

# ***GUÍA BÁSICA DE REDES DE DISTRITO DE CALOR Y DE FRÍO***

ABRIL 2011



Generalitat de Catalunya  
**Institut Català d'Energia**



Asociación de Empresas  
de Redes de Calor y Frío

**Esta Guía ha sido elaborada por la empresa AIGUASOL Sistemas Avanzats d'Energia Solar Tèrmica S.C.C.L. por encargo del Institut Català d'Energia. Generalitat de Catalunya.**



**ADHAC agradece al Institut Català d'Energia y a la empresa AIGUASOL Sistemas Avanzats d'Energia Solar Tèrmica S.C.C. L. la autorización para la traducción y difusión de la Guía Básica de Redes de Distrito de Calor y Frío.**



Esta obra está sujeta a una licencia Reconocimiento – No comercial – Sin obras derivadas 3.0 de Creative Commons.

Para consultar una copia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/>. Está permitida la copia, distribución y comunicación pública siempre que se cite la fuente (Institut Català d'Energia) y el uso concreto no incluya finalidad comercial. Debe informarse sobre las condiciones bajo las cuales este trabajo puede ser distribuido o comunicado. Tampoco pueden generarse obras derivadas.

<b>1.</b>	<b>OBJETO DE LA GUÍA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>REVISIÓN HISTÓRICA.....</b>	<b>10</b>
<b>4.</b>	<b>TIPO DE REDES DE DISTRITO .....</b>	<b>12</b>
4.1.	SEGÚN EL TRAZADO .....	13
4.2.	SEGÚN LOS CIRCUITOS .....	14
4.3.	SEGÚN LOS SECTORES ABASTECIDOS .....	15
<b>5.</b>	<b>ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS DE LAS REDES DE DISTRITO .....</b>	<b>15</b>
5.1.	CENTRAL DE GENERACIÓN.....	15
5.2.	RED DE DISTRIBUCIÓN .....	16
5.2.1.	Tuberías.....	16
5.2.2.	Sistemas de bombeo .....	19
5.3.	ACOMETIDAS Y SUBESTACIONES DE CLIENTES .....	21
<b>6.</b>	<b>FUENTES ENERGÉTICAS .....</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>BENEFICIOS DE LAS REDES DE DISTRITO .....</b>	<b>23</b>
7.1.	BENEFICIOS PARA LAS EMPRESAS EXPLOTADORAS.....	24
7.2.	BENEFICIOS PARA LOS PROMOTORES INMOBILIARIOS.....	24
7.3.	BENEFICIOS PARA LOS USUARIOS .....	24
7.4.	BENEFICIOS PARA LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA.....	25
<b>8.</b>	<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE DISTRITO .....</b>	<b>26</b>
8.1.	POTENCIAL DE LAS REDES EN LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL...26	
8.2.	MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA POR CENTRALIZACIÓN DE INSTALACIONES .....	28
8.3.	MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA POR USO DE LA COGENERACIÓN .....	29
8.4.	APROVECHAMIENTO DE CALOR RESIDUAL DE INCINERACIÓN O PROCESOS INDUSTRIALES 31	
8.5.	APROVECHAMIENTO DE FUENTES RENOVABLES.....	32
8.6.	APROVECHAMIENTO DE AGUA DE MAR O DE RÍO .....	33
8.7.	CONDICIONES ÓPTIMAS PARA LAS REDES DE DISTRITO .....	33
8.7.1.	Condiciones económicas.....	33
8.7.2.	Condiciones técnicas.....	34
8.7.3.	Condiciones medioambientales.....	35
<b>9.</b>	<b>PROCESO QUE DEBE SEGUIRSE PARA DESARROLLAR UN PROYECTO DE RED DE DISTRITO 35</b>	
9.1.	FASE PREVIA .....	36
9.2.	FASE PRELIMINAR .....	37
9.3.	FASE DE VIABILIDAD.....	37
9.3.1.	Objeto de los estudios de viabilidad .....	37
9.3.2.	Líneas generales de un estudio de viabilidad .....	37
9.3.3.	Tipos de indicadores de rentabilidad .....	39
9.3.4.	Fase de preparación y realización del concurso .....	40

9.4.	FASE DE REALIZACIÓN DE LAS OBRAS.....	40
<b>10.</b>	<b>BARRERAS Y SOLUCIONES PARA EL DESARROLLO DE REDES DE DISTRITO .....</b>	<b>42</b>
10.1.	BARRERAS A LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE RED .....	42
10.1.1.	Barreras legales.....	42
10.1.2.	Barreras técnicas.....	43
10.1.3.	Barreras económicas.....	43
10.1.4.	Barreras culturales y sociales.....	43
10.2.	SOLUCIONES A LAS BARRERAS .....	44
10.2.1.	Actuaciones que puede llevar a cabo la Administración .....	44
10.2.2.	Actuaciones sociales .....	44
10.2.3.	Actuaciones empresariales.....	44
<b>11.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
	<b>ANEXO1 ORGANISMOS ESTATALES E INTERNACIONALES RELACIONADOS.....</b>	<b>46</b>
	<b>ANEXO 2. NORMATIVA/LEGISLACIÓN/ESTÁNDARES RELACIONADOS.....</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXO 3. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>50</b>
	<b>ANEXO 4. GLOSARIO.....</b>	<b>52</b>
	<b>ANEXO 5. ABREVIACIONES.....</b>	<b>54</b>

## 1. OBJETO DE LA GUÍA

El objeto de esta guía es fomentar, promover y difundir la tecnología de redes de distrito de calor y/o frío, así como asesorar a los posibles promotores de este tipo de instalaciones a partir de una metodología que establezca los criterios que deben considerarse a la hora de plantear una red de distrito. Además de esta “guía básica”, se ha elaborado la *Guía integral del desarrollo de redes de distrito de calor y frío*. La guía básica tiene un enfoque más generalista, para dar unas nociones globales de estos sistemas, mientras que la guía integral entra más en profundidad en los temas, con la finalidad de ser un instrumento que ayude a tomar decisiones sobre la idoneidad de implantar una red de distrito en un entorno determinado.

Los sistemas basados en redes de distrito para la distribución de calor y/o frío<sup>1</sup> tienen como objetivo ofrecer un servicio de climatización (frío y calor) y agua caliente sanitaria a los ocupantes de los distintos edificios de la zona provista por una red, garantizando una mejor eficiencia energética y calidad de servicio que el que se obtiene con instalaciones individuales.

Los usuarios pueden ser residentes, edificios de empresas (comercios, oficinas, hoteles), edificios de equipamientos (escuelas, hospitales), administración pública, etc. Estos sistemas producen energía térmica en unas instalaciones centralizadas, y la distribuyen hasta los usuarios mediante un conjunto de tuberías aisladas, generalmente subterráneas, a través de un fluido que puede ser vapor, agua caliente y/o agua fría.

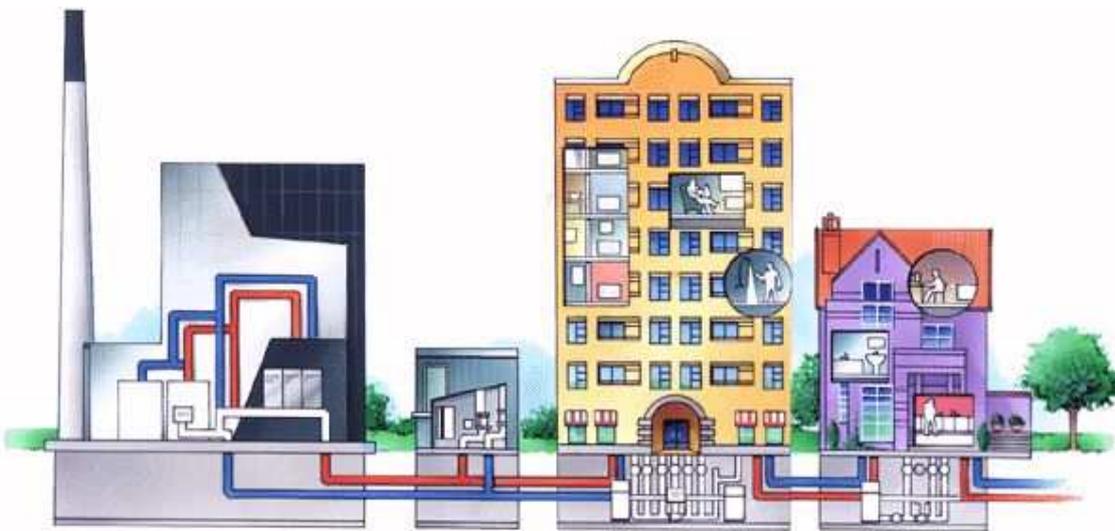


Figura 1. Esquema del sistema de calefacción centralizada

Desde el ICAEN se pretende facilitar la implantación de esta tecnología en Cataluña por su potencial ahorro energético. Este tipo de instalaciones pueden ayudar a conseguir los objetivos de la revisión del Plan de la energía de Cataluña 2006-2015.

Las bases de la nueva política energética catalana se centran en la urgencia de desarrollar medidas que reduzcan radicalmente nuestra dependencia de los combustibles fósiles y nos conduzcan a un modelo energético sostenible en el período de tiempo más corto posible. Se debe dotar a Cataluña de un *mix* de oferta de energía más coherente con su apuesta por un futuro sostenible y que influya en la demanda energética. El cambio implica un doble objetivo: una economía-sociedad “de baja intensidad energética” en la vertiente de la demanda, y de

<sup>1</sup> DH/DHC (District Heating/District Heating&Cooling): acrónimo utilizado en el documento para hacer referencia a los sistemas centralizados basados en redes de distrito para distribuir calor y/o frío.

baja "emisión de carbono" en la vertiente de la oferta.

Las redes de distrito, por un lado, mejoran la eficiencia energética del sector servicios y edificación al ofrecer sistemas de climatización más eficientes y, de este modo, consiguen que se reduzca la intensidad energética de la demanda. Por otro lado, permiten que aumente el uso de las energías renovables y la generación energética más eficientes, y se reduce, así, la emisión de carbono de la oferta energética del territorio.

A pesar de los beneficios de las redes de distrito, su implantación en España es todavía incipiente si se compara con otros países que, incluso, tengan la misma climatología. La realización de esta guía tiene como objetivo:

- Difundir los conceptos técnicos básicos y los beneficios de esta tecnología a los posibles promotores y usuarios de las redes de distrito.
- Definir los requisitos básicos de viabilidad e idoneidad para poder detectar rápidamente los posibles beneficiarios de esta tecnología.
- Permitir la evaluación y comprensión de estudios previos de viabilidad técnica y económica de proyectos para decidir la continuación o no del proceso iniciado.
- Dar ejemplos, información y referencia de experiencias sobre proyectos realizados.
- Dar respuesta a las dudas de los promotores y ayudar a tomar decisiones a quienes estén interesados en promover una red de distribución centralizada de calor y/o frío.

Esta guía puede ser útil para los distintos actores implicados en este tipo de proyectos y aporta, en cada caso, una información básica para entender los conceptos de funcionamiento y las distintas tipologías y tecnologías disponibles. Se presentan los beneficios, tanto energéticos como sociales y económicos, que plantea esta tecnología y las condiciones ideales para conseguirlos. También ofrece unas nociones generales sobre los pasos que deben seguirse para la ejecución del proyecto, que se profundizan en la segunda parte de la guía. Finalmente, se presentan las barreras detectadas en Cataluña, así como las propuestas para superarlas.

Los principales actores implicados en un proyecto de este tipo son: la Administración local, las empresas gestoras de estas instalaciones (normalmente, empresas de servicios energéticos, ESE), los industriales de los equipos de generación de energía, así como los suministradores, los promotores inmobiliarios y los clientes finales.

Los **ayuntamientos o entidades rectoras municipales** tienen una posición muy importante e influyente en estas instalaciones ya que llevan a cabo la planificación del territorio. Además, las administraciones pueden agilizar trámites administrativos concediendo o denegando los planos; las administraciones pueden intervenir activamente y estar implicadas en los proyectos contribuyendo también económicamente a que se desarrollen.

El modelo actual de DH/DHC en nuestro país se basa en empresas mixtas, con entidades públicas y privadas. Un papel muy importante lo juegan **otras entidades públicas** encargadas de promover las tecnologías energéticamente eficientes, como las agencias, las asociaciones y los institutos de energía. Este papel es importante a la hora de facilitar recursos como las subvenciones y la inclusión de los sistemas DH/DHC en los planes energéticos autonómicos o municipales.

La financiación y gestión de las instalaciones de sistemas DH/DHC es un factor crucial para garantizar la viabilidad del proyecto. La sociedad mixta deberá conseguir las fuentes de financiación necesarias para el desarrollo del proyecto. De la gestión de las instalaciones se encargan las **empresas de servicios energéticos**, unas entidades que aportan el conocimiento para crear las instalaciones, los estudios y la gestión posterior de todos los recursos necesarios para el funcionamiento y comercialización de los productos resultantes de las instalaciones (energía térmica, eléctrica si el DHC incluye cogeneración, suministro de combustible para su funcionamiento, mantenimiento de las instalaciones, etc.).

Por último, el **cliente final** es un actor determinante para la ejecución del proyecto. En caso de estar ante un nuevo plan urbano, el proyecto pasará a ser muy sensible a la cronología de conexión de los nuevos clientes, y las previsiones en el diseño deberán ser lo más realistas posibles. En caso de tratarse de una zona urbanizada y habitada, los usuarios y las entidades locales juegan un papel determinante en el planeamiento, ya que son los que finalmente toman la decisión para la realización final del proyecto. En cualquiera de los casos, el desarrollo de proyectos es sensible a la cronología de las conexiones.

Respecto a la Administración Pública, esta guía puede ser interesante para promover este tipo de proyectos mediante programas de ayuda económica, de formación de técnicos o de promoción de los sistemas. También debe ser un apoyo para los técnicos de entidades públicas que tengan la responsabilidad de licitar o validar proyectos técnicos.

Para empresas del sector energético, ya sean empresas de servicios, suministradores de equipos o ingenierías, se contribuirá a difundir el conocimiento. Es un primer documento para tener una visión genérica de los sistemas (Guía básica) y empezar a introducirse en los requisitos y pasos necesarios para llevar a cabo la ejecución de sistemas (Guía integral). En el caso de las empresas de equipos, el interés recae en el conocimiento de una posible nueva línea de negocio.

Por último, para los clientes actuales o potenciales que ya tengan un servicio de este tipo en la zona donde están ubicados, las guías contribuirán a difundir el conocimiento, a dar garantía sobre la tecnología y a acercar al usuario final a una tecnología que es más propia de climatologías muy frías que de nuestra latitud y que, actualmente, a los usuarios potenciales les resulta, mayoritariamente, desconocida.

## 2. INTRODUCCIÓN

Los sistemas centralizados para la climatización (producción de calor y/o frío), basados en redes de distrito, son básicamente un sistema de tuberías que permite conectar múltiples fuentes energéticas a múltiples puntos de consumo de energía. En todo el mundo, el principal motor del negocio de las redes de distrito es el uso de la energía térmica residual que, si no se aprovechase, se malgastaría. Especialmente, las redes de distrito permiten la utilización eficiente de la energía térmica de las centrales de cogeneración, y muy especialmente, el aprovechamiento de recursos energéticos como: el calor residual de procesos industriales, fuentes naturales geotérmicas, valorización energética de los residuos sólidos urbanos y el aprovechamiento de las fuentes renovables que son más fáciles de integrar en sistemas centralizados, como la biomasa o la energía solar.

La seguridad energética puede aumentar si se utilizan una o más de estas cinco fuentes de energía a través de redes de distrito. La fiabilidad y la flexibilidad del suministro de combustible se mejoran aumentando el uso de combustibles locales, como la biomasa o los residuos. Con las plantas de cogeneración se reduce la demanda de electricidad al suministrar calefacción o refrigeración mediante los sistemas de las redes de distrito y, además, la fiabilidad de la red eléctrica se refuerza al generar la energía más cerca de los centros de población.

La integración de fuentes de calor residual implica que las redes de distrito produzcan unos niveles significativamente inferiores de emisiones con efecto invernadero y otros gases, en comparación con otras opciones. También es mucho más fácil asegurarse de que los objetivos de emisiones se logran con una pequeña cantidad de grandes productores que con una gran cantidad de pequeños productores. Incluso, si una central suministradora de una red de distrito utiliza el mismo combustible que pequeñas calderas descentralizadas, la calidad del aire del entorno continúa siendo mejor. Eso es así puesto que las características propias de estas centrales permiten, aprovechando las economías de escala, el uso de equipos industriales o semi industriales con una tecnología mejor para controlar la contaminación.

Para que un sistema centralizado sea económicamente competitivo y ofrezca ventajas medioambientales, debe utilizar alguna fuente de energía residual de procesos industriales o generación de electricidad, o bien una fuente de energía renovable, y, a su vez, disponer de tecnologías de alta eficiencia energética como, por ejemplo, la cogeneración.

El planteamiento de un sistema de redes de distrito se lleva a cabo de manera que beneficie a todas las partes implicadas. Desde el usuario que consume la energía que procede de la central para su sistema de climatización, hasta la empresa que comercializa la energía.

Un sistema de estas dimensiones produce una actividad económica elevada si se tiene en cuenta la ocupación que genera durante su proceso de construcción y durante su tiempo de vida debido al mantenimiento, la supervisión del funcionamiento mediante monitorización, así como para gestionarla, desde el suministro de materia prima para generar energía hasta el control de la facturación de la energía vendida.

Un proyecto de DH/DHC engloba varias fases. Actualmente, la fase más importante para el desarrollo es la fase de planeamiento de la instalación debido a la complejidad legal, social —especialmente en áreas urbanizadas— y a su magnitud.

Desde el punto de vista de los propietarios o gestores de edificios, las redes de distrito modernas ofrecen beneficios económicos y técnicos. Reducen los gastos de funcionamiento y mantenimiento relacionados con las calderas y las máquinas enfriadoras en cada edificio, al mismo tiempo que el productor de la red de distrito puede ofrecer al consumidor servicios energéticos más eficientes.

Las redes de distrito también facilitan la competencia entre las distintas fuentes de calor y combustibles y, por este motivo, pueden convertirse en un elemento importante en un mercado energético liberalizado. Ofrecen una nueva oportunidad de negocio para las empresas operadoras del sistema y de servicio.

Las redes de distrito facilitan la provisión de todo un conjunto de servicios energéticos eficientes en toda la comunidad. Por eso, las empresas que trabajan con redes de distrito pueden pasar a ser actores importantes en el futuro de los servicios energéticos. Las redes también aportan flexibilidad de combustible para el futuro, las nuevas fuentes renovables y con bajas emisiones de CO<sub>2</sub> pueden integrarse con más facilidad que en instalaciones individuales, ya sean viviendas o edificios, y la red ofrece rápidamente una vía fácil para el suministro a un gran número de consumidores. Cabe recordar que, como se explica en el apartado 8, las redes de distrito pueden reducir el consumo global de energías fósiles más del 50%, y esto es importante en países energéticamente dependientes como el nuestro.



*Figura 2. Tuberías pre-aisladas para una red de distrito*

Así pues, las redes de distrito para la distribución de calor y/o frío son un entramado de tuberías aisladas mediante el cual se distribuye energía térmica desde una central de generación hasta un conjunto de consumidores. Por lo tanto, los elementos principales son:

- La central de generación térmica
- La red de tuberías de distribución
- Las subestaciones de conexión con los consumidores

**Central de generación:** la producción de calor o frío en estos sistemas se realiza de manera centralizada para los distintos consumidores en la central de generación. De esta manera pueden eliminarse los equipos individuales en los puntos de consumo, ya sean viviendas o edificios, al mismo tiempo que es posible disponer de tecnologías con mejor eficiencia energética como la cogeneración, el uso de calor residual o las energías renovables (biomasa, solar, geotermia), equipos más eficientes por factor de escala y gestionados profesionalmente.

**Red de tuberías de distribución:** la red de tuberías que permite la distribución de los fluidos está formada principalmente de tubos aislados para minimizar las pérdidas térmicas. Mediante agua — antiguamente también vapor—, se transporta la energía hasta los usuarios, donde se cede el calor a los puntos de consumo enfriando el fluido, en el caso de las redes de calefacción (o bien se absorbe el calor de los puntos de consumo, es decir, se calienta el fluido, en el caso de redes de refrigeración). La red también dispone de un circuito de retorno a la central. Habitualmente, las tuberías se distribuyen en zanjas subterráneas que siguen el trazado de las calles en zonas urbanas.

**Subestaciones:** la transferencia térmica entre la red de distribución y los consumidores (edificios o viviendas) se realiza a través de una subestación formada por un intercambiador y los elementos que regulan y controlan que el funcionamiento sea el correcto, así como los elementos de medición para facturar las energías.



Figura 3. Esquema de la red de distrito en el que se muestran los elementos principales (central, red y consumidores)

### 3. REVISIÓN HISTÓRICA<sup>2</sup>

El suministro de calor desde una fuente central no es una idea nueva. En tiempos de los romanos, en Pompeya, el agua caliente circulaba por canales abiertos para suministrar calefacción a los edificios y a los baños. En muchos lugares todavía puede verse cómo el agua caliente circulaba de casa en casa por una red de distribución de agua extendida por los sótanos de los edificios. Siglos después, en Chaudes-Aigues Cantal en Auvernia (Francia), el agua caliente se distribuía por conductos de madera que todavía hoy se utilizan.

El año 1877, Birdsill Holly estableció el primer sistema comercial de DH (*district heating* o red de calor) en Estados Unidos de América en Lockport (Nueva York). Como fuente de calor central utilizó una caldera en el sótano de su casa y construyó un anillo con tuberías de vapor, radiadores y líneas de retorno de condensados. Al principio, el sistema tenía 14 clientes y hacia el año 1880 suministraba a varias fábricas y a algunas viviendas nuevas; el sistema de tuberías se extendió hasta alcanzar las tres millas (aproximadamente 4,8 km) de longitud.

<sup>2</sup> La revisión histórica ha sido extraída de la introducción de [BLOOMQUIST, 1987]

El año 1893, el edificio del Ayuntamiento de Hamburgo, Alemania, instaló un sistema de calefacción aprovechando el calor residual de una central eléctrica. Otro ejemplo fue el sistema de DH para los edificios del gobierno de Dresden, promovido con el fin de reducir el riesgo de incendio de las obras de arte de esos edificios.

A principios del siglo xx, en muchas ciudades de Estados Unidos de América (EE. UU.) Se establecieron o extendieron sistemas de redes de distrito. El calor, para muchos de estos sistemas, venía de las centrales eléctricas que había por todo el país, muy próximas a los centros urbanos. El calor se suministraba en forma de vapor residual de las centrales de generación de electricidad. Lo mismo sucedió en Escandinavia y en el resto de Europa. En Dinamarca se construyó el primer sistema de DH en Frederiksberg (a las afueras de Copenhague) en el año 1891. El calor procedía de una central eléctrica y la suministraban a un hospital y a diferentes edificios del gobierno. Así, en el decurso de la primera mitad del siglo xx, el DH progresó en EE. UU. y en menor grado, en Europa donde, en París, la red de CPCU (Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain) se halla en servicio desde 1930 hasta el día de hoy.

Sin embargo, después de la Segunda Guerra Mundial, en EE. UU. y Europa se tomaron direcciones distintas. En EE. UU., el rápido crecimiento urbano y las economías de escala provocaron la instalación de grandes centrales eléctricas a las afueras de las áreas urbanas. El coste de construir una planta de calefacción únicamente para el suministro de DH era demasiado elevado y difícil de rentabilizar, y la competencia con la electricidad, el petróleo y el gas natural más baratos condujeron a las empresas de DH a la ruina. En Europa, y en especial en Escandinavia, puesto que la electricidad y el gas natural no eran tan abundantes como en EE. UU., el DH prosperó al mismo tiempo que se construían centrales de cogeneración para suministrar la demanda creciente de electricidad mediante sistemas que garantizaran un ahorro mayor de combustibles fósiles. Pero en la década de 1970 se produjeron cambios más grandes respecto a las redes DH, tanto en EE. UU. como en Europa. Los recortes de petróleo de principios y finales de la década de 1970 provocaron que países como Suecia y Dinamarca —dependientes de la importación de petróleo en un 90% de sus sistemas de redes de distrito— buscaran alternativas energéticas como la incineración de residuos, el uso de calor residual y las energías renovables. Algunos de estos países iniciaron medidas políticas agresivas favorables a los sistemas DH nuevos y extendidos. La crisis del petróleo de la década de 1970 también favoreció una renovación de intereses hacia el DH en EE. UU. Se empezaron a renovar los antiguos sistemas y algunas regiones de EE. UU. empezaron a investigar las ventajas del sistema de DH para sus regiones.

En las antiguas repúblicas socialistas de Europa también tuvo lugar una extensa proliferación de sistemas de DH. Estos sistemas, pensados inicialmente como un esquema que encajaba con el modelo político y social del momento, están siendo remodelados hoy en día para mejorar su eficiencia energética y continuar prestando servicio. Por lo tanto, la experiencia y el concepto de la tecnología en sí han perdurado en el tiempo, demostrando que cuenta con ventajas.

En el caso de Asia también existen experiencias de DH y DC. Las primeras redes que se construyeron en Japón datan del año 1970, y llegó a haber alrededor de 120 sistemas en funcionamiento a finales de los años noventa. La producción de las redes de DH/DHC es de un 40% en frío, y se mantiene a lo largo de todo el año, ya que la mayor parte de los sistemas dan servicio a edificios de oficinas. En el caso de China, el 50% de las grandes ciudades tienen sistemas de DH. Estos sistemas empezaron a implantarse en los años ochenta y el crecimiento ha sido exponencial. Particularmente, los sistemas DC están hallando una participación importante en el mercado debido al aumento de la demanda, de la existencia de equipos ineficientes y de los frecuentes cortes de suministro eléctrico. También hay sistemas de DH en Corea y de DC en Malasia y Arabia Saudí.

La experiencia con sistemas comerciales de DC (*district cooling* o red de frío) es más reciente y se desarrolló en EE. UU. entre las décadas de 1960 y 1970. También ha proliferado en Suecia y en algunos países asiáticos, sobre todo en Japón. La necesidad de redes de distrito ha estado relacionada con el aumento de las cargas térmicas en los edificios, principalmente del sector terciario, a causa del uso de aparatos electrónicos en oficinas y al aumento del nivel de vida que pide más comodidades. La mayoría de experiencias se han llevado a cabo en áreas con una gran densidad de edificios comerciales o para suministrar la energía a una institución con varios edificios, como un hospital o una universidad.

La calefacción y la refrigeración son responsables de más del 50% de la demanda de energía útil final en la Unión Europea. Según datos del 2003, el calor que se liberó como DH en el conjunto de Europa fue de 1,4 EJ [EUROHC, 2006], sobre un total de energía útil final (incluyendo usos de calor y electricidad) de 18,9 EJ.

En el gráfico adjunto se muestra la contribución del calor de distrito (en rojo y denominado *Red de calor*) por países de la Unión Europea, dentro de la demanda de calor y electricidad total (datos del 2001). Actualmente existen más de 5.000 sistemas de DH suministrando más del 9% de la demanda de energía útil en calor con una facturación anual de 19,5 billones de euros. La penetración en el mercado es muy dispersa según los países, en algunos de los cuales se llega al 70% [DHC, 2009].

En el caso del DC, la contribución en el mercado del aire acondicionado de esta tecnología es de un 2%, que corresponde a 0,01 EJ (3 TWh) de refrigeración.

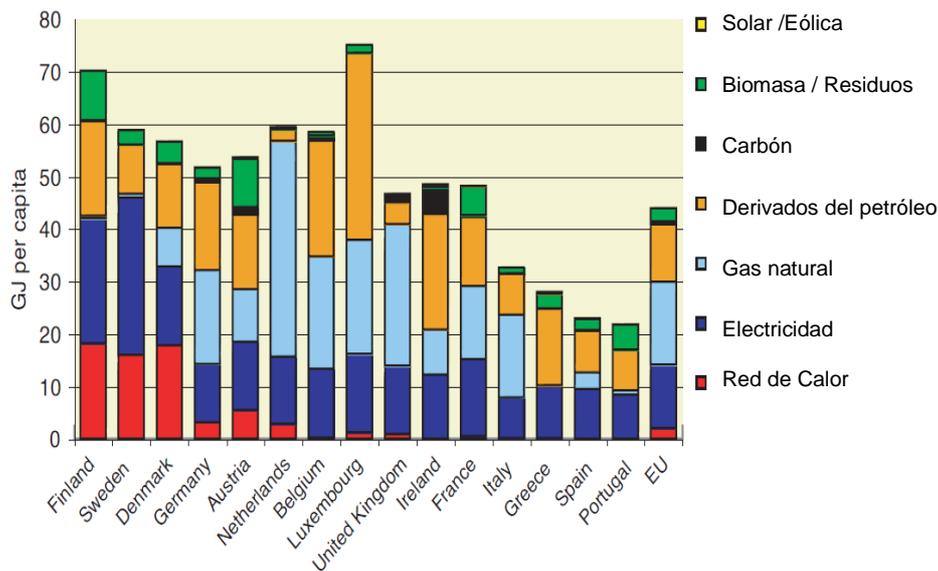


Figura 4. Demanda de energía útil final en distintos países de la Unión Europea en unidades per cápita y según origen.

#### 4. TIPO DE REDES DE DISTRITO

Las redes de distrito pueden clasificarse siguiendo los diferentes criterios que definen sus características.

En primer lugar, hay que pensar que hay un punto que es la central de generación que deberá conectarse con cada uno de los puntos que configuran el consumo. Para llevar a cabo este trazado puede haber diferentes configuraciones, que implicarán distintas estrategias de operación de la red o distintos costes, entre otros factores.

Los parámetros siguientes afectan considerablemente la capacidad y las especificaciones de una red de distribución de DH/DHC:

- Demanda térmica (calor y frío) que debe abastecer el sistema de DH/DC.
- Geometría de la red de distribución, diámetro y diseño de las tuberías, interconexiones y estaciones de bombeo.
- Método de operación de la red, en función del caudal y las temperaturas de impulsión y de retorno.

Por otro lado, los circuitos que configurarán el sistema pueden concebirse de manera diferente en función del sector que abastecerán. En todo el mundo hay redes de distribución de calor para satisfacer las necesidades de calefacción y/o agua caliente sanitaria, ya que este concepto es el que tiene una trayectoria de implantación más antigua. Sin embargo, otras redes ofrecen distribución de frío para satisfacer necesidades de acondicionamiento de aire. En ambos casos, la tipología del trazado es de dos tubos, uno de ida y uno de retorno.

Actualmente, debido al crecimiento de la demanda de aire acondicionado por razones climáticas o de concepción de los edificios, la tendencia en el crecimiento del mercado de redes de distrito es hacia la implantación de sistemas que ofrezcan calor y frío. En este caso, lo más habitual son los sistemas de cuatro tubos.

**Crecimiento  
exponencial de la  
demanda de aire  
acondicionado**

El mercado de aire acondicionado en la Unión Europea el año 2000 podía valorarse en 130-150 TWh<sub>f</sub>, y representaba el 5% del total potencial del sector residencial y el 27% del sector servicios. Se estima que el año 2020 se habrá conseguido una penetración del 40% y 60% respectivamente, y representará una demanda total de 500 TWh<sub>f</sub>. [EUROHC, 2006]

Finalmente, según el sector o uso al que abastecen también pueden observarse características diferentes.

En este capítulo se describen las redes de distrito en función de su clasificación, de acuerdo con los puntos siguientes:

- Según el trazado.
- Según los circuitos.
- Según los sectores abastecidos.

#### **4.1. Según el trazado**

La red de distribución de energía térmica puede configurarse de dos maneras diferentes según el trazado que tenga:

- Trazado ramificado (o en espina de pescado). Cada parcela se conecta a una única central generadora mediante una única vía de suministro. Son redes de trazado simple pero difícil de ampliar y de baja capacidad de respuesta ante una avería.
- Trazado en malla. El consumidor está conectado a la central generadora mediante varias vías alternativas. En caso de tener varias centrales próximas, puede conectarse a más de una. El trazado es complejo y el gasto más elevado, pero la fiabilidad de la red aumenta significativamente. Solo se justifican, sin embargo, en caso de que sea una condición necesaria garantizar el suministro de manera muy estricta o en redes más grandes.
- Trazado en anillo. Consiste en una solución de trazado ramificado en la que el punto final de la red también puede estar conectado con el inicio por cuestiones de seguridad en el suministro. Sería equivalente a una solución mixta de las dos anteriores.



- Sistemas de dos tubos. Una tubería transporta el fluido hasta el consumidor, y vuelve por un segundo tubo hasta la central generadora. Estos sistemas estarán diseñados para un solo uso (calor o frío).
- Sistemas de tres tubos. Una tubería transporta agua fría; la otra, agua caliente; y la tercera sirve de retorno común a las dos anteriores. La ventaja principal de esta configuración es que disminuyen los gastos de inversión de tuberías. Aun así, son sistemas muy poco utilizados porque la eficiencia energética disminuye considerablemente, debido a la mezcla de los fluidos caliente y frío en el retorno. Este hecho junto con la falta de experiencias prácticas desaconsejan el uso de este sistema.
- Sistemas de cuatro tubos. Cuando quieren satisfacerse simultáneamente las demandas de calefacción y refrigeración en cualquier estación del año y se generan ambos tipos de energía en la misma red (DHC), es la opción más habitual. De esta manera hay una tubería de ida y una de vuelta, tanto para el agua fría como para el agua caliente. Es un sistema de elevado coste en tuberías, pero el de más flexibilidad.

Algunas redes de distrito de calor pueden configurarse mediante sistemas especiales de cuatro tuberías, destinadas a transportar por separado el agua utilizada para calefacción de la utilizada para producir agua caliente sanitaria (ACS). Así, se configura una red de calefacción que trabaja a temperatura elevada en invierno (y se desconecta en verano) y otra red para ACS que funciona todo el año a baja temperatura (unos 70 °C).

#### **4.3. Según los sectores abastecidos**

- Residencial y comercial: habitualmente las redes de distrito abastecen viviendas y edificios comerciales o del sector terciario, ya sean equipamientos públicos o edificios privados. Se debe tener en cuenta que las viviendas, si se contratan individualmente, representan una gran cantidad de puntos de consumo y pueden complicar la facturación y la atención al cliente. El suministro a las comunidades de vecinos es una solución utilizada en otros países como, por ejemplo, Francia. En los casos de población dispersa, este factor puede ser un inconveniente para la rentabilidad económica de la red, donde es más interesante la intensidad de consumo por unidad de superficie de suelo, es decir, las áreas urbanas con mucha concentración de población. De todas maneras, hay que tener en cuenta que la curva diaria de consumo de las viviendas es, hasta cierto punto, complementaria de la de los edificios de oficinas.
- Industrial: también hay redes de distrito industriales ubicadas en polígonos. En general, a pesar de que algunas de estas redes son asimilables a redes urbanas y, por lo tanto, se pueden aplicar los criterios que se describen en esta guía, muchas aplicaciones industriales son particulares debido a la variedad de usos de calor y frío en la industria. Una de las diferencias principales respecto a las anteriores son las temperaturas de operación, normalmente más altas, pero también los fluidos caloportadores que pueden ser vapor o CO<sub>2</sub>.

## **5. ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS DE LAS REDES DE DISTRITO**

### **5.1. Central de generación**

Las centrales de generación de energía se diseñan para abastecer el total de la demanda de calefacción, de refrigeración y de agua caliente sanitaria.

El tipo de central depende de varios factores tales como el combustible que se utiliza, la tecnología y la ubicación escogida. El caso ideal, dentro de las zonas urbanas, es aprovechar la energía térmica residual de centrales que ya funcionen o crear centrales nuevas en las que se pueda aprovechar la energía térmica residual de la producción de electricidad o en las que haya combustible residual. De todas formas, la tendencia actual es que las centrales de generación eléctrica no estén dentro del centro urbano.

Para generar energía térmica en forma de calor, pueden utilizarse desde calderas hasta equipos de cogeneración, tanto si son motores como si son turbinas. Cada una de las tecnologías puede combinarse con las diversas fuentes energéticas disponibles y dan como resultado un grado de emisiones más o menos elevado —hay más emisiones si el combustible es fósil y menos si se utiliza biomasa, energías renovables o calor residual—.



*Figura 7. Sala de calderas centralizada. Imagen cedida por Buderus*

Independientemente del tipo de central de generación que se utilice, existe la posibilidad de integrar energía solar al circuito. La solución más extendida es que la producción de la energía solar térmica sea consumida en el mismo edificio sin exportarla a la red. La manera de adaptarla dependerá de la configuración del sistema global, en el que las temperaturas de trabajo de la red de calor juegan un papel muy importante.

Para generar energía térmica en forma de frío, lo más común es la refrigeradora por compresión que se alimenta mediante energía eléctrica. Existe la posibilidad de utilizar sistemas por absorción y adsorción alimentados por fuentes de calor. La integración de esta tecnología es adecuada en sistemas en los que la generación de calor se produce mediante una fuente residual como las incineradoras, los calores residuales o, incluso, las cogeneraciones. En cualquier caso, estos sistemas necesitan el apoyo de sistemas de refrigeración por compresión.

En la Guía 2 de desarrollo de proyectos se detallan las características técnicas y económicas de cada tipo de central de generación de energía en función del combustible utilizado.

## **5.2. Red de distribución**

### **5.2.1. Tuberías**

Los conductos de las redes de DH/DC están formados por dos tuberías, una de impulsión y una de retorno. La extensión del sistema y el número de ramificaciones dependen de la situación de la planta de producción de energía, del número y distribución de los usuarios, de las pérdidas de energía en la red. Una distribución de la red inadecuada puede llegar a comprometer la rentabilidad económica del proyecto.

Una característica importante de las tuberías es el aislamiento ya que deben reducirse al máximo posible las pérdidas de calor por distribución. Normalmente se utilizan tuberías preaisladas que evitan problemas en la instalación defectuosa del aislante.

La red de tuberías de un sistema de DH/DC puede dividirse en tres grupos:

- Red troncal: conduce el calor (o el frío) desde grandes centrales de DH/DC hasta las redes locales de distribución.
- Ramales: conducen el calor (o el frío) desde la red troncal, o bien desde una pequeña central hasta las tuberías de servicio. Las tuberías principales suelen seguir la dirección de las calles o carreteras.
- Acometidas o ramales de servicio a clientes: se refieren a las tuberías de interconexión desde la red de distribución hasta cada edificio o subestación.

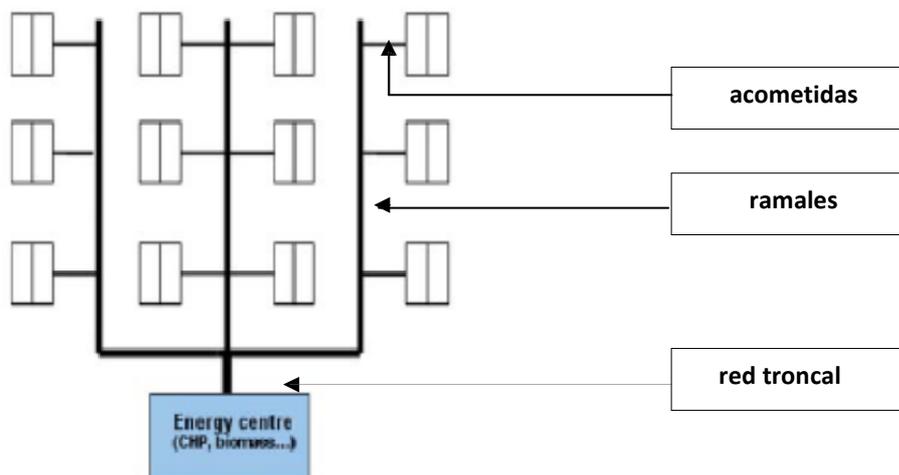


Figura 8. Distribución de los grupos de tuberías en una red de DH/DHC.

Las redes de distribución de DH/DC deben incluir los elementos siguientes en las tuberías de distribución del calor y el frío (impulsión y retorno):

- Accesorios de las tuberías (codos, T, etc.). Estos elementos dependen del trazado de la red, que debe procurarse sea el más simple posible.
- Detentores, válvula de regulación y *bypass*. La función de los detentores es la de aislar cualquier elemento añadido a la instalación. Si bien sería interesante un detentor en cada ramificación, el sobrecoste que esto implica conlleva valorar el interés o utilidad del aislamiento de un sector de red en un momento determinado. Todas las subestaciones incorporarán detentores y elementos intermedios en la instalación. Las válvulas de regulación están en los puntos requeridos, como en las subestaciones o en las entradas de edificios conectados a la red. Todos los elementos deberán resistir la presión y la temperatura de diseño de la red, y se dimensionarán de manera que la caída de presión producida por el elemento sea la adecuada de acuerdo con los condicionantes del proyecto.
- Aireadores y drenajes. Puesto que se trata de un circuito cerrado, deberá disponer de elementos de aireamiento y purga para extraer todo el aire. También se dispondrá de elementos de vaciado y filtraje.

- Bridas y fijaciones. Las tuberías deberán estar fijadas en función de sus posiciones, en caso de disponerlas en conductos o galerías.
- Compensadores. Las tuberías de grandes dimensiones, de redes de transmisión, generalmente son de acero preaislado con espuma de poliuretano. Para redes de DH a temperaturas bajas (70 °C) pueden ser de polietilén o reticulado preaislado. Las variaciones de temperatura provocan la expansión-contracción de las tuberías y pueden generar tensiones radiales y longitudinales. Para absorber las tensiones, hay que colocar compensadores (elementos que se deforman con las variaciones de temperatura) o codos en forma de U, L o Z.



*Figura 9. Ejemplo de sistema de respiración*

- Detección de fugas: Se debe disponer de sistemas capaces de detectar posibles fugas de agua tanto en las tuberías hacia el exterior, debido a un defecto en las mismas, como desde el terreno hasta las tuberías por fisuras o problemas en la protección.

Una fuga desde el terreno hacia las tuberías provoca un defecto de aislamiento ya que, en caso de que este se moje o coja humedad, disminuye la capacidad de aislamiento. El sistema de detección consiste en conductores eléctricos incrustados en el aislamiento de la tubería que, en caso de humedad, detectan una diferencia de potencial.



*Figura 10. Ejemplo de sistema de detección*

### **5.2.2. Sistemas de bombeo**

Hay varias maneras de regular el caudal que circula por una red de tuberías, y la elección de un sistema u otro depende de muchos factores, como por ejemplo: el tipo de caudales con los que se pretende trabajar, el coste de la instalación, la eficiencia, la rapidez de maniobra o el mantenimiento, entre otros. Los sistemas para regular el caudal pueden ser válvulas de estrangulamiento, *bypass* en el grupo de bombeo o bombas de velocidad variable.

Este último método es el más caro de implantar, pero también el más eficiente energética y económicamente. Estos sistemas trabajan a una temperatura de impulsión fija y varían el caudal en función de la temperatura de retorno de la red.



*Figura 11. Estación de bombeo del sistema DHC Tub Verd de Mataró (foto superior) y Districlima en Barcelona (foto inferior)*

Los grupos de bombeo pueden configurarse de diferentes maneras:

- Bombeo centralizado. Un grupo de bombeo impulsa el fluido por toda la red: centrales generadoras, tuberías principales y tuberías de distribución.
- Bombeo primario-secundario estándar. Es un sistema eficiente: las bombas primarias impulsan el fluido por las centrales generadoras y las secundarias por la red de distribución.
- Bombeo primario-secundario-terciario estándar. Basado en el sistema anterior, se añaden bombas para cada circuito de distribución. Con eso y un correcto dimensionado de los grupos de bombeo se evitan problemas de sobrecargas en algunos puntos del circuito, típicos de las configuraciones anteriores.
- Bombeo distribuido. Con esta configuración, cada central generadora y cada edificio consumidor dispone de su grupo de bombeo. Así se evitan interacciones entre las presiones de los diferentes grupos. Además, es un sistema más económico que el anterior y adecuado para las redes de gran extensión.

### 5.3. Acometidas y subestaciones de clientes

La acometida a los clientes y la subestación consisten en la unión del sistema de distribución de la energía, la red, con los consumidores (edificios o instalaciones). Las acometidas son las tuberías de conexión entre la red y la subestación del cliente, generalmente entran al edificio del cliente por debajo del nivel de la calle. Las subestaciones adecuan la presión y la temperatura de la red de distribución a las condiciones necesarias para el consumo del edificio, y garantizan los saltos de temperatura necesarios para una buena eficiencia del sistema.

Las subestaciones consisten en un equipo de regulación y control, un equipo de recuento y, en función del tipo de subestación, también se dispone de equipos de intercambio o de almacenaje.

Existen principalmente dos tipos de subestaciones, las de conexión directa, con las que no hay una diferenciación entre el circuito de la red y el circuito del usuario, y las subestaciones de conexión indirecta, en las que se separa la red de la instalación interior, donde generalmente la separación se realiza mediante un intercambiador de calor. Debe presuponerse que el sistema de agua caliente sanitaria del usuario siempre será un circuito independiente de la red, puesto que debe cumplir unas condiciones higiénicas especiales.



Figura 12. Ejemplo de subestaciones en la central Fòrum-22 @-PERI III Barcelona (izquierda) y "La Granja" en Molins de Rei (derecha)

La subestación de ACS puede consistir, en función del servicio, en intercambiadores de calor entre el sistema interior y el de la red, y en interacumuladores, sistema que se utiliza preferiblemente para grandes consumos con picos de consumo elevados como pueden ser, por ejemplo, los hoteles.

Todas las acometidas a los clientes deben disponer de contadores de energía térmica. Las características y el diseño que tienen se detallan en la segunda parte de la guía.

## 6. FUENTES ENERGÉTICAS

Las diferentes fuentes energéticas de las que se dispone pueden diferenciarse en primera instancia en función de si son o no renovables, y de si son reutilizables o residuales.

Como fuentes energéticas convencionales tenemos el gas natural que, dentro de esta clasificación, es lo que produce menos emisiones contaminantes. El resto de combustibles, también considerados como fósiles, propano, butano, gasoil y carbón, poseen unas características que hacen que no se los tenga en cuenta para producir energía para sistemas de DH/DHC: las razones son la dificultad para transportarlos y acumularlos y las altas emisiones contaminantes que emiten.

También se utiliza la electricidad en sistemas de frío con enfriadoras por compresión.

Como fuentes energéticas renovables distinguimos entre las que son totalmente renovables como la energía solar, que se considera para la integración adicional dentro de los circuitos de DHC, y la biomasa. Esta puede considerarse de varias maneras: biomasa de origen forestal y/o procedente de residuos de la industria de la madera como combustible principal para la central, biogás, como combustible residual aprovechado de una EDAR, un vertedero o una central de tratamiento de residuos tanto urbanos como agrícolas y ganaderos.

El aprovechamiento de la energía geotérmica de manera directa (siempre que se disponga de una fuente adecuada) o mediante bombas de calor, es una aplicación con una eficiencia energética elevada. Además, la centralización de los sistemas permite disponer de equipos de más potencia que en los casos individualizados y que ofrecen mejores rendimientos.

Pueden considerarse fuentes energéticas renovables las residuales que provienen de instalaciones de valorización térmica de residuos, centrales térmicas de generación eléctrica, o de procesos industriales en los que el calor residual tenga un contenido energético alto.

La diferenciación y características técnicas y de emisiones de cada una de las diferentes fuentes energéticas se detallan en la segunda parte de la guía.





Figura 13. Central de biomasa de Sant Pere de Torelló. Almacén de combustible y quemador de la caldera

## 7. BENEFICIOS DE LAS REDES DE DISTRITO

Los sistemas centralizados de climatización implican toda una serie de actores que pueden tener interés en esta opción energética para un barrio o un área urbanística determinada, y para los cuales esta guía pretende ser una herramienta de consulta que facilite la concepción de los sistemas y la toma de decisiones respecto a la idoneidad de aplicarlos.



Figura 14. Esquema sobre los actores implicados en los sistemas de climatización centralizados con redes de distrito

### **7.1. Beneficios para las empresas explotadoras**

Las empresas de servicios energéticos o ESE y las compañías distribuidoras de electricidad o combustibles fósiles son uno de los principales actores en el negocio de explotación de los sistemas de redes de distrito. Pueden intervenir en el proyecto en todas las fases: concebirlos, diseñarlos, invertir en ellos y explotarlos.

La implantación de las centrales energéticas y las redes con todos sus elementos abren un abanico de posibilidades a empresas existentes del mercado de equipos energéticos (calderas, equipos de cogeneración, equipos de refrigeración, tuberías pre-aisladas, equipos de control, etc.).

Finalmente, en un escenario en el que se haya llegado a un mercado maduro de sistemas de DH/DHC podrá haber redes de distrito con áreas de servicio contiguo, con posibilidades de que se intercambien calor, incluyendo las centrales de generación de energía o procesos industriales, y este puede ser un producto más de compraventa entre diferentes empresas explotadoras de sistemas de redes de distrito.

Las ventajas que pueden hallar las empresas en la explotación de un negocio basado en las redes de distrito son básicamente las siguientes:

- Es un negocio emergente en este país con un elevado potencial de mercado que debe recibir el apoyo de las políticas tanto locales y nacionales, como internacionales.
- Aporta un valor añadido a las viviendas y edificios comerciales de las zonas afectadas y dan un sello de calidad medioambiental.
- Tiene una perspectiva de viabilidad a largo plazo para las empresas explotadoras.
- Para empresas tradicionales del sector de la calefacción o del sector eléctrico es un canal para diversificar los servicios que ofrecen.

### **7.2. Beneficios para los promotores inmobiliarios**

Desde el punto de vista de los promotores urbanísticos, el concepto de redes de distrito interviene en sus actividades puesto que pueden concebirse como un equipamiento más que debe tenerse en cuenta en la urbanización de calles.

Las ventajas para los promotores inmobiliarios de los edificios que se conecten a una red pueden resumirse en:

- Economías de construcción: ahorro en instalaciones interiores de los edificios ya que no hace falta tener máquinas de producción.
- Más espacio útil comercializable puesto que las dimensiones de la sala técnica son mucho más reducidas.
- Mejor estética de los edificios ya que no se incluyen ni torres de refrigeración ni chimeneas.
- Edificio con más valor añadido, puede conseguir una mejor calificación energética.

### **7.3. Beneficios para los usuarios**

Los usuarios se benefician, respecto al uso de sistemas individuales, con la conexión de sus edificios/viviendas a los sistemas de climatización centralizado, por los motivos siguientes:

- Ahorro del espacio dedicado a los aparatos de generación de calefacción y refrigeración; la reducción del espacio utilizado para la instalación puede llegar a un 90% en cada edificio.

- Acceso a una fuente de energía de coste económico competitivo.
- Reducción de la inversión en aparatos, mantenimiento y renovación.
- Externalización de la gestión. En general, una gestión unificada permite optimizar los procesos.
- Reducción del personal de mantenimiento.
- Reducción de la gestión.
- Más seguridad de abastecimiento.
- Reducción del nivel de vibraciones y de ruidos.
- Eliminación de riesgos sanitarios (legionelosis).
- La red puede adaptarse más rápidamente a nueva normativa o tecnología eficiente.

#### **7.4. Beneficios para la Administración pública**

En el ámbito de la Administración pública, estos sistemas intervienen en diferentes fases. Por un lado, están los técnicos municipales u otros entes públicos (Diputación o Generalitat) que evalúan la viabilidad y adecuación de los proyectos con las reglamentaciones locales. Por otro, actúan los que toman las decisiones políticas en ámbitos de estrategia global, que afectan el planeamiento o determinación de dotaciones económicas a determinadas actuaciones.

En cuanto a la difusión y promoción de esta tecnología, las agencias locales de energía deben tener un papel relevante, a pesar de que las acciones deben emprenderse a todos los niveles: municipal, provincial, autonómico y estatal.

La Administración pública ve unas ventajas globales en estos sistemas:

- Mejora de la “marca de ciudad”.
- Aumento de la calidad y el valor del espacio urbano.
- Aparatos eficientes que reducen el impacto ambiental y el consumo del recurso energético.
- Gestión y mantenimiento centralizados que reducen el riesgo sanitario (legionelosis) y control de emisiones y, en general, control de impacto ambiental más eficiente.
- Posibilidad de uso de energías renovables y residuales y locales que, de otro modo, se malgastarían.
- Posibilidad de combinar la generación térmica con la eléctrica (cogeneración, trigeneración) para fomentar la eficiencia y la economía del sistema.
- Posibilidad de uso de refrigerantes no contaminantes (en caso de suministrar frío).
- Mejora del paisaje urbano, por eliminación de condensadores en fachadas, torres de refrigeración, etc.
- Reducción del efecto de isla térmica urbana. Se entiende por *isla térmica urbana* el aumento de temperatura dentro de los espacios urbanos asociados a varios factores, como falta de espacios verdes, modificación de las corrientes de aire por la forma de los edificios, calor radiante del asfalto y de las emisiones de los vehículos y, en particular, del calor disipado por los aparatos de aire acondicionado.
- Tratamiento más eficiente del ruido y de la seguridad en las centrales generadoras.
- Reducción de los gastos globales (energía, mantenimiento e inversión).
- Menor dependencia energética.
- Creación de puestos de trabajo.
- Reducción de problemas de potencia eléctrica. La creciente demanda de electricidad y en particular de aire acondicionado provoca que las empresas energéticas tengan que hacer elevadas inversiones para reforzar el tejido eléctrico. La diversificación hacia modelos de

producción descentralizados, de generación distribuida, contribuirá a reducir los gastos de las empresas del sector eléctrico.

### Incremento de la demanda de electricidad

El aumento de la demanda de electricidad en la Unión Europea en las dos últimas décadas ha sido del 50%. Fuente: [EUROHC, 2006]

La electricidad necesaria para operar todos los equipos de refrigeración que hay en el mundo representa entre el 10% y el 20% del consumo total de electricidad. Fuente: [LUCAS, 1998]

## 8. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE DISTRITO

Las redes de distrito son una alternativa energéticamente eficiente para contribuir a la reducción global de emisiones de CO<sub>2</sub>. Si se analiza el sistema energético global, a partir de los datos de estadísticas energéticas, se podrá detectar que las redes de distrito ofrecen una gran oportunidad de aprovechamiento de calor residual, sin embargo, por otro lado, la concepción centralizada de estos sistemas permite implantar mejor las tecnologías que supondrán un ahorro energético relevante, como son:

- Cogeneración.
- Calor residual de valorización de residuos sólidos urbanos o de procesos industriales.
- Aprovechamiento de fuentes renovables: biomasa, geotermia o solar.

En este apartado, se profundiza en cuál es el ahorro energético asociado a los sistemas de redes de distrito según distintos puntos de vista del análisis.

### 8.1. Potencial de las redes en la mejora de la eficiencia energética global

Si se observa el balance energético de los países europeos, según datos del año 2003, se puede observar que el consumo de energía primaria se eleva a 81,1 EJ para abastecer una demanda total de energía útil final de 20 EJ en forma de energía térmica y de 10,4 EJ en forma de electricidad [EUROHC, 2006]. En la Figura se muestran estos resultados<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Los países incluidos en los resultados estadísticos son los de la Unión Europea (incluidas las adhesiones de mayo de 2004), Bulgaria, Croacia, Rumanía, Turquía, Islandia, Noruega y Suiza.

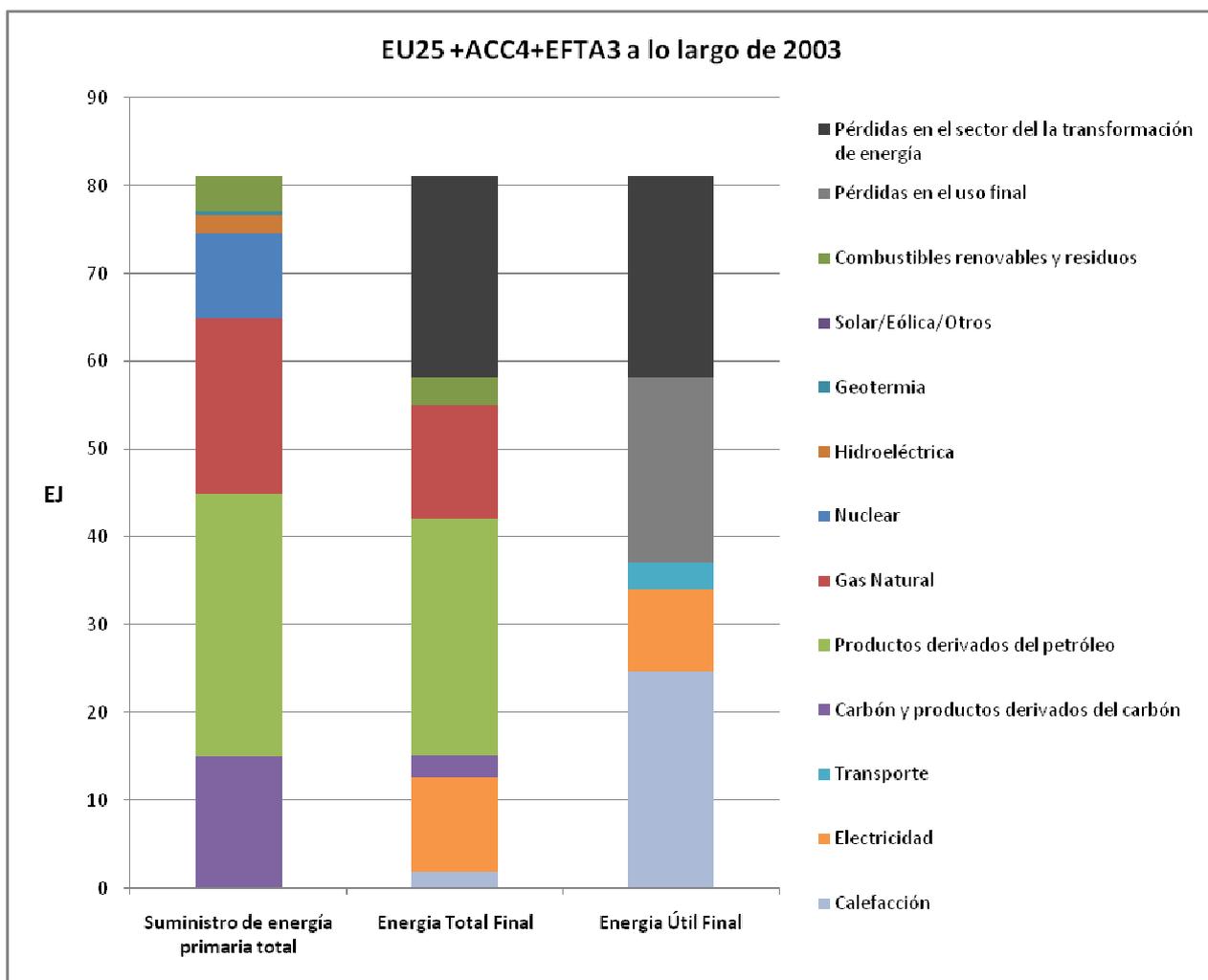


Figura 15. Balance de energía en Europa. 2003

En el gráfico, la segunda barra corresponde a las pérdidas de transformación energética, incluyendo la generación de electricidad, la refinería de petróleo, la generación de calor en centrales de redes de distrito y las pérdidas en transporte de electricidad y calor. No obstante, la fracción más elevada y, por lo tanto, la cantidad más grande en emisiones de CO<sub>2</sub> están asociadas al bajo rendimiento de la generación de electricidad. En total, representa un 29% del valor inicial de energía primaria. Del consumo de energía final (segunda barra, parte gris) 1,9 EJ corresponden al calor suministrado por redes de distrito.

La tercera barra corresponde al valor de energía útil final, y las pérdidas entre la segunda y la tercera barra están asociadas a las pérdidas de calor en procesos industriales, en generación de calor en calderas locales en los sectores difusos u "otros sectores" (residencial, público, servicios, comercial, terciario y agrícola) y en el transporte (conversión energética en los motores de los vehículos). Estas corresponden aproximadamente a un 25% más del valor de energía primaria.

La principal conclusión del análisis de estos valores es que las pérdidas totales en el proceso de transformación energética superan el 50 % del total de energía útil final suministrada. Si Europa quiere afrontar el reto de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, debe incidir en la reducción de esta elevada cantidad de pérdidas energéticas, mejorando la eficiencia de los procesos y garantizando la seguridad en el suministro energético. Los sistemas de redes de distrito tienen un potencial elevado para conseguir este doble objetivo ya que, además de ser más eficientes, pueden aprovechar una gran parte del calor residual:

- El 29% se pierde en la transformación de la energía primaria, principalmente en los procesos de generación de electricidad.
- El 25% perdido entre consumo de energía final y energía útil final de éste, del orden del 40-60%, está asociado a ineficiencias en los procesos de transformación térmica del sector

industrial y de "otros sectores".

Si se observa la Figura se puede ver que, en la distribución del consumo de energía final, más de un 30% corresponde a "otros sectores", que son los posibles usuarios de las redes de distrito. La parte gris es la incursión de las redes de distrito en estos sistemas en el ámbito europeo.

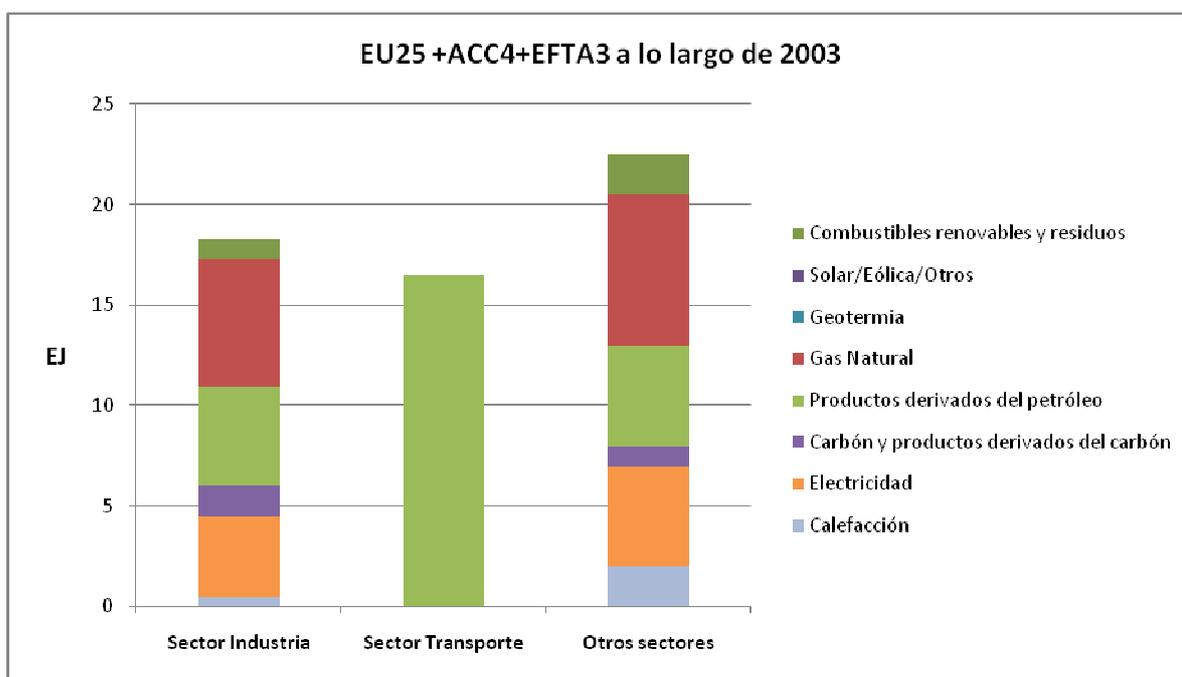


Figura 16. Distribución de la energía útil final por sectores. 2003

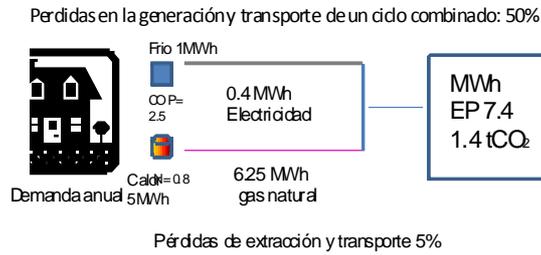
## 8.2. Mejora de eficiencia energética por centralización de instalaciones

El hecho de centralizar las instalaciones energéticas permite que la eficiencia de transformación de los equipos sea superior. A pesar de que existen unas pérdidas de distribución del calor y del frío, el sistema global es más eficiente.

La figura adjunta muestra un ejemplo de una vivienda con una demanda media de energía final. Se plantean cuáles son las pérdidas energéticas en los diferentes procesos de transformación, según si tiene las instalaciones individuales o conectadas a una red de distrito. La situación convencional de la instalación individual sería poner una caldera de gas y un aparato de aire acondicionado eléctrico. Las instalaciones centralizadas comparadas serían de la misma tecnología pero con un rendimiento superior a causa de una dimensión y una capacidad de inversión mayores.

El ahorro en el ejemplo es de un 14%. Considerando la gran cantidad de energía asociada al consumo en los sectores difusos u "otros sectores", el potencial de ahorro de energía primaria total es muy elevado.

### SISTEMA CONVENCIONAL



### SISTEMA DE DISTRITO (DHC)

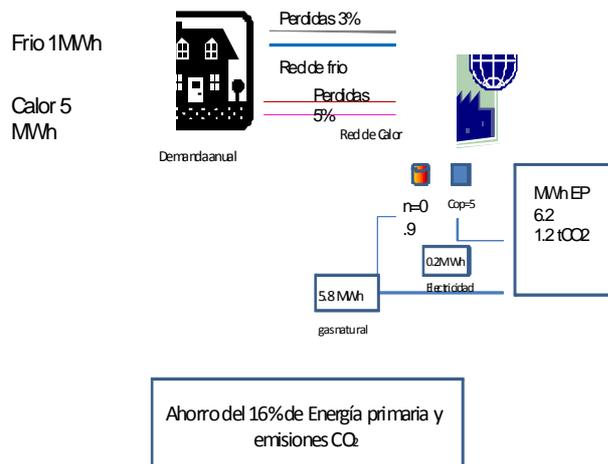


Figura 17. Comparativa entre el suministro de calor y frío a una vivienda según instalaciones individuales o de red de distrito

### 8.3. Mejora de eficiencia energética por uso de la cogeneración

Si además de centralizar la generación con un *district heating* se añaden las ventajas de la cogeneración, se puede llegar a un 25% de ahorro energético.

La eficiencia energética de los sistemas de cogeneración es más elevada que si se produce por separado electricidad y calor, según se ve en la Figura 18. En este ejemplo, para cubrir una determinada cantidad de demanda de electricidad y calor, en el caso de cogeneración, el consumo de energía primaria, ("combustible" en el ejemplo de la figura) se puede ver reducido en un 25%. La eficiencia global de los sistemas de cogeneración puede llegar hasta el 90% [DHCAN] mientras que la del ejemplo es de un 85%.

<p><b>La cogeneración en las redes de distrito</b></p>	<p>La cogeneración es el tipo de fuente de calor más común en las redes de distrito de todo el mundo (46% del total del calor generado en redes de distrito). Algunos ejemplos de estas aplicaciones pueden encontrarse en los DH de Riga, Varsovia, Praga, Copenhague, Mannheim o Cerdanyola.</p> <p>Se puede encontrar más información en <a href="http://www.euroheat.org">www.euroheat.org</a> o <a href="http://www.cogen.org">www.cogen.org</a></p>
--	---

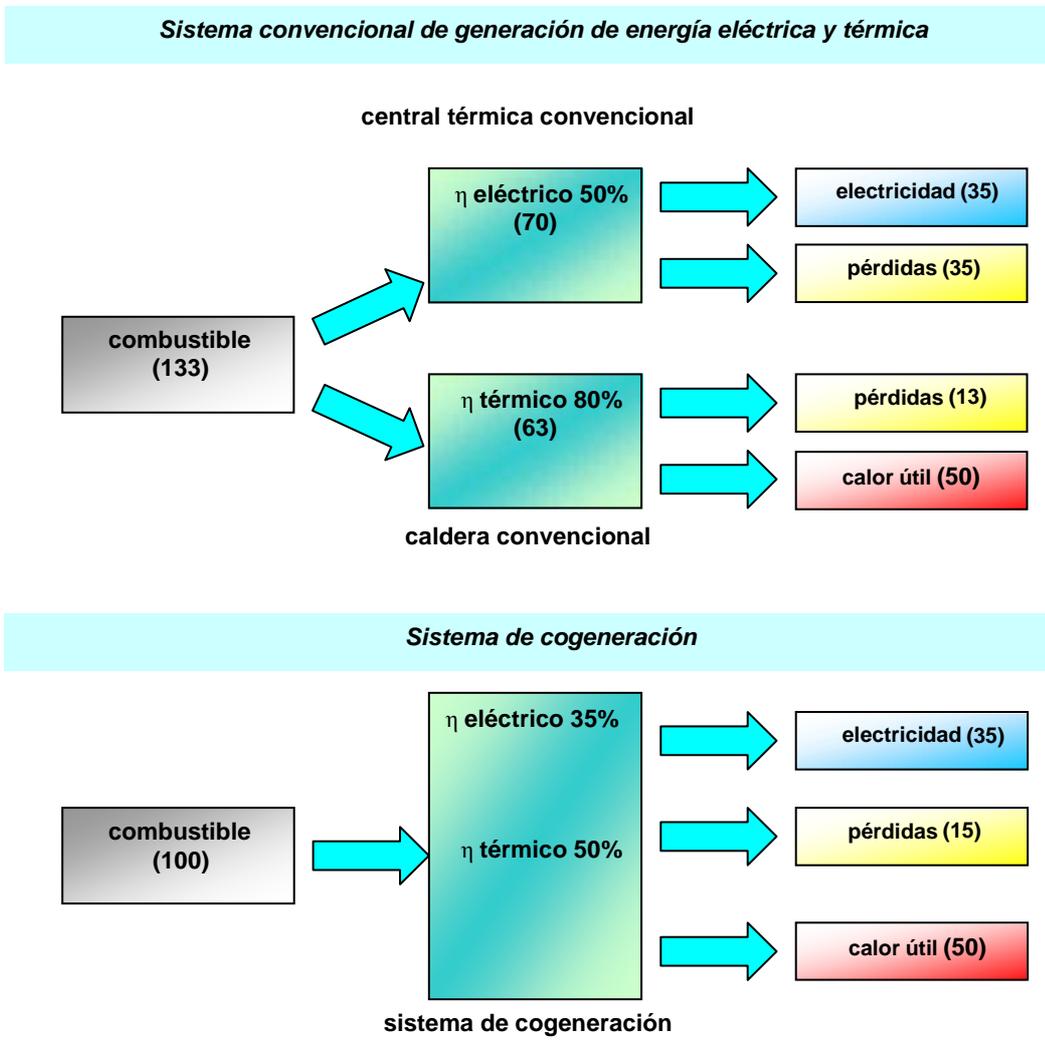


Figura 18. Comparación de la eficiencia energética global entre cogeneración o producción de calor y electricidad separada.

#### 8.4. Aprovechamiento de calor residual de incineración o procesos industriales

El calor residual de las plantas de valorización de residuos se disipa en el ambiente, habitualmente después de un proceso de producción de electricidad. El aprovechamiento de este calor mediante sistemas de redes de distrito representa un 100% de ahorro de energía primaria ya que, de otro modo, se desestimaría. En estos casos, debe tenerse en cuenta la electricidad que dejan de generar estas centrales y el consumo de la red de distrito misma.

##### La valorización de residuos en las redes de distrito

El aprovechamiento del calor de la valorización de residuos es la segunda fuente más utilizada después de la cogeneración. Algunos ejemplos en los que las plantas de incineración se han integrado en las redes de distrito se encuentran en Barcelona, Uppsala (Suecia), Sheffield (RU), Praga y Brno (República Checa), París, Múnich, Copenhague y Budapest.

Lo mismo sucede en muchos procesos industriales en los que, tras el proceso productivo, se genera calor a una temperatura que ya no es útil para el proceso, pero que puede aprovecharse para producir calefacción, refrigeración o agua caliente sanitaria.

Un factor crucial es la temperatura a la que se realiza el proceso industrial: cuanto más alta sea la temperatura del calor residual, más calidad tiene la energía disponible y más potencial existe de recuperar el calor.

##### Ejemplos de aprovechamiento de calor industrial

- Papelera: Varberg (Suecia)
- Metalurgia: Vänernborg (Suecia)
- Refinería de petróleo: Göteborg (Suecia); Pzock (Polonia)
- Química: Puzawy (Polonia)

En la figura adjunta se muestra un ejemplo de ahorro energético: el sistema de red de distrito del Fòrum-22@ de Barcelona. En este caso, el calor proviene de una planta de incineración de residuos sólidos urbanos.

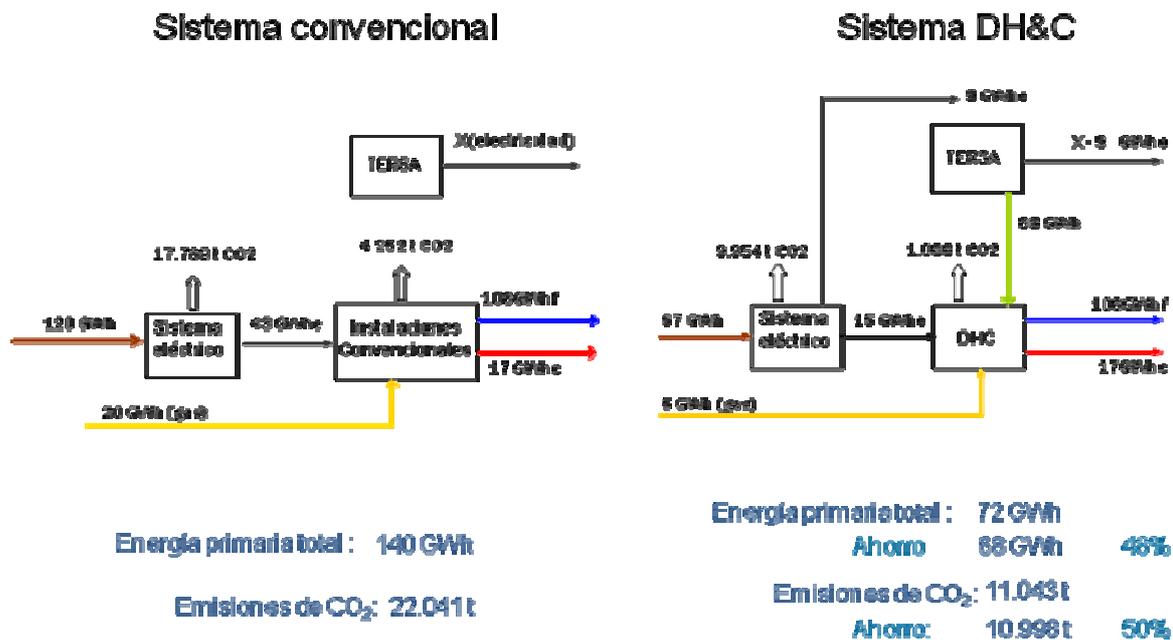


Figura 19. Ahorro de emisiones y de energía primaria de la red de distrito del Fòrum-22@ de Barcelona. Esquema cedido por DISTRICLIMA

### 8.5. Aprovechamiento de fuentes renovables

Como en el caso del aprovechamiento de calores residuales, las energías renovables tienen un impacto nulo en el cómputo de emisiones de CO<sub>2</sub>. Sólo hay que considerar en cada caso los autoconsumos eléctricos para operar las centrales energéticas o bien para transportar los fluidos. Según la tecnología, este valor podrá variar entre un 5% y un 15% de la potencia instalada.

Otra ventaja de las energías renovables, así como del calor residual, es la disponibilidad local de la fuente energética. Por lo tanto, se reduce también el impacto energético asociado al transporte de combustibles y de electricidad.

#### Ejemplos de aprovechamiento de energías renovables

- Geotermia: Ferrara, Pomarance y Monterotondo (Italia), Southampton (RU), Reikiavik (Islandia), Lund (Suecia).
- Solar: Marstal (Dinamarca), Neckarsulm (Alemania)
- Biomasa: Sant Pere de Torelló (Cataluña), Molins de Rei (Cataluña), Cuéllar (España)
- Biogás: Tub verd de Mataró (Cataluña)

## 8.6. Aprovechamiento de agua de mar o de río

En caso de que la red, y su central de producción, estén emplazados cerca de un río importante o del mar, puede considerarse la utilización de esta agua para refrigerar las máquinas enfriadoras. A continuación se resumen las ventajas principales:

- Mejor eficiencia anual. La temperatura inferior de los mares y de los ríos permite mejorar el rendimiento medio anual de producción de frío, especialmente si las máquinas disponen de variador de velocidad.
- No hay consumo neto de agua ya que esta se devuelve al medio de origen. Si en invierno la temperatura del agua es suficientemente baja, puede utilizarse para enfriar el agua de la red, sin consumir agua en las máquinas.
- Se elimina el riesgo de legionelosis al no haber torres de refrigeración.
- Si la temperatura del agua utilizada es suficientemente baja, se puede obtener enfriamiento gratuito (*free-cooling*) de la red de frío.

Existen instalaciones de este tipo en Barcelona, con agua de mar (Districlima); en Zaragoza, con agua de río (Districlima Zaragoza); en Mataró, con agua freática (Tub verd de Mataró); en Helsinki, con agua de mar (Katri-Vala); y en Toronto, con agua de lago (Cornell University). Estas dos últimas disponen de enfriamiento gratuito de la red de frío.

## 8.7. CONDICIONES ÓPTIMAS PARA LAS REDES DE DISTRITO

### 8.7.1. Condiciones económicas

- Necesidad de inversión

Los proyectos de red de distrito, en su fase inicial, son muy intensivos en capital y presentan retornos de inversión a largo plazo. Las inversiones específicas son más elevadas que las de otros equipamientos de servicios. A título de ejemplo:

- Red urbana de distribución de gas natural en zanja  $\approx 100$  €/m
- Red urbana de distribución de calor y frío en zanja DN400/200  $\approx 3.500$  €/m
- Necesidades de financiación

Es habitual que los edificios a los que se les dará servicio se conecten a la red gradualmente, es decir, el número de clientes en una misma zona irá aumentando con el paso del tiempo. Para poder dar servicio a los primeros clientes, la sociedad explotadora deberá realizar, como mínimo, la inversión de una central de producción y un tramo de red. Esta situación podría derivar en unas elevadas tensiones financieras de la sociedad explotadora que hagan el proyecto menos interesante o inviable. La entidad promotora de la red deberá hallar soluciones para que estos proyectos sean más atractivos.

- Necesidades de esquemas de gestión profesional tipo ESE

El objetivo de las empresas de servicios energéticos, también conocidas como ESE, es proveer servicios energéticos, incluyendo soluciones de eficiencia, ahorro de energía y el uso de tecnologías sostenibles [CE299]. Es por eso por lo que garantizan una gestión energéticamente eficiente de la red.

En el modelo de negocio de las redes de distrito, las ESE pueden asumir el diseño, la construcción y/o la operación y explotación del sistema. Las ESE pueden contribuir, total o parcialmente, a la inversión de la red. El resto de inversión la hará la Administración o bien los usuarios (por ejemplo, en forma de derechos de conexión).

Por otro lado, las ESE aportan una gestión profesionalizada de todo el sistema, desde la gestión de la facturación hasta la operación de las centrales de producción y la red, las subestaciones, el mantenimiento, etc.

### 8.7.2. Condiciones técnicas

- Nueva urbanización
- Esponjamiento de los barrios (concentración/dispersión demandas)

La densidad de la demanda de calor y frío es un factor determinante para la viabilidad de una red de distrito. En general, puede considerarse lo siguiente [CE299]:

- La viabilidad disminuye cuando disminuye la densidad de edificación y de demanda energética. La inversión específica por unidad de superficie por climatizar ( $\text{€/m}^2$ ) aumenta a medida que disminuye la densidad de la demanda.
- La red de distribución representa a menudo la parte más importante de la inversión, especialmente en casos de baja densidad.

No se puede proporcionar con suficiente fiabilidad un ratio de densidad mínima para que un proyecto de red sea atractivo, ya que en la rentabilidad de este proyecto intervienen factores adicionales (tarifas, derechos de conexión, etc.).

- Demandas mínimas de calor y frío

Junto con la densidad de la demanda, la demanda mínima de la red es uno de los factores importantes en la rentabilidad de los proyectos.

El modelo de negocio de una red de distrito conlleva un determinado nivel de costes de estructura (operación y mantenimiento, gestión técnica, facturación a clientes, etc.). La cifra de negocio, vinculada al volumen de la demanda, debe ser suficiente para cubrir estos costes de estructura.

Como en el caso de la densidad de la demanda, no se puede proporcionar con suficiente fiabilidad un valor de referencia de la demanda mínima para que un proyecto de red sea atractivo.

- Demandas centralizadas de frío y calor en los edificios de los usuarios

La incorporación a una red de distrito pasa por centralizar las producciones de frío dentro de cada edificio o cliente. Habitualmente, cada edificio dispone de un único punto de conexión, la subestación, desde la cual se distribuyen las energías a los diferentes usuarios y/o puntos de consumo. En general, se recomienda huir de soluciones "mixtas" en las que se combine una solución centralizada y una distribuida.

Por ejemplo, en diferentes grandes superficies comerciales se da la situación de que se climatizan unas zonas mediante un tipo de *roof-top* (con producción en el mismo punto de uso) y otras zonas con un anillo de agua frío y/o caliente para la climatización. Esto restaría eficiencia al sistema.

- Perfil constante de la demanda

Existen tipologías de negocio que son especialmente atractivas para un DHC como los hoteles, las piscinas, los centros de servidores, ya que tienen una demanda importante por punto de conexión a la red y, además, se trata de un consumo bastante estable. También se puede hallar una combinación de viviendas y centros de trabajo que compensen la curva de demanda.

- Escenarios de reducción de consumo de los edificios

Para el desarrollo futuro de redes de distrito deben tenerse en cuenta las tendencias de reducción de las necesidades energéticas de los edificios (concepto de edificios con cero emisiones). En este tipo de escenario y en cuanto a la situación actual [CE299]:

- Para cualquier densidad de edificación, la densidad de la demanda será más baja y con peor eficiencia de costes.
- A pesar de que se reducirán los diámetros necesarios para las tuberías de distribución, aumentará el coste específico por unidad de superficie.

### **8.7.3. Condiciones medioambientales**

- Facilidad de incorporación de las renovables

El lugar ideal para instalar un sistema de red de distrito es allí donde hay disponibilidad de fuentes de energías renovables, fuentes de calor residual y/o masas de agua para enfriar. Las estructuras de producción de energías y de demanda de clientes facilitan la incorporación de energías renovables y la gestión centralizada de estos recursos.

Por ejemplo, en una zona con producción de biomasa forestal, se podría aprovechar este recurso en una central de producción de electricidad y de calor para una red de calor. El hecho de disponer de un único punto de uso, permite facilitar el aprovechamiento de la biomasa y hacer que aumente la eficiencia de la transformación incorporando, por ejemplo, una turbina de vapor para generar electricidad.

Por otro lado, el hecho de que la red siempre presente un nivel de consumo mínimo, determinado por su curva de demanda, permite un aprovechamiento práctico en continuo de las fuentes renovables. En un edificio aislado, la aportación solar térmica no tiene por qué coincidir con un momento de demanda de calor.

- Eficiencia de la red y la producción

De manera similar a la incorporación de renovables, las estructuras de producción de energías y de demanda de clientes permiten facilitar la incorporación de tecnologías de alta eficiencia energética.

Respecto a la producción de frío, en los sistemas centralizados se utilizan máquinas enfriadoras de gran potencia. Por factor de escala, estas máquinas presentan un rendimiento (COP) de dos veces o más el de las máquinas de poca potencia que se instalarían en edificios aislados.

- Impacto visual y emisiones sonoras

Puesto que no se instala maquinaria en la cubierta de los edificios, hay una reducción del nivel de emisiones acústicas y de vibraciones, así como del impacto visual. Este sistema, por lo tanto, es adecuado para suministrar a edificios que, por sus usos o naturaleza, no puedan disponer de maquinaria en la cubierta o tengan importantes restricciones de ruido.

## **9. PROCESO QUE DEBE SEGUIRSE PARA DESARROLLAR UN PROYECTO DE RED DE DISTRITO**

En este capítulo se han esquematizado las diferentes fases y actividades que forman parte del desarrollo de un proyecto de red de distrito.

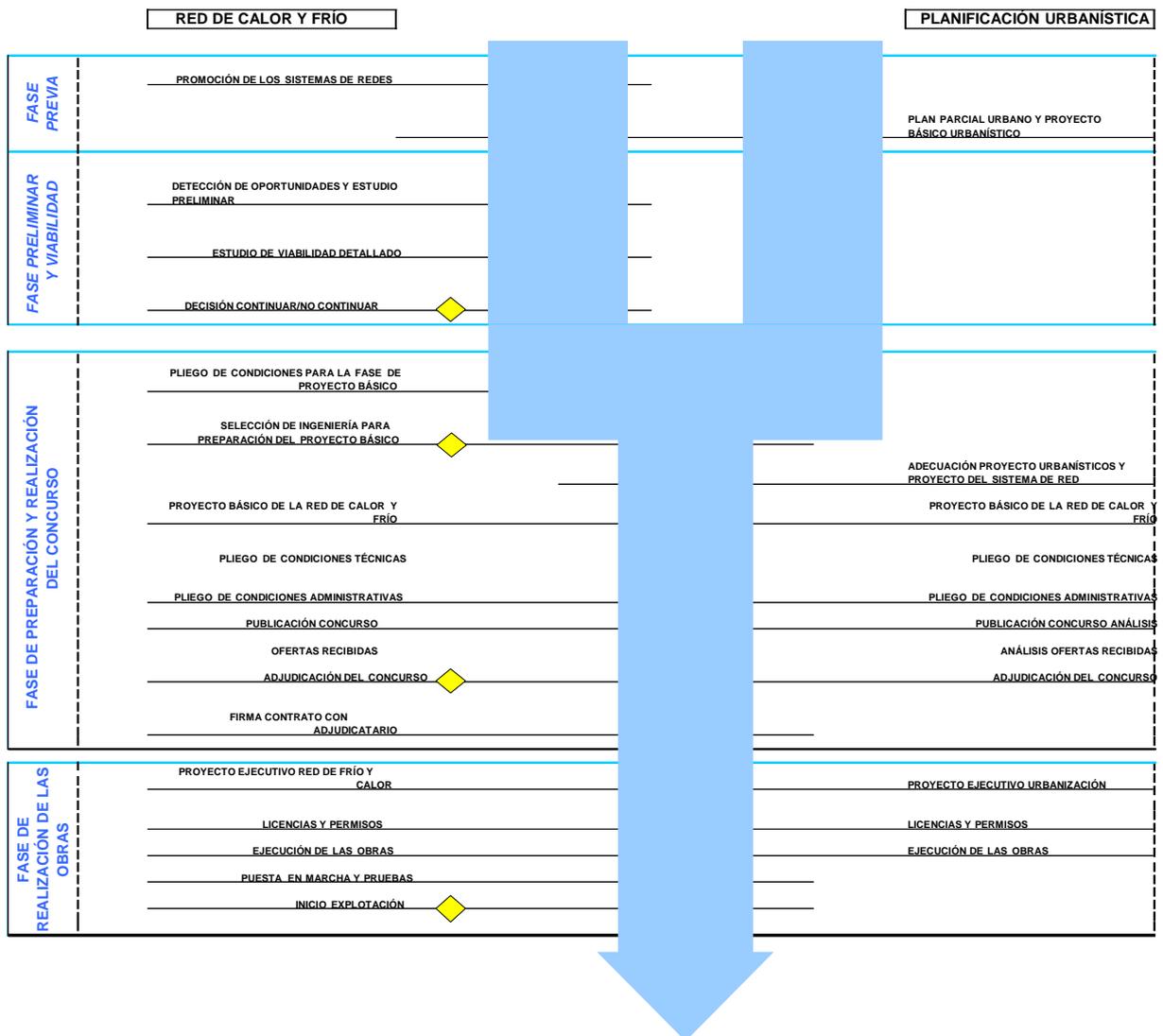


Figura 20. Cronograma de desarrollo de un proyecto de red de distrito

En los apartados siguientes se describen los puntos principales del esquema.

En las diferentes actividades no se incluye una estimación de su duración puesto que eso depende, en gran medida, de las condiciones particulares de cada proyecto. A título orientativo, y mirándolo globalmente, pueden darse las duraciones aproximadas siguientes:

- Tendido de red en área urbana. Desde la finalización del proyecto básico hasta la puesta en servicio de una red de 4 km, hay que considerar entre 18 y 24 meses.
- Central de producción de energía. Desde la finalización del proyecto básico hasta la puesta en servicio de una central de producción completa (con obra civil), hay que considerar entre 18 y 30 meses.

### 9.1. Fase previa

Corresponde a la situación de salida. Las tareas que se hallarían en esta fase serían:

- Promoción de los sistemas de red. Deben realizarla la Administración, las agencias de energía, las asociaciones profesionales relacionadas con las redes de distrito, etc. Consiste en difundir el concepto de las redes y las ventajas que tiene entre los diversos actores.
- Plan parcial urbano y proyecto básico urbanístico. En general, los motivos para promover la preparación de un plan parcial urbano son independientes del hecho de que esté vinculado a una red de distrito. La detección de la necesidad de un plan parcial urbano debe ser previa a la detección de oportunidades para crear una red. Aun así, durante la preparación del plan parcial urbano es el mejor momento para incluir una red de distrito en la planificación urbana.

## **9.2. Fase preliminar**

En esta fase es en la que habitualmente se puede proponer la realización de una red de distrito en un ámbito determinado. Se estudiarán las distintas posibilidades y la viabilidad del proyecto. La detección de oportunidades puede venir determinada por la realización de un nuevo plan urbanístico o por la presencia de una fuente de energía aprovechable (residual, renovables, etc.). En esta fase se lleva a cabo un estudio preliminar (considerando ratios de inversión) para comprobar el orden de magnitud de la rentabilidad del proyecto y decidir si un estudio detallado es adecuado.

En esta fase preliminar ya se podría tener una primera toma de contacto con ESE que podría aportar su conocimiento para mejorar el proyecto.

## **9.3. Fase de viabilidad**

### **9.3.1. Objeto de los estudios de viabilidad**

En un estudio de viabilidad se analizan una o varias alternativas tecnoeconómicas para satisfacer unas necesidades de servicios de acuerdo con unos criterios económicos determinados. El objeto final de un estudio de viabilidad es **dar herramientas para poder decidir** la realización o no de un proyecto determinado. Un estudio de viabilidad también debe permitir detectar los puntos fuertes y débiles de un proyecto.

### **9.3.2. Líneas generales de un estudio de viabilidad**

En un estudio de viabilidad de redes de frío y calor pueden distinguirse los puntos siguientes:

- Datos iniciales. Para definir la demanda y la evolución que tendrán hacen falta, como mínimo, los siguientes datos, que se facilitarán a la ingeniería que lleve a cabo el estudio:
- Superficie que se pretende climatizar según tipología de edificios: oficinas, hoteles, viviendas, centros docentes, etc.
- Calendario de conexiones, desglosado por tipología de edificio.
- Modelado de la demanda a partir de los datos disponibles. Se determinarán, para el conjunto de la red de calor y/o frío:
- Potencias contratadas.
- Curvas anuales de consumo (clientes) y de producción (centrales). Se incluirá la potencia necesaria máxima (kW) y las energías consumidas/generadas (MWh/año).
- Duración del proyecto. Se debe definir un escenario de duración del proyecto. En general, para este tipo de proyecto se habla de duraciones superiores a los 20 años, incluso por encima de los 30 años.
- Situación de referencia. La propuesta de red debe compararse con una situación de sistema descentralizado. Se define una situación de referencia en la que el servicio a los edificios se realiza mediante una solución convencional, sin red de calor y frío. De la situación de referencia deben considerarse/obtener los aspectos siguientes:
- Solución técnica adecuada.
- Inversión asociada.
- Costes de operación del sistema convencional: energías, mantenimiento y reposición de

equipos principales.

- Coste por unidad de energía de los usuarios o bien su factura anual de referencia.
- Impactos medioambientales.
- Situación con red de calor y frío. Se analizarán una o varias soluciones con red de calor y frío. De la misma manera que en el caso de la situación de referencia, para la situación con red se deben considerar/obtener los aspectos siguientes:
  - Fuentes de energía renovables al alcance: biomasa, solar o residuales.
  - Solución técnica adecuada.
  - Definición de la topología de la red.
  - Inversión asociada.
  - Costes de operación: energías, mantenimiento y reposición de equipos principales.
  - Precio de venta a los usuarios, especificando el precio por unidad de energía o bien la factura anual.
  - Impactos medioambientales.
- Aportación económica de la Administración. En este tipo de proyecto puede darse la situación de que el promotor privado tenga que afrontar inversiones elevadas en la etapa inicial del proyecto pero, en cambio, el volumen de facturación no llegue a niveles aceptables hasta pasados unos años. En esos casos, la Administración puede hacer más atractivo el proyecto con una aportación económica. Dentro de las posibles modalidades para efectuar estas aportaciones, cabe destacar:
  - Participaciones en el accionariado de la sociedad explotadora.
  - Créditos blandos.
  - Subvenciones.
  - Inversiones directas que se recuperan mediante cánones y tasas.
- Análisis de sensibilidades. En el análisis de sensibilidades se analizarán escenarios alternativos, independientemente de si constan en el calendario de conexiones, de cambios en la demanda o en los precios y/o costes asociados. Eso permite realizar un análisis de riesgos de cada una de las alternativas, detectando puntos fuertes y puntos débiles.

**Definición de la demanda:** ¿a qué edificios hay que dar servicio?, ¿con qué calendario se conectarán a la red?, ¿qué consumo de calor y frío tendrán?

**Situación de referencia:** para la misma demanda de calor y frío, si no hay una red, ¿cómo se prestaría servicio a los edificios?

**Situación con red de calor y frío:** ¿qué tecnologías utilizaremos en la central?, ¿qué estructura de costes tendremos?, ¿qué precios de venta pueden conseguirse con esta estructura de costes?

**Aportación económica de la Administración:** ¿qué aportación de la Administración hace que el proyecto sea atractivo para los promotores privados?, ¿puede recuperarse a lo largo de la vida del proyecto?

**Sensibilidades:** ¿qué pasaría si...?, ¿no se conectasen todos los clientes?, ¿la inversión se redujese en un 5%?, ¿el precio del gas natural subiese a partir del año 5?

### **9.3.3. Tipos de indicadores de rentabilidad**

En los resultados del estudio de viabilidad se incluye el análisis de rentabilidad de las diferentes alternativas. Los indicadores de rentabilidad son diferentes para cada uno de los actores del proyecto de red de distrito. Se puede distinguir entre indicadores económicos e indicadores de otros tipos.

#### *9.3.3.1. Rentabilidad económica*

- Para los promotores privados. Las empresas privadas asumirán la inversión a cambio de obtener unos beneficios económicos. En general, en este tipo de proyectos no suele aplicarse el período de retorno de la inversión como indicador, sino un criterio de Tasa Interna de Retorno (TIR). El lindar de TIR mínimo variará en función del riesgo inherente al proyecto mismo y de los criterios de cada una de las empresas.
- Para el promotor inmobiliario: aprovechamiento de la superficie útil y más flexibilidad en el diseño de espacios. Costes inferiores de inversión y de explotación.
- Para los usuarios. En general, los criterios que se aplican son la reducción en la factura energética global, el ahorro de emisiones, de costes de mantenimiento y averías.
- Para la Administración. A pesar de que en diferentes proyectos de redes, la Administración efectúa una aportación inicial, en general, para la Administración, la rentabilidad de un proyecto no se calcula tanto por criterios económicos sino por criterios sociales.

#### *9.3.3.2. Otros criterios de rentabilidad*

En un proyecto de redes, la rentabilidad económica no es el único indicador que debe considerarse. Existen otros indicadores como:

- Ventajas medioambientales, que ya se han indicado en otros apartados:
  - Disminución de la producción de gases con efecto invernadero.
  - Mejora de los procesos de combustión y reducción de los contaminantes locales.
  - Reducción de la contaminación acústica.
  - Reducción del nivel de vibraciones y disminución del impacto visual.
  - Se reduce el riesgo de legionelosis.
- Ventajas operativas para el usuario final:
  - Más flexibilidad.
  - Grado superior de fiabilidad: facilidad en el mantenimiento.
  - Más simplicidad.

Uno de los resultados del estudio de viabilidad detallado será la estructura de inversiones del proyecto donde se desglosarán, si procede, la parte de inversión pública y la privada. Esto conlleva que la entidad promotora del proyecto tenga que confirmar la disponibilidad de fondos públicos para este proyecto.

#### **9.3.4. Fase de preparación y realización del concurso**

Una vez que se ha decidido emprender el proyecto, la fase siguiente consiste en preparar un concurso para ejecutar la obra y/o prestar el servicio posterior. Esta fase también incluye licitar y adjudicar el concurso. En la etapa inicial de esta fase se pueden destacar dos actividades:

- Selección de ingeniería para la preparación de los proyectos básico y ejecutivo.

Adecuación del proyecto urbanístico y del proyecto del sistema de red. Con el estudio de viabilidad y la ingeniería básica de la red urbana se dispondrá de suficiente información para ver cómo se integra ésta en el proyecto urbanístico. Este último se adecuará a las nuevas necesidades, previendo espacios para el trazado de la red y para la ubicación de las centrales de producción.

- Preparación de los pliegos de condiciones.

A partir de los proyectos realizados por la ingeniería, ésta deberá preparar los pliegos de condiciones técnicas necesarios para publicar el concurso. La Administración deberá preparar el pliego de condiciones administrativas.

Durante la fase de preparación del concurso, la Administración debería confirmar la disponibilidad de fondos públicos previstos para el proyecto.

En las actividades propias de los concursos, tanto para el de la red de distrito como para los de urbanización, cabe destacar:

- Preparación del Pliego de prescripciones técnicas (PPT) y del Pliego de condiciones administrativas.
- Acuerdos eventuales con clientes cautivos.
- Publicación del concurso.
- Recepción de ofertas.
- Análisis de ofertas recibidas.
- Adjudicación del concurso.
- Firma del contrato con el adjudicatario.

#### **9.4. Fase de realización de las obras**

Las actividades incluidas en esta fase serían equivalentes a las propias de otros proyectos como, por ejemplo, los de urbanización. Como tareas generales, cabe destacar las siguientes:

- Proyecto ejecutivo del sistema centralizado de climatización, basado en red de frío y calor.
- Licencias y permisos.
- Ejecución de las obras.
- Puesta en marcha y pruebas.
- Inicio de la explotación.

Uno de los puntos críticos de esta fase es la obtención de licencias y permisos como, por ejemplo, las licencias de actividad y de obras. Se trata de procesos largos, con una incertidumbre elevada sobre su duración. El inicio de los trabajos está condicionado al hecho de obtenerlos y, por lo tanto, suelen encontrarse en el camino crítico del proyecto.

Otro aspecto que cabe destacar, si procede, es el aprovechamiento de las posibles sinergias en la ejecución de las obras de urbanización y las de la red de distrito. Debido a los inconvenientes que pueden causar ambas obras en la vía pública, se recomienda que, en la medida que sea posible, se realicen de manera coordinada. Así también se reducen los costes de urbanización y pavimentación de calles.

#### **Actuaciones en las calles**

Tanto las obras de urbanización como las de trazado de red pueden implicar cortes temporales de circulación en algunas calles y pavimentación de los viales de circulación. La coordinación de ambas obras permite reducir el tiempo total de corte de las calles.

## **10. BARRERAS Y SOLUCIONES PARA EL DESARROLLO DE REDES DE DISTRITO**

En Cataluña hay algunos ejemplos de instalaciones de redes de distrito (el Anexo 3 incluye una ficha técnica de varias redes de distrito en funcionamiento o en construcción). En concreto, las principales redes en Cataluña en fecha de 2010 son:

- Red de calor y de frío de Mataró (Tub verd de Mataró)
- Red de calor con biomasa de Sant Pere de Torelló
- Red de calor con biomasa de Molins de Rei
- Red de calor y de frío del Fòrum, Peri III y 22@ (Barcelona)
- Red de calor y de frío del Parque del Alba (Cerdanyola del Vallès), parcialmente en funcionamiento
- Red de calor y de frío de la Marina (Barcelona), en construcción

En los últimos años ha aumentado el interés y la construcción de este tipo de instalaciones, pero todavía muy por debajo de otros países europeos. El conjunto de causas que han hecho que los sistemas de climatización centralizados no se hayan establecido de manera extensiva, con un mercado consolidado en nuestro país, son, entre otras, por razones tanto climatológicas, sociales, culturales, legales como técnicas o de viabilidad económica.

En este punto se analizan las barreras que existen actualmente a la hora de llevar a cabo proyectos de red de distrito, y las soluciones potenciales, así como los impactos de las redes en el ámbito económico, medioambiental y social.

### **10.1. Barreras a la implantación de sistemas de red**

La mayoría de las barreras actuales al desarrollo de los sistemas DH/DHC se hallan en la primera fase de los proyectos, en la fase de planteamiento y propuesta. Estas barreras provienen de ámbitos diferentes y pueden ser tanto legales como técnicas, económicas, institucionales, sociales y culturales.

#### **10.1.1. Barreras legales**

El Código Técnico de la Edificación, en el apartado referente a la certificación de edificios no prevé una metodología para premiar los edificios que estén abastecidos mediante redes de distrito, a pesar de que hay varias propuestas en desarrollo que lo permitirían.

Actualmente, cualquier edificio de nueva construcción debe cubrir parte de la demanda de agua caliente mediante energía solar térmica u otros sistemas igualmente eficientes, previa justificación. Esto entra en conflicto con el suministro mediante una red de distrito si esta no incluye la cogeneración, calor residual o sistemas que justifiquen un ahorro equivalente. No existe ninguna normativa que prevea esta situación. Sería lógico que los edificios situados en un área abastecida por una red de distrito quedasen exentos de la obligatoriedad de instalar captadores solares térmicos. Pero, si la fuente de la red de distrito no es renovable o residual, podría darse una situación en la que el impacto de consumo energético o las emisiones de CO<sub>2</sub> fuese superior.

También existe una incongruencia asociada a la ley sobre derechos de emisiones (Ley 1/2005). La central de una red de distrito puede tener una potencia térmica inferior a la suma de las potencias de las instalaciones individualizadas de la zona a la que abastece; no obstante, como es un único punto con una potencia elevada, si supera el límite que marca esta ley, 20 MW, deberá emprender el comercio de los derechos de emisión de gases de efecto invernadero, mientras que las instalaciones individuales (en principio más emisoras de CO<sub>2</sub> en conjunto) nunca se verían afectadas aunque el conjunto de todas ellas pueda representar una potencia muy superior a la de la instalación centralizada necesaria para edificios.

En el artículo 28 de la directiva europea 2010/31/CE se dice: “los Estados miembros deben facultar y animar a los arquitectos y responsables de la planificación urbana a que consideren de forma adecuada la combinación óptima de mejoras en el ámbito de la eficiencia energética, la utilización de energía procedente de fuentes renovables y el uso de la calefacción y refrigeración urbanas a la hora de proyectar, diseñar, construir y renovar zonas industriales o residenciales”. Habría que pensar cómo transponer este artículo en la normativa estatal y regional.

#### **10.1.2. Barreras técnicas**

Las barreras técnicas surgen sobre todo en aspectos constructivos. Construir una red de distrito implica varias cosas:

- Instalar una central de producción de calor (caldera, motor de cogeneración, turbina, etc.).
- Trabajos de obra civil de magnitud considerable teniendo en cuenta la finalidad del proyecto. Este punto se acentúa en el momento en el que se habla de instalaciones ubicadas en áreas urbanas habitadas que implica tener que levantar calles y que se produzcan interferencias con otros servicios.

#### **10.1.3. Barreras económicas**

Las principales barreras económicas se dan a causa de la dimensión de las obras que se van a realizar, ya que la mayoría las provoca la obra civil de la red de distribución. En caso de ser una implantación en un barrio existente y habitado, el coste de estos trabajos aumenta de manera exponencial.

La amortización de estas instalaciones se realiza en un período de tiempo largo para una inversión con capital privado y esto hace que haga falta disponer de subvenciones o participaciones de las entidades públicas para poder afrontar la inversión inicial y el mantenimiento del servicio hasta amortizar las obras.

La incertidumbre del calendario de conexión de los futuros clientes hace que no se puedan saber los ingresos de la sociedad explotadora a medio plazo. Este calendario puede verse afectado por los ciclos económicos.

#### **10.1.4. Barreras culturales y sociales**

Esta barrera se da principalmente en los sistemas planteados en zonas actualmente urbanizadas y habitadas en las que se substituye el sistema actual por un sistema de DH/DHC.

Debido al desconocimiento general sobre estos sistemas, sobre cómo funcionan y sobre cómo se gestionan, la propuesta de cambiar un sistema conocido, que funciona y con el que el usuario está familiarizado, es difícil de asumir.

Culturalmente, en Cataluña, existe un sentimiento muy fuerte de propiedad individual para con los sistemas de producción de calefacción y ACS que provoca que los usuarios tengan muchas dudas en el momento de deshacerse de su sistema para depender de un sistema externo ajeno. En otras comunidades del Estado son más comunes los sistemas comunitarios de calefacción y no se presenta tanta resistencia a este concepto.

## **10.2. Soluciones a las barreras**

### **10.2.1. Actuaciones que puede llevar a cabo la Administración**

Una de las soluciones debe ser un cambio legislativo en la actual normativa relacionada con instalaciones térmicas, en los planes urbanísticos municipales y en los planes energéticos, que incluya los sistemas de DH/DHC como opción para zonas de nueva urbanización con características propicias y por el hecho de que resulta un sistema rentable, así como solución para reducir el consumo energético en zonas de elevado consumo de climatización.

Deberían estudiarse posibles incentivos fiscales para favorecer la construcción de este tipo de instalaciones y la conexión de los edificios, así como maneras de agilizar las tramitaciones legales.

### **10.2.2. Actuaciones sociales**

La superación de las barreras sociales empieza por la difusión de este tipo de sistemas a niveles muy diferentes. Esta guía pretende incidir también en este ámbito de la difusión y promoción.

Para la población en general, hablando de futuros usuarios, es necesaria una explicación de este tipo de sistemas, para que se conozcan, así como la demostración del funcionamiento real y eficiente de estas instalaciones mediante ejemplos actuales de instalaciones que están obteniendo ahorros económicos y energéticos manteniendo el confort y el servicio esperado.

Socialmente, sin embargo, en referencia a técnicos, urbanistas, ingenieros y entidades públicas encargadas de la gestión energética a diferentes niveles, también debe hacerse una difusión de los sistemas empezando por una mayor presencia de estos sistemas en el marco educativo universitario y de maestría.

Difundir las redes de DH/DHC es el primer paso para ampliar el conocimiento general de este tipo de instalaciones y acercarlas más a todos los agentes implicados.

### **10.2.3. Actuaciones empresariales**

Como solución al conflicto en los edificios que tienen la obligatoriedad de disponer de un sistema de energía solar térmica y que, además, se hallen en el área de influencia de una red de distrito, podría pensarse que la instalación de energía solar térmica vendiese calor a la red de distrito.

Creación de una asociación para difundir y defender esta tecnología. Cabe destacar la reciente creación de la Asociación de Empresas de Redes de Calor y Frío ([www.adhac.es](http://www.adhac.es)) que tiene como objetivo la promoción y defensa de la imagen y del prestigio del sector, así como la representación, gestión y defensa de los intereses económicos y profesionales de los miembros de ésta. Desde esta asociación se fomentará el diálogo social y la búsqueda de canales de interlocución válidos con las diferentes Administraciones Públicas para promover las redes de distrito.

Otro aspecto importante es la incorporación de empresas locales en los diferentes negocios relacionados con las redes de distrito, así como con la gestión energética de los edificios.

## 11. CONCLUSIONES

Las redes de distrito aglutinan una serie de soluciones tecnológicas y de gestión energética muy variadas. Puede considerarse que una red de calor significa centralizar la calefacción de varios edificios próximos, como es el caso de un hospital. Pero también puede tratarse de una red urbana de frío y calor con múltiples centrales de generación, combinando energías renovables con otras de origen fósil.

Lo que tienen en común es la generación térmica centralizada para posibilitar soluciones tecnológicas más eficientes y una gestión energética profesional. De todas las tecnologías y fuentes energéticas analizadas, serán más adecuadas las que se adapten mejor a la demanda y a la disponibilidad de recursos en cada caso.

Una red de distrito puede conllevar numerosos beneficios para todos los actores implicados: administraciones públicas, empresas de servicios energéticos, promotores inmobiliarios y usuarios finales, entre otros, siempre que se cumplan los requisitos de calidad de suministro, de ahorro energético y de viabilidad económica.

Pueden conseguirse ahorros de energía de más del 16% sólo hablando de centralización de equipos y, en aumento, cuando se incorporan equipos de cogeneración y aprovechamiento de masas de agua fría. En el caso del uso de energías renovables, se puede hablar de reducción de consumos de energías fósiles del 95% respecto a la solución convencional. Asociado al ahorro energético, hay ahorros económicos para los promotores y usuarios, mejora de la calidad de los edificios, oportunidades de negocio y reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la zona, entre otros.

La condición fundamental para plantearse construir una red es la situación de planeamiento urbanístico sobre suelo urbanizable, un nuevo polígono industrial o, en general, la construcción de varios edificios. Siempre que se desarrollen o modifiquen planes parciales urbanos, es recomendable estudiar la viabilidad de una red de distrito, especialmente si se detectan fuentes de energía residual o renovable locales o si se identifica una futura demanda térmica elevada y estable a lo largo del año. Estas son las condiciones ideales para la construcción de una red, lo que no significa que no sea rentable en otras situaciones.

Detectar la oportunidad de construir la red de distrito en la fase de planeamiento urbanístico es clave para el éxito del proyecto, reduciendo costes e integrándolo con el resto de servicios. El paso siguiente sería llevar a cabo un estudio de viabilidad que aportará valores de rentabilidad del proyecto para tomar una decisión de continuidad.

Las barreras principales a una implantación más grande de las redes se hallan en esta fase de planeamiento, propuesta y aceptación de la red. Por un lado, está el desconocimiento de estas tecnologías y la desconfianza en soluciones nuevas que se alejan del modelo de propiedad particular de los equipos de calor y frío. La solución de esta barrera es mejorar la divulgación y formación en estos sistemas.

Por otro lado, la gran inversión necesaria, sobre todo para instalar las tuberías de distribución, y el largo tiempo de recuperación de la inversión debido a la gradual conexión de usuarios, implica tensiones financieras. Las ayudas públicas en forma de subvención o financiación y la aparición de empresas privadas con alta capacidad financiera pueden ayudar en este sentido.

Las fases siguientes del proyecto consisten en preparar y elaborar el concurso de licitación, la ejecución de las obras y la explotación. Aunque también pueden aparecer dificultades de tipo tecnológico, de trámites normativos o de gestión de la explotación, la experiencia de otras redes y de empresas del sector hace que cada vez sean proyectos menos problemáticos. La guía de desarrollo de proyectos de redes, en la que se dan recomendaciones para el diseño técnico, la elaboración de pliegos, así como para la explotación y financiación del proyecto, pretende incidir también en la superación de barreras en este ámbito.

## **ANEXO 1: ORGANISMOS ESTATALES E INTERNACIONALES RELACIONADOS**

Asociación de Empresas de Redes de Calor y Frío: <http://www.adhac.es>

Asociación Española para la promoción de la cogeneración: <http://www.cogenspain.org/site/>

Instituto para la diversificación y el ahorro de energía: <http://www.idae.es>

Build Up. <http://www.buildup.eu/>

Combined Heat & Power Association: [www.chpa.co.uk](http://www.chpa.co.uk)

European Energy network: <http://www.enr-network.org/>

European Bank for Reconstruction and development: <http://www.ebrd.com/>

Euroheat & Power Association. <http://www.euroheat.org/>

European Environment Agency: <http://www.eea.europa.eu/>

FEDARENE. European network of regional and local organisations for the energy and environmental policies: <http://www.fedarene.org/>

International Energy Agency: <http://www.iea.org/>

Organisation for economic co-operation and development: <http://www.oecd.org/home/>

World Energy Council: <http://www.worldenergy.org/>

World Trade Organization: <http://www.wto.org/>

United Nations Framework Convention on Climate Change: <http://unfccc.int/2860.php>

## ANEXO 2: NORMATIVA / LEGISLACIÓN / ESTÁNDARES RELACIONADOS

- RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios [Real decreto 1027/2007, de 20 de julio]: sus disposiciones generales e instrucciones técnicas.)
  - *En el ámbito autonómico: Orden de 3 de mayo de 1999, sobre el procedimiento de actuación de las empresas instaladoras de las entidades de inspección y control y de los titulares, instalaciones reguladas por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE y sus instrucciones técnicas complementarias IT).*
  
- Documentos reconocidos RITE
  - *Comentarios al RITE 2007 (noviembre 2007)*
  
- Requisitos edificios actuales
  - *Código Técnico de la Edificación (CTE)*
  - *HE2 (Rendimiento de las instalaciones térmicas) – RITE*
  
- UNE-EN 15316: Sistemas de calefacción en los edificios.
- UNE-EN 15316-4-5: 2008. Sistemas de calefacción en los edificios (referente a sistemas de calefacción y refrigeración urbana).
- prEN 15603: Eficiencia energética en los edificios. Energía media utilizada y definición de los sistemas energéticos.
- prEN 15315: Sistemas de calefacción en los edificios. Rendimiento energético de los edificios.  
Necesidades energéticas globales, energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub>.
- prEN 15203: Eficiencia energética en la edificación. Evaluación de la energía utilizada y definición de los índices de eficiencia.
- RD 47/2007 – de 19 de enero, por el cual se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción
- Decreto 21/2006, de 14 de febrero, por el cual se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios.
  
- Directiva 2002/91/CE. Requisitos edificios futuros (EPBD).
  
- Normativas y planes municipales.
  - *Plan de mejora energética de Barcelona*
- Normativas para salas de máquinas
  - *UNE 100020/1M: 1999 Climatización. Sala de máquinas.*
  - *UNE 60601/1M: 2001 Instalación de calderas de gas para calefacción y/o agua caliente de consumo calorífico nominal (potencia nominal) superior a 70 kW.*
  - *UNE 123001/2M: 2003 Chimeneas. Cálculo y diseño.*
  - *UNE 100155: 1988 IN Climatización. Cálculo de vasos de expansión.*
  - *UNE 100156: 1989 Climatización. Dilatadores. Criterios de diseño.*
  - *UNE 100011: 1991 Climatización. La ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales.*
  - *Instrucción 3/2003 de la DGCSI por la cual se regulan los requisitos de ventilación de los locales en los que se instalen calderas de combustible líquido para calefacción y/o agua caliente sanitaria de potencia térmica nominal inferior o igual a 70 kW.*
  - *Resolución de 6 de mayo de 1994 de autorización para la utilización de equipos de climatización por el ciclo de absorción.*
  - *Real Decreto 3099/1977, de 8 de septiembre, por el cual se aprueba el Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas, así como las órdenes que lo modifican.*
  - *Orden de 21 de junio que modifica el anexo de la Orden de 10 de febrero de 1983, sobre normas técnicas de los tipos de radiadores y convectores de calefacción mediante fluidos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.*

- *Real Decreto 363/1983, de 22 de febrero, que complementa las normas técnicas de los tipos de radiadores y convectores de calefacción mediante fluidos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.*
- *Real Decreto 3089/1982, de 15 de octubre, por el cual se establece la sujeción a normas técnicas de los tipos de radiadores y convectores de calefacción mediante fluidos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.*
- *Real Decreto 3099/1977, de 8 de septiembre, por el cual se aprueba el Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas, así como las órdenes que lo modifican.*
- Cogeneración:
  - *Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración.*
  - *Decisión de la comisión de 21 de diciembre de 2006 por la cual se establecen los valores de referencia de la eficiencia, armonizados por la producción para separar la electricidad y el calor de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 2004/8/CD del Parlamento Europeo y el Consejo.*
- Legionelosis
  - *UNE 100030: 2001 IN Guía para la prevención, control de la proliferación y diseminación de la legionelosis en las instalaciones.*
  - *Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el cual se establecen los criterios generales higiénicos y sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.*
  - *Decreto 352/2004, de 27 de julio, por el cual se establecen las condiciones higiénicas y sanitarias para la prevención y el control de la legionelosis.*
- Reglamento (CE) n.º 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de junio de 2000, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono.
- Emisión de CO<sub>2</sub>. Real Decreto 1370/2006, de 24 de noviembre, por el cual se aprueba el Plan nacional de asignación de derechos de emisión de gases con efecto invernadero 2008-2012..
- Ley 1/2005, por la cual se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases con efecto invernadero. (BOE 59, de 10-3-2005.)
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el cual se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión (Real Decreto 842, de 2 de agosto de 2002), así como sus instrucciones complementarias.
- Normativa sobre materiales.
- Directiva 1997/23/EC sobre los equipos a presión.
- Directiva 2004/22/EC sobre instrumentos de medición.
- Directiva 2006/42/EC sobre maquinaria.
- Directiva 2006/32/EC sobre servicios energéticos.
- Directiva 2005/32/EC sobre ecodiseño.
- *EN 253 Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks. Pipe assembly of steel service pipe, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene.*
- *EN 448 Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks. Fitting assemblies of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene.*
- *EN 488 Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks - Steel valve assembly for steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene.*
- *EN 489 Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks. Joint assembly for steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene.*
- Directiva 92/42/CEE del Consejo de la Unión Europea (Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero): requisitos mínimos de generadoras de calor.
- Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua del Ministerio de Industria y Energía, 1975.
- Decreto 18/1996, del 8 de febrero, por el cual se aprueba el Reglamento de actividades clasificadas.

- Reglamento de verificaciones eléctricas y regulación del suministro de energía (Decreto 12/03/54) y reales decretos que lo modifican.
- Decreto 20/87, de 30 de abril, contra la contaminación por ruidos y vibraciones.
- Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas (Decreto 2414/61, de 30 de noviembre) y normas que lo regulan (Orden del 15/03/63) y Decreto 05/10/64.
- Reglamento de recipientes a presión (RAP).
- Normativa referente a los costes de energía. Peajes y tarifas, tanto eléctricos como de gas.
- Normas urbanísticas municipales.
- Otras normativas municipales.

### ANEXO 3: BIBLIOGRAFÍA

- [BLOOMQUIST, 1987]: BLOOMQUIST, NIMMONS and RAFFERTY, *District Heating Development*, volum 1, Washington State Energy Office (1987).
- [CE299]: *The applicability of district heating for new dwellings*. Energy Saving Trust.Global Data. UK Home. CE299
- [DISTRICLIMA 2008]: *Guía técnica del secundario. Recomendaciones para el diseño, la realización y la explotación de instalaciones de calefacción y aire acondicionado conectadas a la red urbana de calor y frío*.
- [DHC, 2009]: *District Heating and Cooling. A vision towards 2020-2030-2050*. DHC Platform. May 2009.
- [DHCAN]: *The case of district heating. 1000 cities can't be wrong*. A guide for policy and decision makers. DHCAN
- [Districlima, 2009]: *Guía Técnica del Cliente. Acometidas, Subestaciones y Circuitos Interiores. Redes Urbanas de Calor y Frío*, Districlima (2009).
- [EUROHC, 2006]: *EUROHEATCOOL*. Intelligent Energy Europe. Euroheat & Power (2006).
- [E&P, 2003]: *The case for district heating*. Euroheat & Power (2003).
- [E&Pdh, 2008]: *Guidelines for district heating substations*. Euroheat & Power (2008).
- [E&Pmwl, 2006]: *District Cooling, Cooling more with less*, Euroheat & Power (2006).
- [E&Ppipes, 2008]: *District cooling pipes. Pipes and components in district cooling systems*.
- Euroheat & Power (2008)
- [GN, 2005]: *Generación Eléctrica Distribuída. Manual de diseño. Gas Natural SDG (2005)*.
- [HLEBNIKOV, 2009]: HLEBNIKOV A., DEMENTJEVA A. and SIIRDE A., *Optimization of Narva District Heating Network and Analysis of Competitiveness of Oil Shale CHP Building in Narva*, Oil Shale, volum 26, nº 3 Special, pp 269-282, Estorian Academy Publishers (2009).
- [IDAE, 2008]: *Guia tècnica per la mesura i determinació de la calor útil de l'electricitat i l'estalvi d'energia primària de la cogeneració d'alta eficiència*. IDAE (2008).
- [IEA, 2002]: *Development and Demonstration on DHC*. International Energy Agency IEA District.
- Heating and Cooling (2002).
- [KEER, 2007]: KEER T.M, *Sustainable Energy in China. The Role of CHP and District Heating/Cooling*. Danish Sustainable Development Seminar Beijing, China. International Energy Agency (2007).
- [LUCAS, 1998]: LUCAS, L., *IIR news*, International Journal of Refrigeration, vol. 21, n.º 2, pp.87-88 (1998).
- [Polycity, 2006]: *Sustainable Energy Systems. Report on communal energy management system specifications, Sixth Framework Programme*, Polycity (2006).
- [SKAGESTAD]: SKAGESTAD B., MILDENSTEIN P., *District Heating and Cooling Connection Handbook*, Programme of Research, Development and Demostration on District Heating Cooling, International Energy Agency IEA District heating and Cooling.
- [VUORINEN ]: VUORINEN A., *Benefits of Decentralized Power Generation*.

## ANEXO 4: GLOSARIO

**Calefacción:** proceso por el cual se controla únicamente la temperatura del aire de los espacios con carga de climatización negativa.

**Climatización:** acción y efecto de climatizar, es decir, de dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, pureza del aire, y a veces también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas. En este documento, cuando se habla de climatización centralizada se refiere a sistemas centralizados cuyo objeto es únicamente la adecuación de las condiciones de temperatura de los espacios que abastecen.

**Combustibles:** sustancias susceptibles de transformar [energía](#) contenida en sí mismas para la producción de un trabajo. La obtención se hace mediante una [reacción química](#) llamada *combustión* o bien alterando los átomos de la sustancia en lo que a *combustibles nucleares* se refiere, en los cuales se produce una [reacción nuclear](#).

**Combustibles fósiles:** son una serie de [hidrocarburos](#) formados a partir de restos [fósiles](#) de animales y plantas de centenares de millones de años de antigüedad. Estos pueden presentar multitud de formas que varían, en función del número de átomos de carbono, pasando por el [metano](#), el [etano](#), el [butano](#) o el [octano](#), entre otros.

**Acondicionamiento del aire:** proceso o procesos de tratamiento de aire que modifican sus condiciones para adecuarlas a unas necesidades determinadas.

**Consumo de energía:** energía utilizada en un equipamiento para ser transformada a fin de abastecer una demanda térmica. Se refiere a combustibles fósiles, electricidad, energías de fuentes renovables o calor residual.

**COP.** Coeficiente de eficiencia energética de una máquina frigorífica (acrónimo del inglés *Coefficient of Performance*): relación entre la capacidad frigorífica y la potencia efectivamente absorbida por la máquina. Cabe decir que académicamente este concepto hace referencia exclusivamente a las máquinas frigoríficas que trabajan en el modo calefacción (bomba de calor) y, por lo tanto, no se hablaría de capacidad frigorífica sino de capacidad calorífica. El concepto equivalente para refrigeración sería la EER (acrónimo del inglés *Energy Efficiency Ratio*).

**Demanda térmica:** energía térmica requerida para climatizar un espacio; puede evaluarse en la unidad de tiempo (potencia térmica) o durante un período de tiempo finito.

**Disponibilidad (central energética):** número total de horas de operación de una central de producción de energía, descontando las horas destinadas a mantenimiento.

**Factor de forma (edificios):** relación entre las tres dimensiones espaciales del edificios, que definen una paralelepípedica (horizontal o vertical) o cúbica.

**Isla térmica urbana:** es un tipo de [microclima](#) que se da bajo cualquier tipo de [clima](#) como consecuencia directa de la urbanización de un territorio. La naturaleza de cada microclima urbano varía según estén constituidas las áreas urbanas, y dependen de la presencia o no de grandes superficies de espacios abiertos, ríos, la distribución de las industrias y la densidad y altura de los edificios. En general, las temperaturas son más altas en las zonas centrales y gradualmente descienden hacia los suburbios, la precipitación aumenta y el viento se altera y disminuye.

**Intensidad de la demanda:** relación entre la demanda de energía total de una zona y la superficie del suelo de esta zona.

**Poder calorífico de un combustible:** cantidad de calor producida por la combustión, a una presión constante e igual a 0,1 MPa, de la unidad de volumen o de masa de combustible (si el combustible es gaseoso, los componentes de la mezcla están tomados en las condiciones de referencia de 15 °C y 0,1 MPa), tras conducir los productos de la combustión en las mismas condiciones de referencia.

**Poder calorífico superior (PCS):** poder calorífico cuando se supone que el agua producida por la combustión está condensada.

**Poder calorífico inferior (PCI):** poder calorífico cuando se supone que el agua producida por la combustión está en estado vapor.

**Punto de consumo:** edificios que se conectan a una red de distrito para utilizar la energía que distribuyan, ya sea calor o frío. Incluye todas las tipologías de uso: residencial, comercial, servicios o industrial.

**Refrigeración:** proceso por el cual se controla únicamente la temperatura del aire de los espacios con carga de climatización positiva.

**Energía primaria:** energía contenida en los combustibles y otras formas de energía extraídos o captados directamente de los recursos naturales, con la posibilidad de ser transformados en energía final, con la finalidad de cubrir una necesidad energética útil. Es el resultado de la suma de la final, más las pérdidas que se hayan producido en la distribución, transporte y generación, hasta la fuente primaria mencionada.

Puede considerarse que es energía primaria: el petróleo, el gas natural, el carbón, los elementos fósiles y los que pueden someterse a fusión, la energía eólica, la solar, la aerotérmica, la geotérmica, la hidrotérmica y la oceánica, la hidráulica, la biomasa, los gases de vertedero, los gases de plantas de depuración y el biogás.

**Energía final:** la energía liberada al consumidor final para satisfacer sus necesidades energéticas útiles. Puede tratarse de energía primaria directamente o primaria transformada.

**Energía útil:** la energía que satisface unas necesidades específicas del consumidor final. El concepto "energía útil" incluye el rendimiento de los aparatos y las máquinas que transforman la energía final.

Puede considerarse energía útil, por ejemplo, la luz que emiten las lámparas, el movimiento de los vehículos, el calor que emiten unos radiadores, el calor de los hornos, el vapor de agua, la electricidad para accionar los motores, etc.

**Servicio energético:** el beneficio físico, utilidad o ventaja derivados de la combinación de una energía con una tecnología eficiente en términos de energía y/o con una acción, que podrá incluir las operaciones, mantenimiento y control necesarios para prestar el servicio, que es prestado a partir de un contrato y que en circunstancias normales ha demostrado conseguir una mejora de la eficiencia energética verificable y medible o estimable y/o un ahorro de energía primaria.

**Empresa de servicios energéticos (ESE):** una persona física o jurídica que proporciona servicios energéticos o de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones o locales de un usuario y afronta cierto grado de riesgo económico al hacerlo. El pago de los servicios prestados se basará (en parte o totalmente) en la obtención de mejoras de la eficiencia energética y el cumplimiento del resto de requisitos de rendimiento convenidos.

## **ANEXO 5: ABREVIACIONES**

ACS: agua caliente sanitaria

°C: grado centígrado

DHC: calefacción y refrigeración de distrito. "*District Heating and Cooling*"

DC: refrigeración de distrito. "*District cooling*"

DH: calefacción de distrito. "*District Heating*"

DN: diámetro nominal

J: julio. Unidad de energía.

EJ: exajulio. Unidad de energía. Equivalente a  $10^{18}$  julios

kWh: kilowatio hora. Unidad de energía. Equivalente a  $10^3$  watio hora

MWh: megawatio hora. Unidad de energía. Equivalente a  $10^6$  watio hora

kWe: kilowatio eléctrico

kWt: kilowatio térmico

kW<sub>f</sub>: kilowatio de frío

W: watio, unidad de potencia

PCI: poder calorífico inferior

PCS: poder calorífico superior

PN: presión nominal

T<sup>a</sup>: temperatura

HT: alta temperatura "*High Temperature*"

LT: baja temperatura "*Low temperature*"