesarias para realizar esta acción.
 - Control del caudal de ventilación. En edificios con usos intermitentes y/o no constantes, deben de poder controlar los niveles de ventilación a la ocupación real en cada instante.
- Automatización, control y monitorización. El poder conocer las necesidades reales del edificio y adaptar el consumo de la instalación térmica a las mismas, y que además esto se realice de forma automática, es esencial para optimizar los consumos globales del edificio. Se debe tender más hacia la concepción de edificios inteligentes y autónomos, y en una renovación de un edificio, debe converger hacia esta situación.
- Mantenimiento. El poder mantener los consumos previstos y el rendimiento global de las instalaciones térmicas en los edificios durante su explotación, es vital, para poder alcanzar los umbrales de consumo previstos, y esto, no se puede lograr, sin un correcto mantenimiento.

- **ACS.** Las medidas específicas para el servicio de ACS en aquellos usos de edificio terciario que existe un consumo medio o elevado de ACS son:
 - Cambio a caldera de condensación
 - Aislamiento de las tuberías. Existen tuberías de ACS en las que está circulando constantemente, los 365 días del año y las 24 horas del día, agua atemperada. Por ello debe ser prioritario el aislamiento de estos circuitos (recirculación).
 - Instalación solar. Determinados usos, y en determinadas zonas climáticas del CTE DB HE-4, son propicios para la instalación de una generación térmica constituida por paneles solares fototérmicos.
- **ENVOLVENTE.** No debemos olvidar que las instalaciones térmicas atienden la demanda del edificio, es decir, que si no existe esta demanda, no existe consumo de energía de estas instalaciones. Por ello en toda renovación debe considerarse:
 - Aislamiento. Esto es una medida, que influye fundamentalmente sobre el consumo de los generadores térmicos que abastecen los regímenes de calefacción
 - Mejora huecos. Esta es una medida que afecta y mejora, el consumo de energía en regímenes de refrigeración, producido por la reducción del factor solar del hueco, y el consumo en régimen de calefacción, por cuanto se baja la transmitancia térmica del hueco. Un cambio de huecos en el edificio, también produce, una mejora de la permeabilidad del edificio, controlando y evitando caudales de aire infiltrados al edificio.

Para poder expresar de forma matricial, el porcentaje (%) de ahorro estimado, que sobre el consumo de energía final, tendría estas medidas de eficiencia energética, para cada uno de los 7 usos de edificio terciarios que hemos descrito y diferenciado la zona climática de invierno en la que están emplazados, se parte de la siguiente distribución de consumos por servicios y por tipo de edificios.

Tabla 6.1: Estimación porcentual de los consumos energéticos de los distintos usos. Valores en %

| Uso | Oficinas | | Hoteles | | Hospitales | | Centros Comerciales | | Supermercados | | Colegios | | Centros Universitarios | | |
|----------|---------------|----|---------|----|------------|----|---------------------|----|---------------|----|----------|----|------------------------|----|-----|
| | ZC | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE |
| Consumos | ACS | 0 | 0 | 10 | 11 | 7 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 | 0 | 0 |
| | Calefacción | 6 | 12 | 20 | 25 | 24 | 28 | 17 | 30 | 15 | 25 | 30 | 45 | 16 | 26 |
| | Refrigeración | 30 | 19 | 17 | 10 | 20 | 14 | 30 | 17 | 25 | 15 | 5 | 5 | 26 | 15 |
| | Iluminación | 19 | 20 | 10 | 11 | 10 | 10 | 40 | 40 | 35 | 35 | 50 | 35 | 24 | 20 |
| | Otros | 45 | 49 | 43 | 43 | 39 | 40 | 13 | 13 | 25 | 25 | 11 | 10 | 34 | 39 |

La anterior tabla indica que para un uso de oficinas, en zonas climáticas de invierno C. D y E, el consumo de calefacción representa, sobre el total, el 12 %, el de refrigeración el 19 %, el de iluminación el 20 % y en otros (electrodomésticos, iluminación exterior, equipos ofimáticos, maquina expendedoras, ascensores,...) es del 45 %. No existe consumo en el ACS.

Así mismo, para poder conocer el ahorro sobre el consumo total del edificio, se debe estimar el ahorro, que sobre el consumo de cada servicio, puede ofrecer cada una de las

medidas de eficiencia energética descritas anteriormente. Esta estimación se refleja en la siguiente tabla

Tabla 6.2: Valoración de las actuaciones propuestas para edificios de uso terciario.
Valores en %

| MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA | | OFICINAS | | Hoteles/ Residencias | | Hospitales | | Centros Comerciales | | Centros Universitarios | | Colegios/Institutos | | Supermercados | |
|---|--|----------|-----|-------------------------|-----|------------|-----|---------------------|-----|------------------------|-----|---------------------|-----|---------------|-----|
| | | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE |
| ILUMINACIÓN | Cambio a LED | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| | Iluminación natural | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 15 | 15 | 5 | 5 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| | Control de presencia e interruptores | 5 | 5 | 10 | 10 | 5 | 5 | 2 | 2 | 10 | 10 | 5 | 5 | 2 | 2 |
| CLIMATIZACIÓN | Mejora de producción | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| | Cambio a caldera de condensación (*) | 22 | 20 | 20 | 18 | 20 | 18 | 22 | 20 | 22 | 20 | 22 | 20 | 22 | 20 |
| | Renovación de enfriadoras y BdC | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| | Cambio de calderas a BdC (*) | 50 | 40 | 40 | 30 | 40 | 30 | 50 | 40 | 50 | 40 | 50 | 40 | 50 | 40 |
| | Mejora en la distribución | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cambio de 4T a 2T | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | - | - | - | - |
| | Circuitos hidráulicos a velocidad variable | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| | Ventiladores a velocidad variable | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| | Ahorro de energía | | | | | | | | | | | | | | |
| | Uso de recuperadores | 8 | 12 | 10 | 15 | 10 | 15 | 8 | 12 | 8 | 12 | 8 | 12 | 8 | 12 |
| | Enfriamiento gratuito (**) | 15 | 20 | 7 | 10 | 7 | 10 | 15 | 20 | 10 | 12 | - | - | 14 | 16 |
| | Control del caudal de ventilación | 5 | 5 | 8 | 8 | 5 | 5 | 20 | 20 | 15 | 15 | - | - | 25 | 25 |
| | Automatización, control y monitorización | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Mantenimiento | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| ACS | Cambio a caldera de condensación | | | 15 | 15 | 15 | 15 | | | | | 15 | 15 | | |
| | Aislamiento de las tuberías | | | 20 | 20 | 20 | 20 | | | | | 20 | 20 | | |
| | Instalación solar | | | 50 | 50 | 50 | 50 | | | | | 50 | 50 | | |
| ET | Aislamiento (*) | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| | Mejora huecos | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| ET: Envolverte térmica | | | | | | | | | | | | | | | |
| * solo la demanda de calefacción | | | | | | | | | | | | | | | |
| ** solo la demanda de refrigeración | | | | | | | | | | | | | | | |
| - No procede la medida | | | | | | | | | | | | | | | |
| ABCDE. Indican la zona climática de invierno según el CTE DB HE 4 | | | | | | | | | | | | | | | |

Ahora simplemente queda combinar las tablas 6.1 y 6.2, para poder obtener esta estimación de una medida de eficiencia energética sobre el consumo total de un edificio. Evidentemente, no todas las medidas son directamente aplicables al consumo total de cada servicio. Por ejemplo, una medida de eficiencia energética en la mejora del aislamiento supone un ahorro sobre el consumo total de calefacción, pero no sobre el 100 % de su consumo (el mejorar el aislamiento no supone que se mejoren las prestaciones por ejemplo de los generadores de calor). Así se han considerado estas distribuciones porcentuales para cada una de las mejoras de eficiencia energética antes mostrada:

- **ILUMINACIÓN** (todas las medidas de eficiencia energética aplican sobre el 100 % del consumo de iluminación)
 - Cambio a LED
 - Iluminación natural
 - Control de presencia e interruptores

Nota: Se obvia el aumento de la demanda de calefacción y el descenso de la demanda de refrigeración por un descenso en la potencia eléctrica de iluminación.

- **CLIMATIZACIÓN**
 - Mejora de producción
 - Cambio a caldera de condensación (esta medida aplica sobre el 70 % del consumo de calefacción)
 - Renovación de enfriadoras y BdC (esta medida aplica sobre el 65 % del consumo de refrigeración)
 - Cambio de calderas a BdC (esta medida aplica sobre el 70 % del consumo de calefacción)
 - Mejora en la distribución
 - Cambio de 4T a 2T (esta medida aplica sobre el 85 % del consumo de calefacción y sobre el 85 % del consumo de refrigeración)
 - Circuitos hidráulicos a velocidad variable (esta medida aplica sobre el 15 % del consumo de calefacción y sobre el 20 % del consumo de refrigeración)
 - Ventiladores a velocidad variable (esta medida aplica sobre el 15 % del consumo de calefacción y sobre el 15 % del consumo de refrigeración)
 - Ahorro de energía
 - Uso de recuperadores (esta medida aplica sobre el 70 % del consumo de calefacción y sobre el 65 % del consumo de refrigeración)
 - Enfriamiento gratuito (esta medida aplica sobre el 65 % del consumo de refrigeración)
 - Control del caudal de ventilación (esta medida aplica sobre el 70 % del consumo de calefacción y sobre el 65 % del consumo de refrigeración)
 - Automatización, control y monitorización (esta medida aplica sobre el 100 % del consumo de calefacción y sobre el 100 % del consumo de refrigeración)
 - Mantenimiento

- ACS (todas las medidas de eficiencia energética aplican sobre el 100 % del consumo de ACS)
 - Cambio a caldera de condensación
 - Aislamiento de las tuberías
 - Instalación solar
- ENVOLVENTE
 - Aislamiento (esta medida aplica sobre el 70 % del consumo de calefacción)
 - Mejora huecos (esta medida aplica sobre el 70 % del consumo de calefacción y sobre el 65 % del consumo de refrigeración)

Se resumen en formato de tabla estas distribuciones porcentuales para cada una de las mejoras de eficiencia energética citadas.

Tabla 6.3: Distribuciones porcentuales para cada una de las mejoras de eficiencia energética de cada servicio.

| MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGETICA | | ILM | CLF | RFR | ACS |
|----------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|
| ILUMINACION(*) | Cambio a LED | 100 | - | - | |
| | Iluminacion natural | 100 | - | - | |
| | Control de presencia e interruptores | 100 | - | - | |
| CLIMATIZACION | Mejora de produccion | | | | |
| | Cambio a caldera de condensacion (*) | - | 70 | | |
| | Renovacion de enfriadoras y BdC | - | | 65 | |
| | Cambio de calderas a BdC (*) | - | 70 | | |
| | Mejora en la distribucion | - | | | |
| | Cambio de 4T a 2T | - | 85 | 85 | |
| | Circuitos hidraulicos a velocidad variable | - | 15 | 20 | |
| | Ventiladores a velocidad variable | - | 15 | 15 | |
| | Ahorro de energia | - | | | |
| | Uso de recuperadores | - | 70 | 65 | |
| | Enfriamiento gratuito (**) | - | | 65 | |
| | Control del caudal de ventilacion | - | 70 | 65 | |
| | Automatizacion, control y monitorizacion | - | 100 | 100 | |
| Mantenimiento | - | 100 | 100 | | |
| ACS | Cambio a caldera de condensacion | - | | | 100 |
| | Aislamiento de las tuberias | - | | | 100 |
| | Instalacion solar | - | | | 100 |
| ET | Aislamiento (*) | - | 70 | | |
| | Mejora huecos | - | 70 | 65 | |

ET: Envoltente térmica

ILM: Iluminacion

CLF: Calefaccion

RFR: Refrigeracion

Con esta distribución porcentual, y las tablas 6.1 y 6.2 se puede genera la tabla final de valoración de las actuaciones propuestas para edificios de uso terciario sobre el uso final de consumo de cada edificio y de forma discreta para cada una de las medidas de eficiencia energética descrita.

Por indicar una operación, el cambio de 4T a 2T de un hospital en las zonas climáticas C, D y E se obtiene:

$$\text{Valor Tabla 6.4} = 25 \% (\text{tabla 6.2}) * (0,85(\text{tabla 6.3}) * 0,28 (\text{tabla 6.1}) + 0,85 * 0,14 (\text{tabla 6.1})) = 8,9 \%$$

Tabla 6.4: Valoración de las actuaciones propuestas para edificios de uso terciario

| MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA | | OFICINAS | | Hoteles/ Residencias | | Hospitales | | Centros Comerciales | | Centros Universitarios | | Colegios/ Institutos | | Supermercados | |
|---|--|----------|------|-------------------------|-----|------------|-----|---------------------|------|------------------------|------|-------------------------|------|---------------|------|
| | | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE | AB | CDE |
| ILUMINACIÓN | Cambio a LED | 9,5 | 10,0 | 5,0 | 5,5 | 5,0 | 5,0 | 20,0 | 20,0 | 17,5 | 17,5 | 25,0 | 17,5 | 12,0 | 10,0 |
| | Iluminación natural | 1,9 | 2,0 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 6,0 | 6,0 | 1,8 | 1,8 | 7,5 | 5,3 | 3,6 | 3,0 |
| | Control de presencia e interruptores | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 3,5 | 3,5 | 2,5 | 1,8 | 0,5 | 0,4 |
| CLIMATIZACIÓN | Mejora de producción | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cambio a caldera de condensación (*) | 0,9 | 1,7 | 2,8 | 3,2 | 3,4 | 3,5 | 2,6 | 4,2 | 2,3 | 3,5 | 4,6 | 6,3 | 2,5 | 3,6 |
| | Renovación de enfriadoras y BdC | 4,9 | 3,1 | 2,8 | 1,6 | 3,3 | 2,3 | 4,9 | 2,8 | 4,1 | 2,4 | 0,8 | 0,8 | 4,2 | 2,4 |
| | Cambio de calderas a BdC (*) | 2,1 | 3,4 | 5,6 | 5,3 | 6,7 | 5,9 | 6,0 | 8,4 | 5,3 | 7,0 | 10,5 | 12,6 | 5,6 | 7,3 |
| | Mejora en la distribución | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cambio de 4T a 2T | 6,1 | 5,3 | 7,9 | 7,4 | 9,4 | 8,9 | 8,0 | 8,0 | 6,8 | 6,8 | - | - | - | - |
| | Circuitos hidráulicos a velocidad variable | 2,4 | 2,0 | 2,2 | 2,0 | 2,7 | 2,5 | 3,0 | 2,8 | 2,5 | 2,4 | 1,9 | 2,7 | 2,7 | 2,4 |
| | Ventiladores a velocidad variable | 1,9 | 1,6 | 1,9 | 1,8 | 2,3 | 2,2 | 2,5 | 2,5 | 2,1 | 2,1 | 1,8 | 2,6 | 2,2 | 2,2 |
| | Ahorro de energía | | | | | | | | | | | | | | |
| | Uso de recuperadores | 1,9 | 2,5 | 2,5 | 3,6 | 3,0 | 4,3 | 2,5 | 3,8 | 2,1 | 3,3 | 1,9 | 4,2 | 2,2 | 3,4 |
| | Enfriamiento gratuito (**) | 2,9 | 2,5 | 0,8 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 2,9 | 2,2 | 1,6 | 1,2 | - | - | 2,4 | 1,6 |
| | Control del caudal de ventilación | 1,2 | 1,0 | 2,0 | 1,9 | 1,5 | 1,4 | 6,3 | 6,4 | 4,0 | 4,1 | - | - | 7,0 | 7,0 |
| | Automatización, control y monitorización | 3,6 | 3,1 | 3,7 | 3,5 | 4,4 | 4,2 | 4,7 | 4,7 | 4,0 | 4,0 | 3,5 | 5,0 | 4,2 | 4,1 |
| Mantenimiento | 2,9 | 2,5 | 3,0 | 2,8 | 3,5 | 3,4 | 3,8 | 3,8 | 3,2 | 3,2 | 2,8 | 4,0 | 3,4 | 3,3 | |
| ACS | Cambio a caldera de condensación | | | 1,5 | 1,7 | 1,1 | 1,2 | | | | | 0,6 | 0,8 | | |
| | Aislamiento de las tuberías | | | 2,0 | 2,2 | 1,4 | 1,6 | | | | | 0,8 | 1,0 | | |
| | Instalación solar | | | 5,0 | 5,5 | 3,5 | 4,0 | | | | | 2,0 | 2,5 | | |
| ET | Aislamiento (*) | 1,5 | 2,9 | 4,9 | 6,1 | 5,9 | 6,9 | 4,2 | 7,4 | 3,7 | 6,1 | 7,4 | 11,0 | 3,9 | 6,4 |
| | Mejora huecos | 4,7 | 4,2 | 5,0 | 4,8 | 6,0 | 5,7 | 6,3 | 6,4 | 5,4 | 5,5 | 4,9 | 7,0 | 5,6 | 5,6 |
| ET: Envolverte térmica | | | | | | | | | | | | | | | |
| * solo la demanda de calefacción | | | | | | | | | | | | | | | |
| ** solo la demanda de refrigeración | | | | | | | | | | | | | | | |
| - No procede la medida | | | | | | | | | | | | | | | |
| ABCDE. Indican la zona climática de invierno según el CTE DB HE 4 | | | | | | | | | | | | | | | |

Los valores están expresados en % de ahorro de energía final que el edificio tendría sobre el consumo final de su energía. Por ejemplo:

- Una mejora en la climatización, consistente en la mejora de la producción, cambiando la generación existente, por ejemplo la caldera, por otra mejor, de condensación, supone en oficinas, con severidades climáticas duras, zonas climáticas C, D y E, un ahorro de energía final total, de un 1,7 %, siendo este mejora más suave, en las zonas A y B, de un 0,9 %. Evidentemente, esta mejora, en un edificio con un elevado porcentaje de su consumo constituido por la demanda de calefacción, como puede ser un colegio, en zonas severas de invierno, zonas C, D y E, supone una mejora sobre el consumo total de energía final del edificio de 6,9 %.
- Una mejora en la iluminación, consistente en un cambio a LED, supone sobre el consumo de energía final del edificio, un ahorro del 10 % en oficinas de las zonas climáticas C, D y E y un 25 % en colegios de zonas climáticas A y B
- Una mejora en el sistema de ACS, consistente en un asilamiento de las tuberías, supone un ahorro de energía final total del edificio de 1,7 % en hoteles de las zonas C, D y E y un 0,6 % en colegios de las zonas A y B
- Una mejora de la envolvente, consistente en un cambio de huecos, supone un ahorro de energía final total del edificio de 7 % en colegios en zonas C, D y E y de un 5,6 % en supermercados de la misma zona climática.

No se exponen más casos, pues la lectura sobre la tabla anterior para cualquier uso y cualquier medida, es idéntica.