

GUÍA DE MICRORREDES DE DISTRITO DE CALOR Y FRÍO

Septiembre 2013

Esta Guía ha sido elaborada por la
Asociación de Empresas de Redes de Calor y Frío (ADHAC)



C/ Guzmán el Bueno, 24
28015 Madrid
Tel. 912775238
Email: secretaria@adhac.es
Web: www.adhac.es/

ÍNDICE

1. Introducción	04
2. Servicios Suministrados	04
3. Tipos	05
4. Producción de energía	06
4.1. Producción de calor	07
4.1.1 Calderas	07
4.1.1.1 Combustibles fósiles	08
4.1.1.2 Biomasa	08
4.1.2 Geotermia	09
4.1.3 Calor residual	10
4.2 Producción de frío	11
4.2.1 Máquinas eléctricas	11
4.2.2 Máquinas absorción	12
4.3 Cogeneración	13
5. Tuberías de distribución	14
4.4 Medios de transporte	14
4.5 Aplicaciones	15
4.6 Tipos de tuberías	16
4.6.1 Tuberías Flexibles pre aislada plástica	16
4.6.1.1 Tubería portadora	16
4.6.1.2 Aislante	18
4.6.1.3 Tubo envolvente	19
5.2.2 Tuberías Rígidas	20
5.2.2.1 Tubería portadora	21
5.2.2.2 Aislante	21
5.2.2.3 Tubo envolvente	21
5.3 Obra	22
5.4 Elección del tipo de tuberías	23
5.5 Criterios de diseño	24
6. Subestaciones	29
6.1 Aspectos generales	29
6.1.1 Diferencias entre subestaciones	31
6.2 Instalaciones Interiores	32
6.2.1 Regulación de instalaciones	32
6.2.2 Sistemas de bombeo	33
6.2.3 Acumuladores de calor	35
6.2.4 Control de legionelosis	35
6.2.5 Sistemas de seguridad	36

1. Introducción

Las microrredes, en general, son instalaciones con potencia térmica demandada relativamente baja aunque el rango de potencias de las mismas será función del tipo de red, de los servicios ofrecidos o de la tipología de los clientes.

Se basan en sistemas centralizados de producción y distribución de energía térmica (calor y frío) a diferentes puntos de consumo, que producen la energía desde una o varias centrales, y la distribuyen a los edificios e instalaciones próximas, mediante un tendido de canalizaciones aisladas térmicamente que transportan un fluido hasta los puntos de consumo.

La utilización de las redes de distrito como solución para la calefacción, ACS y la climatización de los edificios se viene usando desde tiempos remotos. Se tiene constancia de su utilización en tiempos del Imperio Romano.

En lo referente a instalaciones térmicas en sistemas centralizados tales como las microrredes, el objetivo y la tendencia son:

- Maximizar el rendimiento energético de los equipos generadores de fluidos térmicos para conseguir el rendimiento esperado.
- Generar fluidos térmicos siempre a la menor temperatura que sea compatible con su uso, ya que de esta manera el coste por unidad de potencia será el mínimo. También servirá para minimizar las pérdidas de calor hacia el ambiente en los sistemas de distribución.
- Intentar aprovechar, en la medida de lo posible, cualquier tipo de calor residual de algún proceso que, por sus características de temperatura, sea factible su recuperación.

Se tiene que definir la microrred en función de la aplicación, las condiciones de servicio (potencia, caudal, salto térmico) y el tipo de recorrido.

2. Servicios suministrados

Los servicios básicos suministrados por las microrredes son: calor, frío, vapor y frío industrial.

A continuación, enumeraremos los fluidos utilizados para cada tipo de servicio y los principales sistemas de generación utilizados.

Calor

Este servicio, que se utiliza tanto para calefacción como para la generación de ACS, se puede suministrar con agua caliente (a diferentes rangos de temperatura, dependiendo de si también se utiliza para el ACS desde los 45 °C - 50 °C hasta los 110 °C para sistemas de calefacción) o con vapor.

La generación de agua caliente se puede obtener mediante bombas de calor, calderas, cogeneración o utilización de energías residuales (por ejemplo, vapor procedente de planta de revalorización de RSU o humos de procesos industriales).

Frío

Este servicio, que se utiliza generalmente para climatización, si bien también se puede utilizar en procesos industriales o circuitos de condensación, se presta mediante agua fría (normalmente a unos 5 °C).

Vapor

Este servicio, que se puede utilizar para calefacción y generación de ACS (mediante intercambiadores de vapor/agua) o en procesos industriales, se proporciona mediante el vapor como fluido caloportador (a diferentes presiones y temperaturas y, generalmente, sobrecalentado).

La generación se realiza mediante máquinas de compresión o, si está disponible próxima a la red, la utilización de una fuente residual originada en un proceso industrial.

Frío industrial

Este servicio, utilizado generalmente en procesos industriales los compresores en el circuito de condensación o cámaras de conservación en el rango 0 °C - 7 °C, se suministra habitualmente con agua glicolada (sobre los -10 °C) o con fluidos como el CO₂ o amoníaco (siendo la utilización de este último fluido restringida en algunos ámbitos dada su potencial peligrosidad).

La generación se realiza mediante máquinas de compresión o la utilización de una fuente residual originada en un proceso industrial.

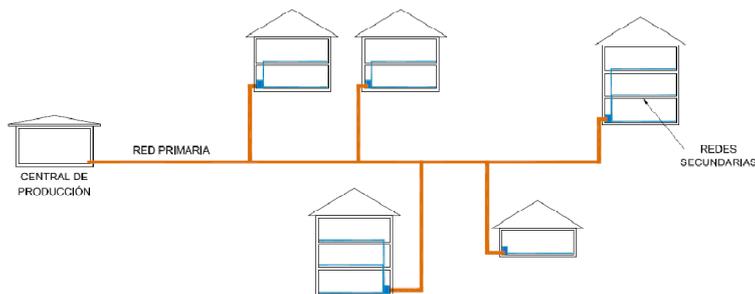
3. Tipos

Los criterios más frecuentemente utilizados para la clasificación son: morfología de la red, servicios ofrecidos o tipología de los clientes.

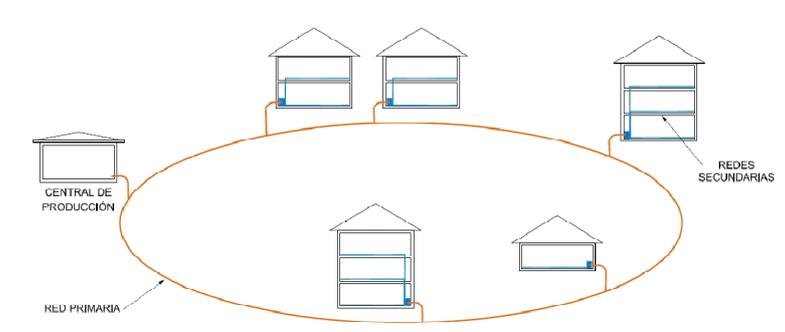
Dado que en el entorno de las microrredes, estamos hablando de ámbitos geográficos reducidos (poca distancia de red desplegada) y pocos clientes, a nivel de este documento utilizaremos los servicios ofrecidos como criterio para la clasificación de las microrredes.

Con este criterio establecido, nos encontramos los siguientes grupos de tipos de redes o diseños de una red:

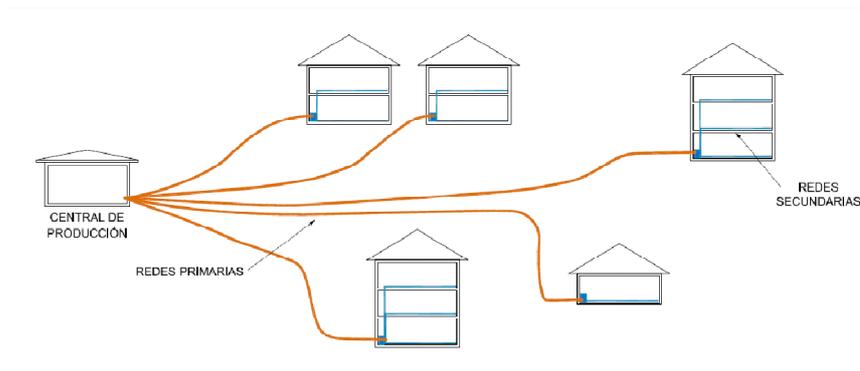
- Tipo Árbol:



- Tipo anillo:



- Tipo ramales:



4. Producción de la energía

En este capítulo se presentan las tecnologías más usuales en las redes urbanas para la producción de calor y de frío. El diseño de las instalaciones de producción deberá tener en cuenta factores tales como la eficiencia energética, el coste de inversión y la fiabilidad del servicio.

4.1 Producción de calor

4.1.1 Calderas

La tecnología más usual para la generación de calor en las microrredes es la producción mediante calderas, ya sean de agua caliente o de vapor, en función del fluido calorportador utilizado en la distribución en la red.

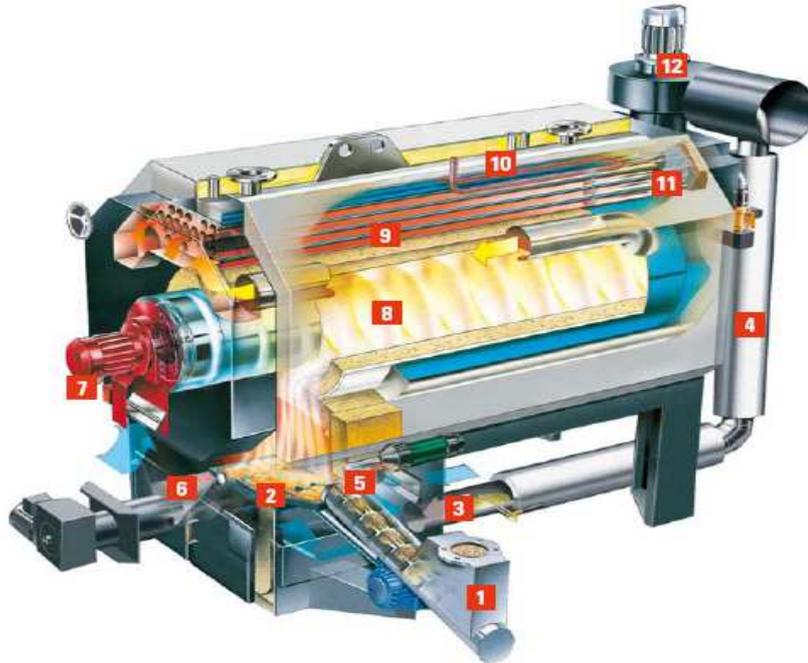


Ilustración 1 Caldera pirotubular de biomasa

Las calderas generan calor mediante la combustión en el quemador, pudiéndose entre seleccionar diferentes equipos en función del combustible utilizado. En el rango de potencia de las microrredes, las calderas más usuales serán las del tipo pirotubular o de tubos de humos. La combustión tiene lugar en la cámara de combustión en la que se generan gases a alta temperatura. A salida de la cámara de combustión los gases son conducidos por el interior de un haz de tubos rodeados de agua a la que ceden calor. A salida de la caldera los gases son conducidos a la atmósfera a través de una chimenea.

En las calderas de condensación se aprovecha el calor latente del vapor de agua presente en los humos, los cuales se enfrían en un intercambiador hasta conseguir que condense el vapor de agua, aumentando el calor cedido en la caldera.

Los principales tipos de combustible utilizados en las calderas son los siguientes:

- Gaseosos: gas natural.
- Líquidos: gasóleo, fuelóleo, gases licuados del petróleo (GLP).
- Combustibles sólidos, como la biomasa.

Los combustibles gaseosos y líquidos comúnmente utilizados son combustibles fósiles, en tanto que la biomasa se considera una fuente de energía renovable con un factor cero de emisiones de CO₂.

4.1.1.1 Combustibles fósiles

Los combustibles gaseosos permiten realizar la combustión con excesos de aire reducidos (con un control adecuado), por su composición los humos contienen menor número de contaminantes y permiten menores temperaturas en chimenea con un mayor aprovechamiento de la energía. El gas natural suele suministrarse mediante canalización, simplificando la logística del suministro.

Los combustibles líquidos más usuales en el sector terciario son el gasóleo y el GLP. Su coste específico por unidad de energía es sensiblemente superior al del gas natural. Para centrales de producción se recomienda su utilización solo como combustible de apoyo o de emergencia. Estos combustibles no se suministran mediante canalización, requiriendo la instalación de un depósito de almacenamiento. Las características de combustión del GLP son similares a las del gas natural, presentando las mismas ventajas. Respecto al gasóleo, la composición del mismo puede incluir cierta cantidad de contaminantes, como por ejemplo compuestos de azufre, debiéndose tener en cuenta su presencia en los humos.

En una instalación con este tipo de combustibles, el rendimiento anual puede estar en el entorno del 90 – 92% sobre el PCI. En el caso que se seleccione una caldera a condensación, el rendimiento anual puede aumentar del orden de 4 – 5%.

Para centrales basadas en combustibles líquidos y gaseosos se recomienda utilizar quemadores dotados de sonda de O₂ en los humos para optimizar la relación aire combustible y con ello el rendimiento anual de la instalación.

4.1.1.2 Biomasa

Por biomasa combustible entenderemos cualquier tipo de materia orgánica cuyo origen inmediato sea un proceso biológico, de origen vegetal o animal y aquellos materiales que procedan de la su transformación natural o artificial y que estén destinados al aprovechamiento energético.

Si nos centramos en la biomasa sólida de origen vegetal, algunos de los tipos de combustibles que podemos tener son:

- Subproductos de aserraderos (serrín, cortezas,...)
- Productos de la industria forestal (astilla,...)
- Madera de rechazo (pallets, cajas,...)
- Paja de cereal
- Pellet

Las características principales de estos combustibles se presentan en la siguiente tabla:

Combustible	Origen	Humedad (%)	Masa volumétrica (kg/m ³)	Poder calorífico (MWh _{PCI} /t)
Corteza	Industria de la madera	40 – 60%	300	2 – 2,5
Astilla, madera troceada	Industria forestal y/o de la madera	25 – 50%	250	2,5 – 3,1
Astilla triturada	Fabricación de pallets, residuos	20 – 30%	190	3,5 – 3,8
Paja	Agricultura	10 – 15%	80 – 125	4,2
Pellet	Producto industrial	5 – 10%	650	4,8 – 5,1

Algunas consideraciones a tener en cuenta en cuanto a la utilización de biomasa como combustible:

- No se utilizarán restos de madera pintada o barnizada, darían lugar a emisiones nocivas y acortarían la vida útil de la caldera.
- El precio de los diferentes combustible varía en función de su granulometría y su humedad relativa. Para comparar económicamente diferentes combustibles se considerará su coste energético específico ($\text{€/MWh}_{\text{PCI}}$).
- Las calderas de biomasa permiten cierta variación en las calidades de combustible a utilizar. Se consultará al fabricante en caso de variaciones importantes: origen del combustible, humedad, granulometría, etc.
- La combustión de la biomasa genera cenizas en la caldera y en los humos que deberán ser enviadas a tratamiento.
- El pellet es un producto industrial obtenido mediante la compactación y aglutinación de serrín. Presenta un elevado poder calorífico y una calidad constante. Se aconseja para caldera de pequeño y medio tamaño (hasta 500 – 700 kW). Para potencias superiores la astilla suele presentar menores costes de compra.

Las principales diferencias de las calderas de biomasa respecto a las calderas de combustibles líquidos y gaseosos se encuentran en el sistema de almacenamiento y alimentación de combustible y en la cámara de combustión.

Se dispondrá de un silo de almacenamiento de biomasa que se dimensionará para la autonomía de funcionamiento requerida (en general, varios días), considerando la volumetría del combustible. Existen diferentes tecnologías para el movimiento de la biomasa dentro del silo: suelo móvil, ballesta móvil con brazo giratorio retráctil o puente grúa.

El trasiego de la biomasa desde el silo hasta la caldera se realizará mediante tornillo sin fin o cinta transportadora. El combustible se alimenta mecánicamente a la parrilla en función de las necesidades térmicas de la caldera. La combustión de la biomasa tiene lugar en una parrilla, que puede ser fija o móvil.

Las calderas de biomasa se dotarán de un sistema de tratamiento de humos para la eliminación de partículas, pudiendo disponer de ciclones, filtros de mangas o de filtros electrostáticos en función de las características de la instalación.

En una instalación de calderas de biomasa el rendimiento anual puede estar en el entorno del 80 – 85% sobre el PCI.

4.1.2 Geotermia

La geotermia se base en el aprovechamiento de la energía almacenada en el terreno en ciclo anual. La geotermia somera se utiliza en climatización combinada con sistemas de calefacción y refrigeración mediante bomba de calor.

El sistema se basa en dos circuitos que intercambian energía en forma de calor o frío a través de una bomba de calor geotérmica reversible. El circuito geotérmico consiste en haces de tubos enterrados en el terreno mientras que el circuito emisor es el que cede la energía térmica al usuario. Los modos de operación son los siguientes:

- Modo calor: el circuito geotérmico recorre el subsuelo captando la energía del mismo. El circuito del emisor cede la energía del terreno, a través de la bomba de calor, al edificio o a la red.
- Modo frío: la bomba de calor en modo frío absorbe calor del edificio o de la red, cediéndolo al subsuelo a través del circuito geotérmico.

Con estos modos de operación se consigue aprovechar la estabilidad térmica del terreno, cuya temperatura se mantiene relativamente estable a lo largo del año. Durante el ciclo de calefacción, la bomba de calor utiliza el terreno como foco frío, el cual se encuentra a una temperatura superior a la del ambiente mejorando el rendimiento de operación de la bomba de calor. Durante el ciclo de verano, el terreno se utiliza como foco caliente, encontrándose a una temperatura inferior a la ambiente con lo que mejora el rendimiento de la máquina de frío. Si el balance anual de energía cedida/absorbida del terreno es prácticamente neutro, se conseguirá que el terreno no se sature térmicamente.

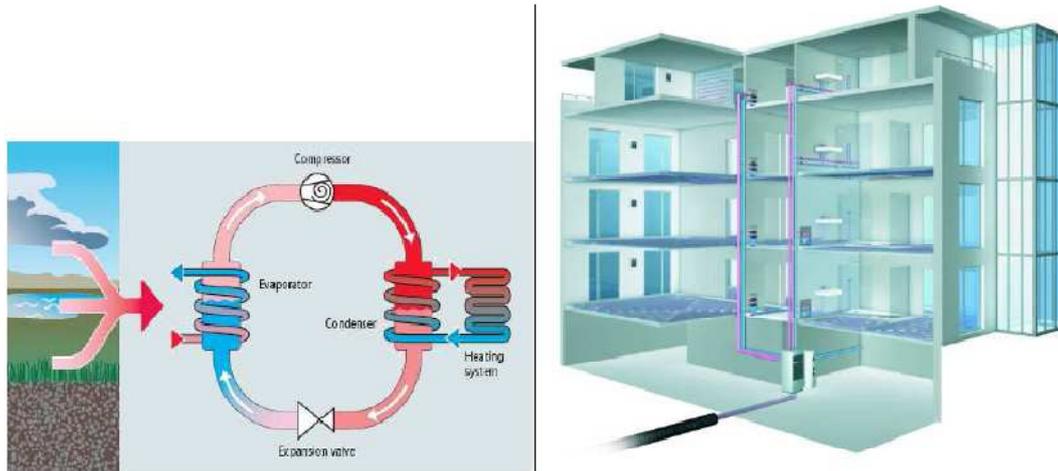


Ilustración 2 Bomba de calor geotérmica

El circuito captador geotérmico estará fabricado mediante materiales plásticos con las características mecánicas adecuadas, con el fin de garantizar una vida útil prolongada del sistema.

4.1.3 Calores residuales

En las microrredes situadas en las proximidades de industrias intensivas en demanda térmica, se recomienda analizar el aprovechamiento de posibles fuentes de energía térmica residual. Se deberá tener en cuenta la cantidad de energía disponible, su nivel térmico y las inversiones necesarias para su aprovechamiento.

De modo similar a los procesos industriales, existen referencias de aprovechamiento de calor residual de plantas de incineración de residuos.

4.2 Producción de frío

En las microrredes con distribución de frío deberá contarse con máquinas de producción de frío. A efectos de esta guía solo se consideran equipos para producción de agua para climatización (5 – 7°C).

4.2.1 Máquinas eléctricas

En general, las máquinas frigoríficas con accionamiento eléctrico son las más usuales en la producción de frío para climatización. La producción de frío se consigue mediante un ciclo cerrado de expansión/compresión. Existen diferentes tecnologías de compresión, pudiendo encontrarse compresores de tipo scroll, tornillo o centrífugos.



Ilustración 3 Máquina enfriadora con compresor de Tornillo

Para el funcionamiento del equipo debe cederse calor al ambiente, generalmente se utilizan torres de refrigeración o aerorrefrigerantes secos (baterías de tubos aleteados). Las torres de refrigeración presentan como ventaja un mayor rendimiento de la instalación pero suponen un consumo de agua, con su correspondiente coste.

El rendimiento energético, relación entre la producción de frío y el consumo eléctrico, de las máquinas de frío eléctricas puede variar entre el 2,0 y el 5,0.

4.2.2 Máquinas de absorción

Las máquinas de absorción son equipos de producción de frío accionadas térmicamente, utilizándose calores residuales, procedentes de una planta de cogeneración o energía solar térmica. El fluido calorportador puede ser vapor, agua caliente o gases de combustión.

Para las máquinas de absorción se recomienda el empleo de torres de refrigeración, no recomendándose la utilización de aerorrefrigerantes secos.



Ilustración 4 Máquina de absorción

El rendimiento energético, relación entre la producción de frío y el consumo de calor, de las máquinas de absorción puede variar entre el 0,6 y el 1,3.

4.3 Cogeneración

La cogeneración es la generación simultánea en el mismo proceso de energía térmica (calor útil) y eléctrica y/o mecánica. La cogeneración une a la eficiencia energética con la generación distribuida aportando flexibilidad y disponibilidad al sistema energético:

- La eficiencia energética implica reducción de emisiones y ahorro de energía primaria, siendo la solución con mayor potencial de contribución al objetivo de evitar el aumento de la temperatura del planeta.
- La generación distribuida evita pérdidas en las redes de transporte y distribución y ofrece seguridad de suministro a nivel local al generarse la energía cerca del punto de consumo.

Desde el punto de vista de las microrredes, la generación de energías de manera eficiente permite una reducción de los costes de producción de energías.

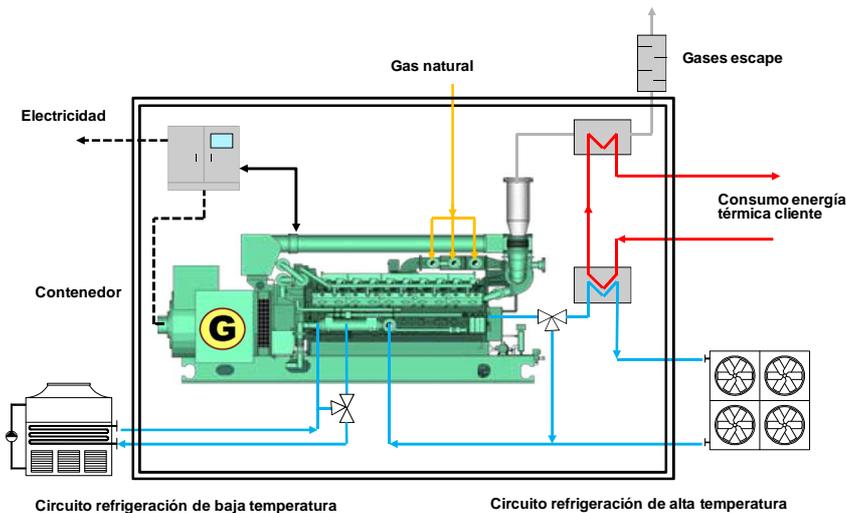


Ilustración 5 Esquema de un módulo de cogeneración

Existen diferentes tecnologías de cogeneración, las más usuales son los motores a gas natural y las turbinas de gas. Las tecnologías de turbina de vapor y/o de ciclo ORC se utilizan en los casos en que se disponga de un calor residual con una temperatura elevada o, en algunos casos, mediante la generación de calor mediante biomasa.

La potencia de los equipos de cogeneración en el mercado varía desde los 5 kWe hasta más de 10 MWe. Para las microrredes, el rango de potencia puede estar en el entorno de los 1.000 kWe, en función del tamaño de la red. En general, la planta de cogeneración se dimensionará para cubrir la demanda base, maximizando el tiempo de operación de la misma.

Se habla de trigeneración cuando además de electricidad y calor se genera frío mediante una máquina de absorción.

La reglamentación vigente para la cogeneración exige el cumplimiento de un rendimiento energético mínimo para poder autorizar dichas instalaciones.

5. Tuberías de distribución:

5.1 Medios de transporte:

Los principales medios que se utilizan para la distribución de energía térmica calorífica y /o frigorífica en entornos industriales y o residenciales son los siguientes:

Aire caliente.

Agua caliente.

Vapor/agua sobrecalentada

Agua Fría

La selección de un medio u otro dependerá de las temperaturas de funcionamiento que se precisen y de la cantidad de energía a transportar y transferir, ya que para procesos de gran consumo se requerirán medios con un elevado contenido energético. Es habitual que una industria disponga de más de una red de distribución de energía dependiendo de los usos a los que la destine (agua caliente y vapor, o agua caliente y calefacción, etc.).

Normalmente se utiliza agua caliente, ya que presenta una ventaja respecto de la utilización de aire caliente, debido a su mayor contenido energético específico que permite transportar mucha más energía a igual tamaño de las conducciones.

El intercambio de calor que se produce es de tipo sensible, de manera que el agua, a la salida de los puntos de consumo, ha perdido parte de la temperatura que tenía, debiendo ser devuelta a la caldera para que vuelva a elevar su temperatura hasta el valor requerido por el proceso.

Otro fluido térmico mediante el cual podemos obtener calor de proceso es el vapor de agua o agua sobrecalentada. Resulta fácil de transportar por medio de una red de tuberías y tiene un contenido energético muy alto. A pesar de ello, su uso también presenta inconvenientes como son la generación de condensado en las redes, lo que comporta en muchas ocasiones problemas de corrosión y las pérdidas de energía que se producen por fugas.

Las tuberías que forman parte de una microrred de distribución y transporte, por donde circula el agua desde la central de producción hasta los puntos de consumo, pueden ser de materiales muy variados dependiendo en muchos casos de las características de la aplicación particular para la que se utilizarán.

Para la correcta operación y explotación de una red, se requiere la utilización de agua de buena calidad, siendo habitualmente necesario tratarla utilizando procesos de filtrado e incluso ósmosis para reducir su contenido en minerales que pueden ocasionar incrustaciones en la caldera y en el interior de las tuberías de la red. Asimismo se aditivará el agua con un agente anticorrosivo para evitar problemas de corrosión.

Los materiales más usados para tuberías son el acero y plásticos flexibles. Actualmente la gran mayoría de tuberías son pre aisladas, dadas sus bajas pérdidas térmicas, así como su gran durabilidad y facilidad de instalación respecto de lo que sería la instalación por separado de tuberías y aislamiento.

- Tuberías Rígidas
- Tuberías Flexibles

Los aislamientos en las redes de distrito deben acompañar tanto las líneas de impulsión como las de retorno, aunque el salto térmico sea elevado y la temperatura de retorno sea baja.

Generalmente estas tuberías se componen de tres partes:

- La tubería por la que circula el fluido.
- El aislamiento encargado de disminuir las pérdidas térmicas.
- La cubierta exterior protectora.

Las pérdidas térmicas de la red no sólo dependen de la temperatura del fluido sino que también vienen determinadas por el diámetro de la tubería. A medida que aumenta el diámetro de la tubería mayores son las pérdidas térmicas, pero menores son las pérdidas respecto a la capacidad de transporte, tanto para la red de frío como la de calor.

Es importante destacar que las pérdidas por rozamiento a lo largo de las tuberías van en favor de la red de calor y en contra de la red de frío, puesto que con el rozamiento se libera una cierta cantidad de calor.

5.2 Aplicaciones:

Normalmente para la instalación de microrredes se utilizan tuberías plásticas y/o metálicas en función de las características técnicas de la red, así como de su trazado.

Las tuberías pre aisladas están diseñadas para el transporte de agua destinada a calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y/o agua potable con el objetivo de conseguir un ahorro energético gracias a su aislamiento.

El tipo de servicios:

Agua caliente/fría sanitaria.

Agua potable.

Agua de calefacción.

Agua de refrigeración.

Para aplicaciones de:

Viviendas: Agua caliente sanitaria, agua fría sanitaria, agua potable, sistemas de climatización.

Industria: Industrial química, alimentaria y sistemas de refrigeración

Plantas de biogás

Plantas de Biomasa District Heating & Cooling

Sistemas de energía solar

Plantas de energía convencional, transporte de productos químicos, plantas de riego.

Plantas de refrigeración

Transporte de agua

5.3 Tipos de tuberías:

Las tuberías pre aisladas se dividen en dos principales familias:

- Tuberías Rígidas
- Tuberías Flexibles

En bobinas para las tuberías flexibles o en barras de 6 y 12 metros para las tuberías rígidas.

La elección del tipo de tubería depende del objetivo buscado.

5.3.1 Tubería flexible pre aislada plástica:

Normalmente la tubería pre aislada plástica se divide en 3 partes:



Los diámetros de las tuberías pre aisladas flexibles están comprendidos entre los diámetros de 20 mm hasta 160 mm de tubería y en función del tipo de espesor llegan a tener un espesor de hasta 200 mm exterior.

5.3.1.1 La tubería portadora:

Normalmente PEX o HDPE: Son tuberías plásticas en función de la aplicación, dependiendo si es un sistema de calefacción o un sistema de refrigeración. El tubo portador de PE-X es resistente a la temperatura, a las incrustaciones y a las fisuras por esfuerzos.

Se recomienda el uso de tuberías certificadas por AENOR o por entidades de reconocido prestigio como DWGV.

Características de PEX-a:

Propiedades mecánicas	Norma	Temperatura	Valor de referencia	Unidad
Densidad			938	kg/m ³
Resistencia a la tracción	DIN 53455	20 °C	19 – 26	N/mm ²
	DIN 53455	80 °C	9 – 13	N/mm ²
Módulo de elasticidad	DIN 53457	20 °C	600 – 900	N/mm ²
	DIN 53457	80 °C	300 – 350	N/mm ²
Dilatación de rotura	DIN 53455	20 °C	350 – 550	%
	DIN 53455	100 °C	500 – 700	%
Resistencia al choque	DIN 53453	-140 °C	Sin rotura	kJ/m ²
	DIN 53453	20 °C	Sin rotura	kJ/m ²
	DIN 53453	100 °C	Sin rotura	kJ/m ²
Absorción de humedad	DIN 53472	22 °C	0,01	mg/4d
Coefficiente de fricción con acero			0,08 – 0,1	
Permeabilidad al oxígeno (sólo tubos Thermo)	DIN 4726	40 °C	< 0,1	mg/ld

Propiedades mecánicas	Norma	Temperatura	Valor de referencia	Unidad
Temperatura de uso			desde -50 hasta +95	°C
Coefficiente de dilatación lineal		20 °C	1,4 x 10 ⁻⁴	m/mK
		100 °C	2,05 x 10 ⁻⁴	m/mK
Temperatura de reblandecimiento			+133	°C
Calor específico			2,3	kJ/kgK
Conductividad térmica	DIN 4725		0,35	W/mK

Dimensiones del tubo	Diámetro interior di [mm]	Dn	Volumen [l/m]
SDR 11			
25 x 2,3	20,4	20	0,327
32 x 2,9	26,2	25	0,539
40 x 3,7	32,6	32	0,835
50 x 4,6	40,8	40	1,307
63 x 5,8	51,4	50	2,075
75 x 6,8	61,4	65	2,961
90 x 8,2	73,6	80	4,254
110 x 10	90	100	6,362
SDR 7,4			
25 x 3,5	18	20	0,254
32 x 4,4	23,2	25	0,423
40 x 5,5	29	32	0,661
50 x 6,9	36,2	40	1,029
63 x 8,6	45,8	50	1,633

Tabla 01. Características de PEX. Fuente Uponor

Características de HDPE (PE-100):

Propiedad	Norma	PE-100 (valores de referencia)	Unidad
Densidad a 23 °C	DIN 53479 ISO 1183 ISO/R 1183	Aprox. 0,96	g/cm ³
Resistencia a la rotura	DIN 53495	38	N/mm ²
Dilatación de rotura	DIN 53495	> 600	%
Tensión de fluencia	DIN 53495	25	N/mm ²
Módulo E (ensayo de tracción)	ISO 178	Aprox. 1.200	N/mm ²
Dureza	ISO 2039	46	N/mm ²
Temperatura de reblandecimiento Vicat	DIN/ISO 306		
VST-A/50		127	°C
VST-B/50		77	°C
Conductividad térmica (20 °C)	DIN 52612	0,38	W/mK
Temperatura de uso		desde -10 hasta +40	°C
Coefficiente de dilatación térmica longitudinal	DIN 53752	1,8 x 10 ⁻⁴	1/°C
Comportamiento frente al fuego	DIN 4102 parte 1 B2		-

Tabla 02. Características de HDPE. Fuente Uponor

5.3.1.2 El aislante:

Podemos encontrarnos dos tipos de aislante:

- Espuma para el aislamiento de polietileno reticulado categoría A (PE-Xa). Aislante por capas

Propiedad	Norma	Unidad	Valor
Absorción de agua en 24 días	DIN 53428	vol. %	< 1,0
Dilatación de rotura	DIN 53571	%	204
Peso específico	DIN 53420	kg/m ³	~ 30
Resistencia a la tracción	DIN 53571	N/cm ²	24
Resistencia a la rotura	DIN 53575	N/mm	1,38
Endurecimiento por deformación (50 % de deformación)	DIN 53577	kPa	71
Inflamabilidad	DIN 4102		B2

Tabla 03. Características espuma Pex-a. Fuente Uponor

- Espuma para el aislamiento de poliuretano (PUR). Aislante compactado

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	kg/m ³	45-60
Absorción agua cuando hierve	% (vol)	<10
Resistencia a la compresión 10% de deformación	N/mm ²	0.3
Resistencia a la deformación axial	N/mm ²	0.12
Resistencia a la deformación tangencial	N/mm ²	0.20
Conductividad térmica a 50°C	W/m°C	0.028
Máxima temperatura de funcionamiento	°C	140

Tabla 04. Características espuma PUR. Fuente Inpal.

La función del aislante es evitar las posibles pérdidas térmicas.



Fuente Uponor



Fuente Inpal

5.3.1.3 Tubo envolvente

La función que tiene es la de garantizar la estanqueidad de las tuberías y la protección del aislante.

Podemos encontrar diferentes tipos de corrugado:

PE- 80: tubo envolvente de polietileno de alta densidad, estable y resistente a golpes. Protege de las influencias externas a las capas aislantes y al tubo portador.

Propiedad	Norma	Unidad	Valor
Material	-	-	PE-80
Estabilidad UV	-	-	Sí
Comportamiento frente al fuego	DIN 4102	-	B2
Densidad	ISO 1183	kg/m ³	957 – 959
Módulo E	ISO 527-2	MPa	~ 1000

Tabla 05. Características PE-80. Fuente Uponor.

PEBD: tubo envolvente de polietileno de baja densidad, protege de las influencias externas a las capas aislantes y al tubo portador.

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	kg/m ³	918-922
Conductividad térmica	W/m°C	0.33
Temperatura de cristalización y fundición	°C	122

Tabla 06. Características PEBD. Fuente Inpal.

El material tiene que estar adaptado a todas las directivas nacionales e internaciones como un material apto para canalizaciones enterradas.

5.3.2 Tubería Rígida

Las tuberías rígidas son las tuberías pre aisladas más robustas. Pueden soportar presiones y temperaturas más altas que las tuberías flexibles.

Sus rangos de trabajo oscilan entre el DN 20 mm hasta 1000 mm.



Este tipo de material dispone de múltiples accesorios para realizar conexiones y derivaciones. Además, las uniones entre las tramas de tubería, se realizan con material específico para aislar en obra y garantizar la estanqueidad de la red. Estas conexiones deben ser realizadas por personal especializado ya que requieren un trabajo manual complejo y que pueden ser fuente de futuras fugas que limiten su durabilidad.

Las prescripciones de calidad de las Normas Europeas a respetar son:

EN253: Canalizaciones pre aisladas

EN448: Piezas y uniones pre aisladas

EN488: Válvulas pre aisladas

EN489: Aislamiento y juntas de unión

EN13941: Concepción y cálculos de redes pre aisladas

Las tensiones provocadas sobre la tubería en contacto con el fluido se transmiten a través de los materiales. Se debe tener en cuenta las posibles dilataciones, previendo elementos que controlen estos pequeños desplazamientos.



Fuente Inpal

5.3.2.1 Tubería portadora

Generalmente se compone de acero negro para un uso estándar según la normativa EN 10217-1, 10217-2, 10217-5.

El tipo de acero empleado es P235GH, P235Tr1, P235Tr2.

Para casos concretos es posible utilizar tubería de cobre o de acero inoxidable.

5.3.2.2 El aislante

El aislamiento se compone de espuma de poliuretano inyectada.

Propiedad	Norma	Unidad	Valor
Densidad		Kg/m ³	80
Conductividad térmica	EN ISO 8497	W/Mk	< 0,027
Resistencia a la compresión	EN253	Mpa	> 0,3

5.3.2.3 Tubo envolvente

La funda exterior está compuesta de polietileno de alta densidad (PEAD).

Propiedad	Norma	Unidad	Valor
Densidad		Kg/m ³	935
Dimensiones	EN ISO 3126		
Tipo	EN ISO 12162		PE80

5.4 Obra

Diseño en zanja:

Una parte importante del coste del tendido de tuberías en los sistemas de microrredes es la parte correspondiente a la obra civil, es decir, a la zanja (excavación y relleno posterior).



Fuente Inpal



Fuente Uponor

Existen tuberías pre aisladas que tienen elevada resistencia a cargas radiales con el objetivo de soportar el paso de vehículos pesados, esta certificación se realiza conforme a ATV DVWK-A127, entidad de reconocido prestigio, donde se demuestra que, en las condiciones de instalación definidas, los tubos pre aislados son aptos para los esfuerzos que supone el tráfico pesado de hasta 60 Tn.

Es importante tener en cuenta no sólo el coste de las tuberías (que dependerá del diámetro y clase de las mismas) sino también los siguientes costes asociados a las particularidades de cada material ofrecido en el mercado:

- Costes de Instalación de las Tuberías. Hay que analizar la dificultad de la instalación, así como los costes de excavación y relleno ocasionados por el tipo de zanja que estas demanden para soportar adecuadamente las cargas actuantes.
- Coste de las Protecciones necesarias contra la Corrosión.
- Coste de junta de dilación en función del tipo de tubería.

5.5 Elección del tipo de tubería

En función de la aplicación, las condiciones de servicio y el tipo de recorrido, se tienen que definir la red de distribución.

En el mercado existen tuberías pre aisladas adaptadas para cada caso que garantizan la estanqueidad y seguridad para este tipo de sistemas e instalaciones.

Los criterios para la selección del tipo de tubería a utilizar dependen de todos los puntos analizados anteriormente. Aun así las tuberías flexibles pre aisladas plásticas ofrecen ventajas para este tipo de instalaciones siempre y cuando las condiciones de servicio lo permitan.

Actualmente la gran mayoría de las tuberías son preaisladas flexibles, dadas sus bajas pérdidas térmicas, así como su gran durabilidad y facilidad de instalación respecto de lo que sería la instalación por separado de las tuberías y el aislamiento.

La gran calidad de los sistemas preaislados se define por las cualidades de sus distintos componentes. La combinación de un tubo envolvente estable, y al mismo tiempo flexible, una capa aislante de polietileno reticulado resistente al paso del tiempo y un tubo portador robusto y duradero da lugar a un sistema de tuberías que se tiende de forma rápida y sencilla y ofrece un funcionamiento fiable. Con este tipo de instalación reducimos costes y el riesgo de fugas, ya que se elabora con grandes rollos de tuberías continuos.



Fuente Uponor



Fuente Inpal

5.6 Criterios de diseño

Para el diseño de una microrred hay que tener en cuenta las diferentes características del proyecto:

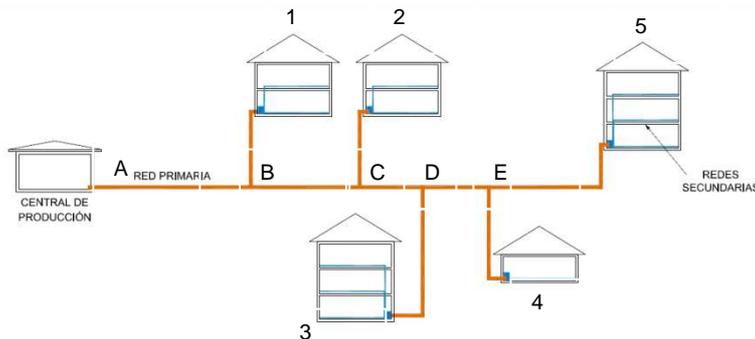
- El recorrido de la red,
- El número de puntos de consumo y su ubicación,
- El tipo de terreno por el que discurrirá, (si esta urbanizado, si es campo abierto, si es llano o si hay desnivel).
- La afectación de los servicios existentes.

Para el cálculo de diámetros, se utilizan:

- las temperaturas de ida y retorno,
- la velocidad del fluido y pérdida de carga,
- la presión y las potencias a suministrar,
- el caudal másico así como la temperatura en la puesta en obra.

Ejemplo para dimensionar una microrred de calefacción:

Tomamos una instalación centralizada tipo como la de la figura:



Estos son los pasos a seguir para realizar el dimensionado de la instalación:

- En una primera fase se determinan las potencias necesarias de calefacción para cada punto de consumo.
- En una segunda fase se determinan las condiciones de servicio de la red:
 - Caudal (m^3/h)
 - Salto térmico (Temperaturas de ida y retorno) ($^{\circ}\text{C}$)
 - Velocidad del fluido (m/s)
- Con las condiciones de funcionamiento de la red y las potencias necesarias se seleccionan los diámetros necesarios de tubería.
- Por último se procede a la selección del tipo de tubería.

Al ser un sistema de calefacción, el primer paso es conocer la demanda energética para poder conocer la potencia térmica necesaria a suministrar.

Para un correcto cálculo de la demanda energética anual de calefacción lo más indicado es emplear un programa de cálculo horario que realice una simulación energética de los diferentes puntos de consumo.

Para realizar un cálculo manual podremos emplear un método aproximado como el “método de los grados-día”. Los resultados obtenidos con este método son aproximados y no deberían emplearse para obtener resultados que tengan carácter vinculante en contratos de gestión energética.

En el ejemplo que nos ocupa, las potencias térmicas demandas ya se han calculado previamente según los métodos establecidos:

Edificio	Potencia (W)
1	43100
2	30800
3	14000
4	20600
5	19500

A partir de este punto, una vez determinada la potencia térmica necesaria en cada área, podemos empezar a dimensionar la tubería.

En la mayoría de casos, y teniendo en cuenta que pérdidas de carga altas suponen inversiones mayores en equipos de bombeo, se suele considerar como valores óptimos 250 Pa/m y 1,5 m/s para pérdidas de carga y velocidad respectivamente.

Siguiendo con el ejemplo mencionado, si las condiciones de temperatura de agua del sistema son:

$$t_1 = 80 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Siendo: t_1 = temperatura entrada del agua.

t_2 = temperatura de salida del agua.

Con estos valores obtendremos una diferencia de temperatura:

$$\Delta T = (t_1 - t_2) = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

El diámetro de la tubería también se puede seleccionar en función del caudal másico. El caudal másico necesario se calcula con una fórmula:

$$q_m = \frac{\Phi}{\Delta t \times c_p}$$

Siendo: q_m = Caudal másico Kg/s

Φ = capacidad kW

Δt = diferencia de temperatura $^\circ\text{C}$

c_p = capacidad calorífica específica del agua 4,19 kJ/kgK

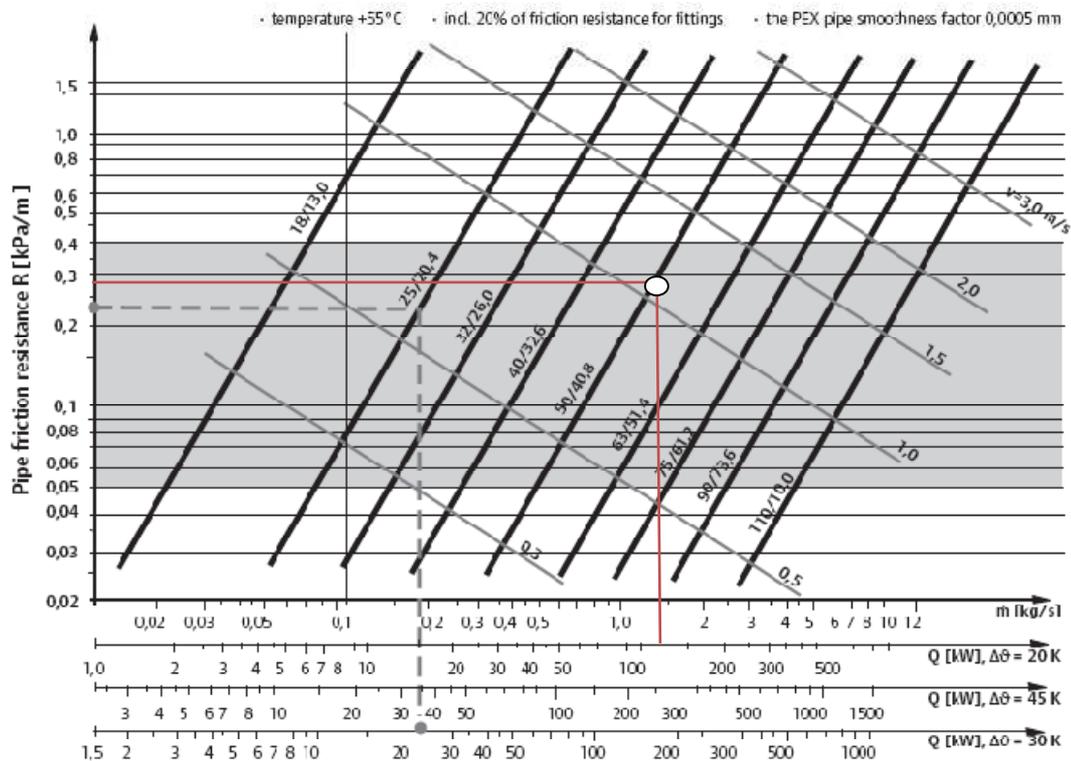
Las condiciones de servicio serán marcadas por el técnico competente y según su criterio de cálculo.

Si nos fijamos en la gráfica 01, observamos que la zona de pérdida de presión recomendada aparece en color más oscuro para el caso de tuberías plásticas Pex-a.

El diagrama incluye valores nominales ΔT 20, 45 y 30 para los cambios de temperatura. En función del salto térmico, la potencia térmica y la pérdida de presión admisible por tramo de tubería podemos seleccionar cual es el diámetro más óptimo para la instalación.

Para el caso de tuberías pre aisladas plásticas la pérdida de carga no tiene que sobrepasar en tramos rectos los 400 Pa/m y se fija una velocidad máxima de 3,5 m/s para este tipo de tuberías.

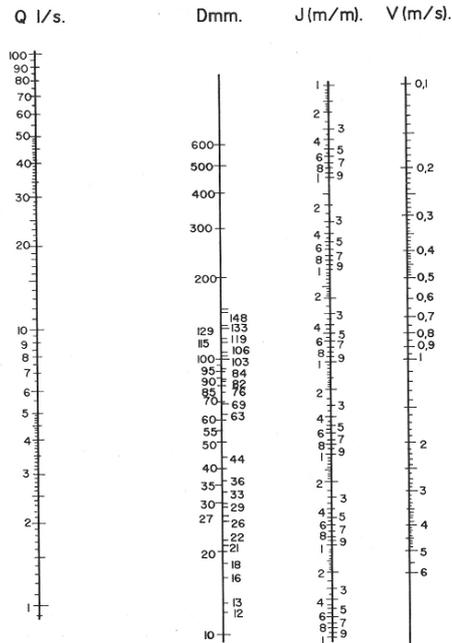
Así por ejemplo para el tramo de A a B, que transporta 128 kW con ΔT de 20 K, leemos que para una tubería pre aislada plástica le corresponden una pérdida de carga de 296 Pa/m y 1,39 m/s de velocidad, valores inferiores a los límites marcados.



Gráfica 02. Nomograma de pérdida de carga -caudal – velocidad

En el caso del acero negro el diagrama incluye valores de caudal (l/s) y velocidad del fluido (m/s). En función del caudal y la pérdida de presión admisible por tramo de tubería podemos seleccionar cual es el diámetro más óptimo para la instalación.

Para el caso de tuberías de acero negro los criterios de diseño normalmente son una pérdida de carga que no sobrepase en tramos rectos los 300 Pa/m y una velocidad máxima de 3 m/s.



Gráfica 03. Nomograma de pérdida de carga -caudal – velocidad tubería de acero

Para establecer que diámetro es el adecuado, basta con entrar en el nomograma de pérdida de carga facilitado por cada fabricante y el tipo de tubería, y leer que pérdida de carga y que velocidad se corresponden con ella.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de potencias caloríficas necesarias en cada uno de los tramos así como los diámetros obtenidos:

Núm	Edificios conectados	Potencia instalada (W)	Temperatura ida (°C)	Salto Térmico (°C)	Caudal (l/h)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (Pa/m)	Diámetro de tubería (")
A-B	Sala de máquinas	128000	80	20	5640	1,19	296	1/1/2
B-C	Tramo B-C	84900	80	20	3740	0,79	142	1/1/2
C-D	Tramo C-D	54100	80	20	2383	0,79	185	1/1/4
D-E	Tramo D-E	40100	80	20	1766	0,91	309	1
1	Edificio 01	43100	80	20	1899	0,98	352	1
2	Edificio 02	30800	80	20	1357	0,69	193	1
3	Edificio 03	14000	80	20	67	0,52	158	3/4
4	Edificio 04	20600	80	20	907	0,71	313	3/4
5	Edificio 05	19500	80	20	859	0,71	284	3/4

Una vez calculado el diámetro de tubería y sus condiciones de servicio, podemos realizar el cálculo de pérdida térmica.

Cálculo de Pérdidas térmicas:

El cálculo de la Pérdida térmica se realiza en función de la tubería utilizada, sus componentes y su espesor de aislante. También es importante conocer las temperaturas de trabajo y el salto térmico de la misma y las condiciones exteriores.

Los cálculos para las pérdidas térmicas se realizan en base a lo especificado en la normativa europea EN13941 de Concepción y Cálculo de Redes Pre aisladas.

El cálculo de la pérdida de calor por metro lineal de un par de tuberías enterradas puede calcularse con las formulas siguientes:

$$\Phi_f = U_1(t_f - t_s) - U_2(t_r - t_s)$$

$$\Phi_r = U_1(t_r - t_s) - U_2(t_f - t_s)$$

Donde :

Φ_f : Pérdida de calor tubería ida (W/m).

Φ_r : Pérdida de calor tubería retorno (W/m).

U_1 & U_2 : Coeficientes de pérdidas de calor

$$U_1 = \frac{R_s + R_i}{(R_s + R_i)^2 - R_h^2}$$

$$U_2 = \frac{R_h}{(R_s + R_i)^2 - R_h^2}$$

t_f & t_r : Temperaturas de ida y vuelta (°C)

t_s : Temperatura del suelo a una profundidad z (°C)

Donde :

R_s : es la resistencia de aislamiento del suelo

R_i : es la resistencia de aislamiento del aislante

R_h : es la resistencia de aislamiento del intercambio de calor entre la tubería de ida y vuelta.

A partir de este punto podemos analizar por un lado el coeficiente de conductividad térmica del material en función de la tubería utilizada y por otro lado analizar las pérdidas térmicas de la tubería por metro lineal.

6 Subestaciones

6.1 Aspectos generales

Las subestaciones realizan la conexión entre la red y los consumidores (edificios o instalaciones). Las subestaciones adecuan la presión y la temperatura de la red de distribución a las condiciones necesarias para el consumo del edificio.

Las subestaciones consisten en un equipo de regulación y control, un equipo de contaje y, en función del tipo de subestación, también disponen de equipos de intercambio o de almacenaje. En función del tipo de consumo existen principalmente dos tipos de subestaciones, de conexión directa y de conexión indirecta. La diferencia consiste en si el agua de la red de distribución entra directamente en los emisores de energía de los edificios (sistema de conexión directa), o bien si se produce la transferencia de calor mediante un intercambiador de calor de forma que los circuitos se independizan (sistema indirecto).

En algunos casos muy específicos (microrredes de tamaño muy pequeño, número de clientes muy reducido y del mismo titular, etc.) se puede llegar a plantear la conexión directa del edificio a la red de tuberías, conectando la red a una zona de colectores o directamente al punto de consumo para dar servicio.

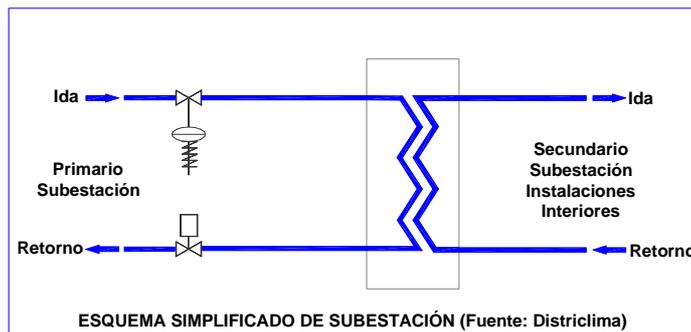
La utilización de subestaciones será imprescindible cuando:

- Se tiene que adecuar la temperatura del fluido de la red a la temperatura de uso en los edificios, por ejemplo, cuando se usa vapor o agua recalentada para transportar energía a viviendas.
- Cuando se quiere independizar la red de distribución del usuario.

Esquema de subestación

Se incluye un esquema simplificado de subestación para facilitar e ilustrar los conceptos expuestos en esta sección.

Esquema simplificado de una subestación:



Fuente DistriClima

Suministro de red; Intercambiador; Impulsión; Retorno a red; Retorno; Primario subestación (red de distribución); Secundario subestación (instalaciones interiores).

- **Conexión directa**

Mediante la conexión directa, el agua de la red de distribución es transferida directamente al circuito de calefacción/refrigeración propio del edificio. Esta conexión es ventajosa porque utiliza unos aparatos muy simples y de bajo coste y evita también el salto térmico que se produce en el intercambiador. El cliente se ahorra la instalación de intercambiadores de calor y bombas.

La desventaja es que no existe una separación entre el circuito primario y el secundario. La regulación se lleva a cabo en los propios emisores y puede ser por variación de caudal o por variación de la temperatura de impulsión. En caso de que la red sufra aumentos de temperatura o presión, el sistema secundario también los sufrirá. En cualquier caso, si un sistema secundario (sistema de un cliente) tiene una pérdida o fuga, ésta repercute en todo el circuito.

En general, el explotador de la red controla cada una de las subestaciones para poder aislarlas si la red o el subsistema secundario tiene algún problema de los mencionados.

El agua caliente sanitaria puede calentarse en un tanque de acumulación con intercambiador interior o exterior, o bien directamente mediante un intercambiador de calor, incluyendo siempre un sistema de intercambio respecto a la red de distribución.

De todos modos, destacar que las subestaciones de conexión directa sólo se han utilizado en microrredes. En general, el sistema de conexión directa no es recomendable.

- **Conexión indirecta**

Esta solución es la más extendida. La conexión indirecta utiliza intercambiadores de calor que separan el circuito primario del circuito secundario, es decir, los emisores propios del edificio.

Es un sistema más caro que el anterior, pero permite una separación entre la red y el edificio, reduciendo el riesgo de fugas de agua en la instalación del usuario. Las condiciones de funcionamiento en el interior de los edificios son más estables, ya que las fluctuaciones de temperatura de la red no afectan a este sistema.

Para cargas térmicas hasta un máximo de 1.500 kW el mercado ofrece módulos compactos y prefabricados que tienen un menor tiempo de instalación. De todos modos es recomendable comprobar antes que los accesos de la obra permiten el paso de la subestación modular hacia su posición final de instalación.

La producción de ACS se podrá realizar tanto a partir de la instalación secundaria de calefacción, como mediante un intercambiador independiente conectado directamente al primario de la red, en paralelo con el intercambiador de calefacción.

Sin embargo, en ambas soluciones el sistema deberá permitir elevar la temperatura del ACS hasta el valor requerido por la legislación sobre legionelosis.

Intercambiadores de calor de las subestaciones

Los intercambiadores de calor permiten la transmisión de calor, o de frío, entre el circuito primario (red) y el secundario (instalaciones interiores) a la vez que separan hidráulicamente ambos circuitos.

En algunas redes de calor, esta separación se realiza mediante un depósito acumulador. El agua caliente del interior del depósito corresponde al circuito secundario. En caso de tratarse de acumuladores de dimensiones relativamente pequeñas (volúmenes de hasta 1.000 litros), se pueden considerar equipos con intercambiador interior un serpentín, por donde circula el agua del primario. Para acumuladores de más de 1.000 litros, se dispone de un intercambiador de placas exterior.

En redes de distrito antiguas se utilizaban intercambiadores de carcasa y tubos, especialmente en redes que distribuían el agua a temperaturas por encima de 100 °C. Con la aparición de los intercambiadores de placas, estos últimos han pasado a ser los más utilizados en las subestaciones.

Hay dos tipos de intercambiadores de calor de placas que se usan y que se diferencian básicamente por la unión de sus placas: termo-soldados y de juntas.

Los intercambiadores termo-soldados son más económicos y requieren poco mantenimiento por la ausencia de juntas. Este tipo de intercambiadores tienen el inconveniente de que sólo cubren hasta una cierta potencia y no pueden ser abiertos para inspección.

En cuanto a los intercambiadores de juntas, que cubren toda la gama de potencias, son más caros y requieren un mantenimiento (hay que cambiar las juntas cada cierto tiempo). Una ventaja importante es que al disponer de juntas, es posible desmontar las placas del intercambiador para limpiar las incrustaciones.

Todos los intercambiadores de calor utilizados en el sistema centralizado de distrito deberían cumplir con los requisitos de la norma EN 1148.

Se recomienda aislar térmicamente los intercambiadores para evitar las pérdidas térmicas.

No es posible definir las condiciones de trabajo de los intercambiadores de calor de las subestaciones ya que se eligen después de estudiar cada caso en concreto con sus particularidades correspondientes. Así pues no es posible facilitar unos valores de referencia válidos para todos los casos posibles, aunque sí se dan unos rangos de temperaturas orientativos:

Condiciones típicas de las subestaciones.

CALOR	Primario (sistema centralizado de distrito)	Secundario (usuario)
Temperatura entrada	Mínimo 90 °C	Máximo 55 °C
Temperatura salida	Máximo 60 °C	Máximo 85 °C
FRÍO		
Temperatura entrada	Máximo 5,5 °C	Mínimo 7 °C
Temperatura salida	Mínimo 14 °C	Mínimo 15,5 °C

6.1.1 Diferencias entre subestaciones

Una de las principales diferencias entre las diferentes tipologías de subestaciones está vinculada al punto de consumo: si se abastece a un usuario doméstico o a un edificio de servicios (oficinas, comercios, centro sanitario, etc.).

En el primer caso, las subestaciones deben adaptar sus dimensiones para poder colocarlas dentro de las viviendas. Cada subestación incluye el intercambiador, el contador de energía y los equipos necesarios de regulación y control.

Un ejemplo donde se encuentra este tipo de subestación es la red de Molins de Rei "La Granja". En el segundo caso, existe una subestación centralizada para todo el edificio que conforma un cliente único para el gestor de la red de distrito.



Subestación de DH de Molins de Rei "La Granja". Fuente Ditriclima

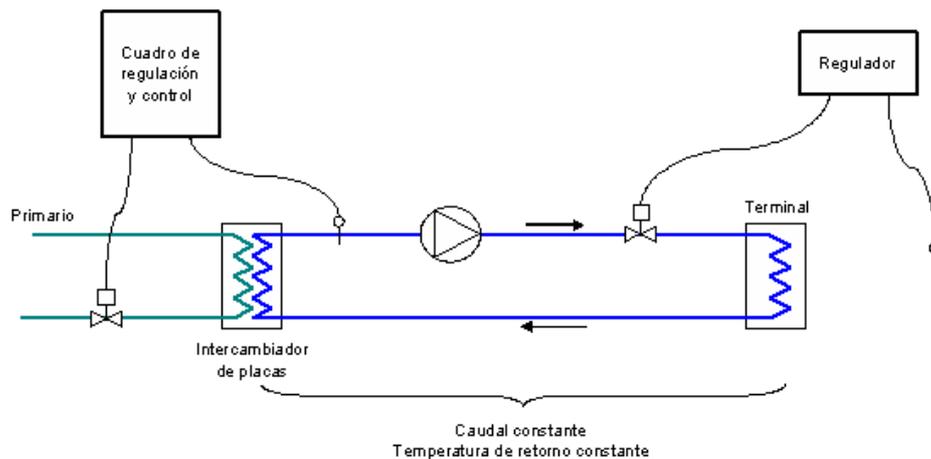


6.2 Instalaciones interiores

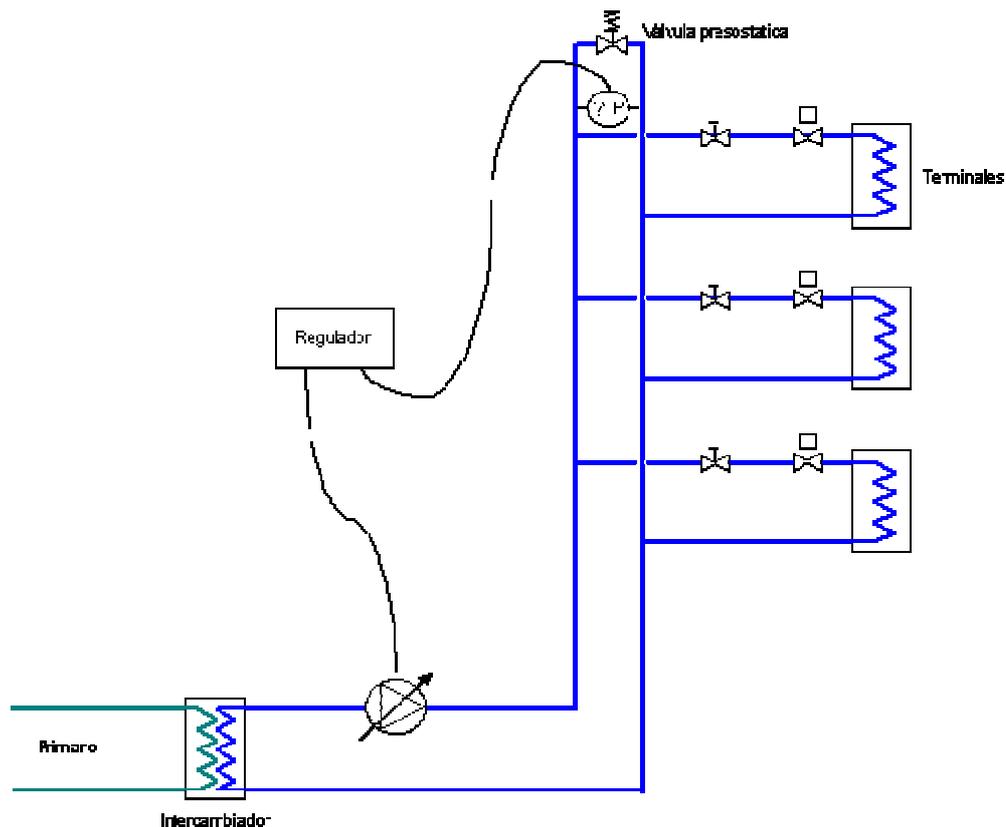
Entendemos por instalaciones interiores el circuito secundario de los edificios conectados a la red. En este apartado se presentan diferentes recomendaciones para el diseño de las mismas.

6.2.1 Regulación de instalaciones interiores

Tal y como muestran las siguientes figuras, la regulación de potencia en cada terminal del circuito del cliente se realiza a través de una válvula de dos vías, regulando el caudal que llega a la terminal. Otras opciones a considerar son la regulación del caudal de la bomba con un variador de frecuencia e instalar una válvula presostática para instalaciones interiores con varias terminales.



Regulación de instalaciones interiores con válvulas de 2 vías. Fuente Ditriclima



Regulación de instalaciones interiores con válvulas de 2 vías y válvula presostática . Fuente Ditriclima

6.2.2 Sistemas de bombeo

Es necesario el uso de un sistema de bombeo para que el fluido llegue a todos los puntos de consumo. Existen diferentes configuraciones para el sistema de bombeo, así como diferentes tipos de bombas. Este tipo de bombas, dotadas de variador, permiten obtener el caudal ajustado para dar mejores condiciones al funcionamiento de la instalación. El caudal se regula en función de las necesidades de demanda, de forma que el consumo eléctrico es inferior. También es recomendable utilizar dos bombas o bombas dobles con función de encendido automático para el segundo motor. De todas formas, es preferible que sean dos bombas, de manera que si es necesario reparar alguna de ellas, el sistema puede seguir funcionando.

La bomba de circulación debería estar en funcionamiento continuo y es recomendable que disponga de control de velocidad y de ruido.

Deben diseñarse para la misma temperatura y presión que el sistema. La parte húmeda de la bomba deberá estar construida con materiales resistentes al agua con un alto contenido de oxígeno. Se calculará el flujo para bombas de circulación sobre las bases de pérdidas de calor y caídas de presión.

Las bombas dispondrán de sistemas de control de caudal y presión. Los componentes de control de la bomba normalmente están dentro del cuadro de control con conexiones terminales.

Todas las bombas estarán protegidas contra sobrecargas, ya sea dentro del cuadro de control con protecciones contra sobrecargas o en el propio motor de la bomba. El control debe incluirse, al menos, en el interruptor principal, en los interruptores de cada motor, en las luces indicativas y en los puntos de conexión de la alarma para cada bomba de circulación.

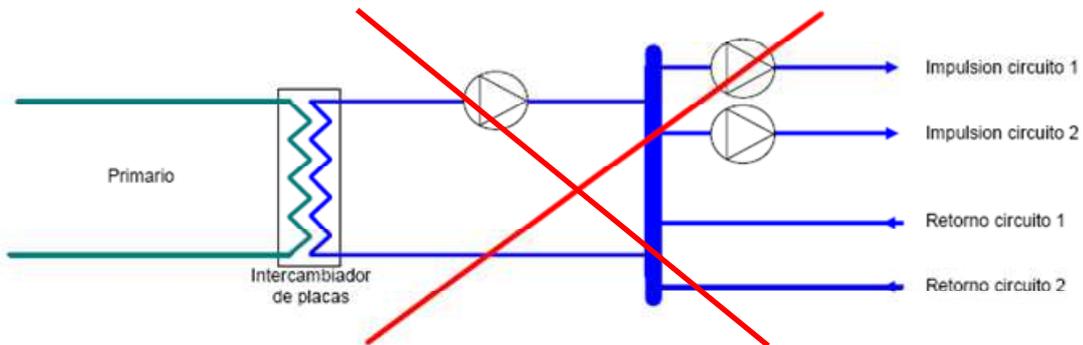
En caso de interruptores externos para el control, la caja de control irá equipada con transmisores para la comunicación entre las bombas y el control.

El cálculo de las bombas de distribución se hará teniendo en cuenta el caudal máximo de diseño de la instalación (en función de la demanda del edificio y de la capacidad de la subestación) y las pérdidas de carga (pérdidas de presión).

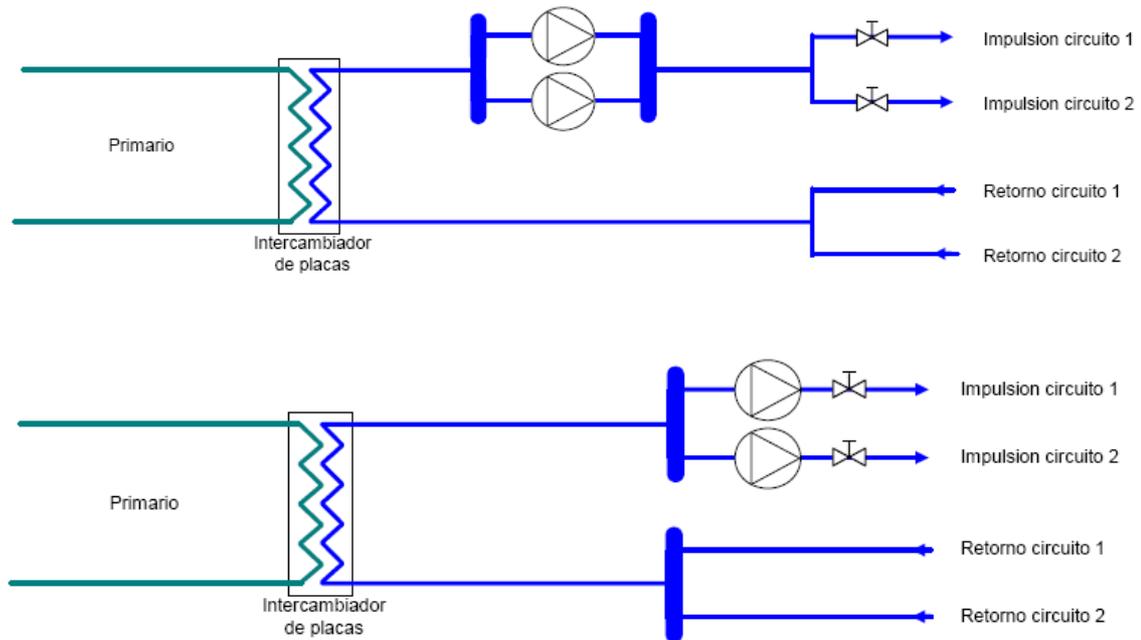
La caída total de presión que necesita la subestación debe cubrir la caída de presión en el intercambiador de calor, en las tuberías y en las válvulas. Con un dimensionado óptimo de todas estas partes, generalmente se necesitan menos de 1 bar. En las subestaciones modernas, este valor es cercano a 0,5 bar.

En cuanto al circuito de agua caliente sanitaria, por criterios de eficiencia energética, se recomienda la instalación de variadores de velocidad en las bombas y un sistema de recirculación en las subestaciones, de tal forma que en el momento en que el usuario quiera disponer de energía la tenga al instante sin necesidad de desechar agua fría.

Se desaconseja incluir doble sistema de bombeo en las instalaciones interiores. En instalaciones convencionales, este doble bombeo muchas veces viene impuesto por consideraciones de seguridad de los equipos de producción (calderas o máquinas enfriadoras) que requieren una bomba dedicada. El intercambiador de la subestación no tiene este condicionante de seguridad y por lo tanto no es necesario instalar una bomba específica para el intercambiador.



Doble sistema de bombeo - DESACONSEJADO. Fuente Ditriclima



Sistemas de bombeo para instalaciones interiores. Fuente Ditriclima

6.2.3 Acumuladores de calor

En determinados tipos de usuarios con una demanda pico elevada, normalmente de ACS, la subestación puede incluir depósitos de acumulación de calor. Estos usuarios suelen ser hoteles, instalaciones deportivas, o en cualquier caso, usuarios en que el sistema centralizado esté dimensionado para unos consumos que posteriormente difieran de los de diseño. De esta manera, el acumulador permite reducir el caudal de diseño de la subestación y a la vez se pueden satisfacer demandas instantáneas elevadas.

El intercambio de calor se producirá en función de las dimensiones del acumulador, siendo en forma de serpentín para acumuladores pequeños (de hasta 1.000 litros), y de intercambiador de calor de placas (para volúmenes superiores a los 1.000 litros). El acumulador de calor llevará siempre un aislamiento térmico para reducir las pérdidas térmicas.

6.2.4 Control de la legionelosis

Las bacterias y la legionelosis no son problemas específicos de los sistemas centralizados de distrito. Pueden aparecer en todos los sistemas de agua caliente. La contaminación del sistema, especialmente con legionelosis, sucede en la central doméstica, por ejemplo en el sistema de tuberías de agua potable o en el tanque de almacenaje.

Para reducir el riesgo de infección por legionelosis se pueden tomar algunas medidas especiales respecto al diseño y al funcionamiento. Estas medidas para la prevención del desarrollo de bacterias y de la legionelosis son las siguientes:

- El sistema de agua caliente doméstica no debe utilizarse para otros usos que no sean los estrictamente sanitarios. Todos los elementos destinados a agua sanitaria no podrán entrar nunca en contacto con elementos para otros usos, es decir, la red de ACS será sólo para este fin.
- La temperatura en todo el sistema interior de ACS no podrá bajar nunca de los 50 °C.

- En viviendas plurifamiliares, la temperatura de salida del intercambiador de calor deberá ser como mínimo de 55 °C para garantizar la temperatura en el grifo de 50 °C.
- En viviendas unifamiliares, donde las distancias entre el intercambiador de calor y el grifo son habitualmente cortas, a menudo basta con un mínimo de 50 °C en el intercambiador (parte del usuario) para obtener una temperatura de 50 °C también en el grifo. Si se utiliza acumulación de agua caliente con tanques de almacenaje, la temperatura del agua en el tanque deberá estar a 60 °C.

En función del uso del edificio, se harán los tratamientos necesarios según la normativa para evitar posibles brotes de legionelosis.

6.2.5 Sistemas de seguridad

Los circuitos cerrados sujetos a cambios de temperatura requieren la instalación de vasos de expansión para absorber la expansión térmica del agua. Para dimensionar el vaso de expansión se tendrá en cuenta la posible diferencia entre la temperatura más alta y la más baja que puede producirse dentro del sistema y el volumen total del bucle. Para edificios altos (presión $\geq 4,50$ bar) también es posible utilizar sistemas conjuntos de presurización, incluyendo bombas, controles y tanques de expansión. Es necesario controlar y medir la presión del gas dentro del vaso de expansión.

Por otra parte, es necesario instalar una válvula de seguridad en la tubería de suministro de agua fría conectada al calentador de agua doméstica o al acumulador. Es preferible que la válvula de seguridad se instale en la tubería de entrada al intercambiador de calor en el sistema secundario. No debe haber ninguna válvula de cierre entre la válvula de seguridad y el intercambiador de calor.

Se recomienda utilizar la misma presión de diseño en el sistema secundario que la de la red de distrito, que será la máxima presión previsible. En caso de que alguna de las dos presiones esté por debajo de la otra (generalmente el sistema secundario), deberán añadirse elementos auxiliares para prever posibles aumentos de presión por comunicación accidental de circuitos o posibles imprevistos.