

# INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE CALOR

Tomo 1

## CONTENIDO DEL MÓDULO

### **TOMO 1**

U.D. 1	Equipos .....	5
U.D. 2	Instalaciones de almacenamiento de combustibles líquidos.....	87
U.D. 3	Instalación de calefacción por radiadores y producción de agua caliente sanitaria.....	115
U.D. 4	Instalación de calefacción por suelo radiante .....	175
U.D. 5	Instalación de un sistema de captación solar térmica para suministro de agua caliente sanitaria.....	213

### **TOMO 2**

U.D. 6	Estudio de diversos esquemas y sistemas de centrales térmicas en edificios residenciales .....	245
U.D. 7	Instalaciones de vapor. Estudio de un esquema tipo y elementos que lo componen .....	279
U.D. 8	Instalaciones de aceite térmico. Estudio de un esquema tipo y elementos que lo componen.....	327
U.D. 9	Instalación de un horno de secado de pintura.....	393

INSTALACIONES DE  
PRODUCCIÓN DE CALOR

U.D. 1 EQUIPOS

UD 1



## ÍNDICE

Introducción.....	9
Objetivos .....	11
1. Combustión y combustibles.....	13
1.1. La combustión. Tipos de combustión .....	13
1.2. Productos de la combustión. El triángulo de la combustión (diagrama de ostwald). Pérdidas de calor .	14
1.3. Combustibles .....	17
2. Calderas .....	23
2.1. Generalidades.....	23
2.2. Clasificación.....	25
3. Quemadores .....	31
3.1. Generalidades.....	31
3.2. Quemadores para combustibles sólidos .....	31
3.3. Quemadores para combustibles líquidos .....	32
3.4. Quemadores para combustibles gaseosos.....	38
4. Paneles solares térmicos.....	40
4.1. Generalidades.....	40
4.2. Instalaciones de aprovechamiento de energía solar .....	40
4.3. Captadores solares .....	42
4.4. Orientación de los captadores solares .....	44
5. Intercambiadores de temperatura .....	46
5.1. Generalidades.....	46
5.2. Intercambiadores tubulares.....	46
5.3. Intercambiadores de placas.....	48
5.4. Intercambiadores de aletas.....	50
5.5. Interacumuladores.....	51
6. Bombas .....	53
6.1. Tipos y aplicaciones .....	53
6.2. Bombas volumétricas .....	53
6.3. Bombas centrífugas.....	56
6.4. Bombas circuladoras .....	64

7. Válvulas de control.....	66
7.1. Generalidades.....	66
7.2. Tipos de válvulas.....	67
7.3. Válvulas con aplicaciones específicas.....	70
8. Vasos de expansión.....	73
8.1. Aplicaciones y tipos.....	73
8.2. Cálculo de vasos de expansión cerrados.....	74
8.3. Instalación de vasos de expansión cerrados.....	76
9. Chimeneas.....	77
9.1. Cálculo de la chimenea.....	78
9.2. Recomendaciones para la instalación de chimeneas.....	79
Resumen.....	81
Cuestionario de autoevaluación.....	83
Bibliografía.....	85

## INTRODUCCIÓN

Las instalaciones de producción de calor se componen de una gran variedad de elementos, específicos o que pueden formar parte de otro tipo de instalaciones. En esta unidad didáctica se hace una descripción de estos componentes, así como se funcionamiento.





## OBJETIVOS

Familiarizar al alumno con los diferentes equipos que configuran las instalaciones de producción de calor.



## 1. COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES

### 1.1. La combustión. Tipos de combustión

La combustión es una reacción química entre dos sustancias, combustible y comburente, en la que se libera energía, en forma de calor principalmente.

Los componentes del combustible susceptibles de ser quemados (carbono, hidrógeno y azufre) se oxidan al combinarse con el oxígeno que aporta el comburente. Generalmente se utiliza el aire como comburente, que además de oxígeno (21%), aporta a la reacción otros elementos, como el nitrógeno (78%), vapor de agua, dióxido de carbono y gases nobles en pequeñas proporciones (1% restante).

El proceso de combustión se inicia con la aplicación de una fuente de calor a una mezcla lo suficientemente rica de combustible y comburente, produciéndose una reacción rápida de oxidación del combustible, que se manifiesta en forma de llama.

Tabla con las reacciones básicas de oxidación de los componentes del combustible

ELEMENTO	REACCIÓN DE COMBUSTIÓN	ENERGÍA LIBERADA
CARBONO (C)	$C + O_2 \rightarrow CO_2$	33.950 kJ/kg
HIDRÓGENO (H <sub>2</sub> )	$H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$	144.200 kJ/kg
AZUFRE (S)	$S + O_2 \rightarrow SO_2$	9.080 kJ/kg

Dependiendo de las proporciones en que intervienen el combustible y el comburente en la reacción de combustión, podemos definir tres tipos de combustiones:

- **Combustión incompleta:** es la que se produce con defecto de oxígeno, al aportarse a la reacción de combustión una cantidad de aire menor a la necesaria para quemar completamente el combustible disponible.

Este tipo de combustión favorece la formación de monóxido de carbono (CO), en lugar del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se produce en las combustiones completas.

Además de producir un gas altamente tóxico, resulta antieconómica al quedar restos de combustible sin quemar que se eliminan con los humos.

- **Combustión completa:** la reacción de combustión completa es la que se produce con un exceso de oxígeno, lo que garantiza la combustión total del combustible.

De esta forma se aprovecha al máximo el combustible disponible, pero se generan pérdidas de calor, al eliminarse mayor cantidad de gases junto con los humos.

- **Combustión neutra (o estequiométrica):** en este tipo de combustión se aporta a la reacción la cantidad de aire estrictamente necesaria para quemar completamente todo el combustible disponible.

En la práctica, se trata de conseguir combustiones completas, que se aproximen a la combustión neutra. Hay que tener en cuenta que para favorecer la reacción de combustión, debe mezclarse lo mejor posible el combustible con el comburente, y esto resulta más fácil cuanto mayor es la cantidad de aire que se aporta a la combustión.

Para determinar el exceso de aire que se aporta a la combustión se utiliza el coeficiente de exceso de aire, que se define como la relación entre la cantidad de aire introducida y la estrictamente necesaria para llevar a cabo la combustión.

$$n = \frac{A_{\text{introducido}}}{A_{\text{mínimo}}}$$

Dependiendo del tipo de combustible, se recomienda un valor para el coeficiente de exceso de aire:

TIPO DE COMBUSTIBLE	COEFICIENTE DE EXCESO DE AIRE
SÓLIDO	de 1,5 a 2,0
LÍQUIDO	de 1,1 a 2,0
GASEOSO	de 1,0 a 1,1

## 1.2. Productos de la combustión. El triángulo de la combustión (diagrama de Ostwald). Pérdidas de calor

Como resultado de la combustión se genera, además de energía, una serie de residuos o productos contaminantes, que se eliminan en forma de humo y cenizas, y que pueden ser:

- Restos de combustibles no quemados (Hidrocarburos,  $H_2O_2, \dots$ ) o parcialmente quemados (CO y partículas de carbono sólidas no quemadas) resultado de combustiones incompletas.

- Impurezas presentes en el combustible, quemadas o no ( $\text{SO}_2$ , cenizas,...).
- Componentes del aire, quemados o no ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ...).
- Componentes del combustible quemados ( $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ ).

Cada uno de estos productos tiene unas propiedades distintas, que lo hacen más o menos perjudiciales para el entorno (contaminación atmosférica) o para la propia instalación de producción de calor:

- Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ): gas responsable del efecto invernadero.
- Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ): gas muy tóxico procedente de combustiones incompletas.
- Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ): resultado de la oxidación del azufre presente como impureza en el combustible, que en contacto con el agua procedente de las condensaciones o con la humedad ambiental puede formar ácido sulfúrico, que puede dañar gravemente los componentes de la instalación. Es el responsable de la lluvia ácida.

Si se analiza la composición porcentual de los humos resultantes de la combustión, es posible representar gráficamente el resultado obtenido y dibujar así el denominado triángulo de la combustión, que resultará distinto para cada combustible.

En esta gráfica podemos definir los siguientes elementos:

- Recta de combustión perfecta: representa la línea en la que todo el carbono se quema y se transforma en  $\text{CO}_2$ .
- Rectas de igual contenido de  $\text{CO}$ : son líneas paralelas a la recta de combustión completa que permiten determinar la cantidad de  $\text{CO}$  que se produce cuando la combustión es incompleta.
- Rectas de igual exceso de aire: nos indican el coeficiente de exceso de aire de la combustión, siendo la más importante de todas ellas la línea de aire, que divide la gráfica en dos zonas, la que corresponde a combustiones que se verifican con exceso de aire y las que corresponde a combustiones con defecto de aire.

A partir de esta gráfica se puede determinar la calidad de la combustión que se está realizando y nos permitirá tomar las medidas necesarias para mejorarla en caso de que sea necesario.

Para utilizar el triángulo de la combustión es necesario conocer el combustible que se está quemando y los porcentajes de  $\text{CO}_2$  y de  $\text{O}_2$  presentes en el humo resultante de la combustión.

Diagrama simplificado de Ostwald

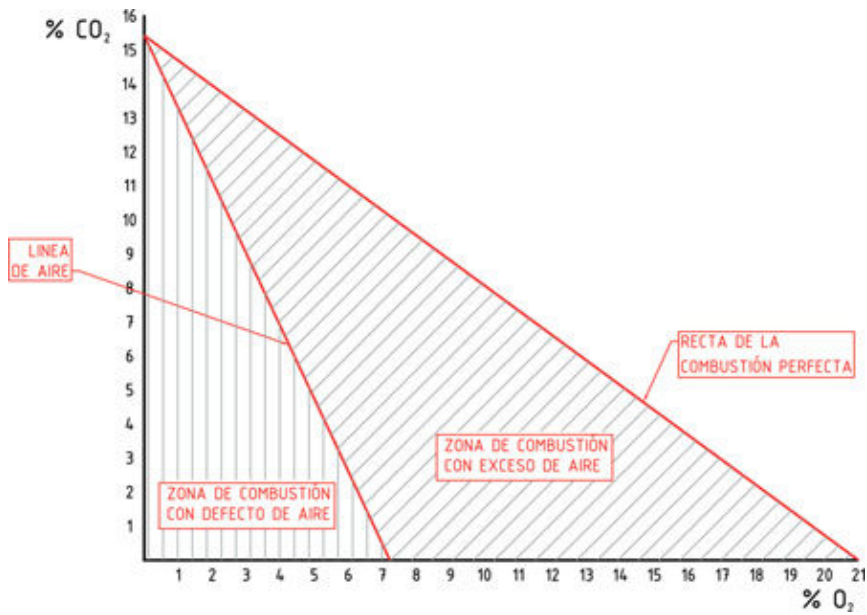
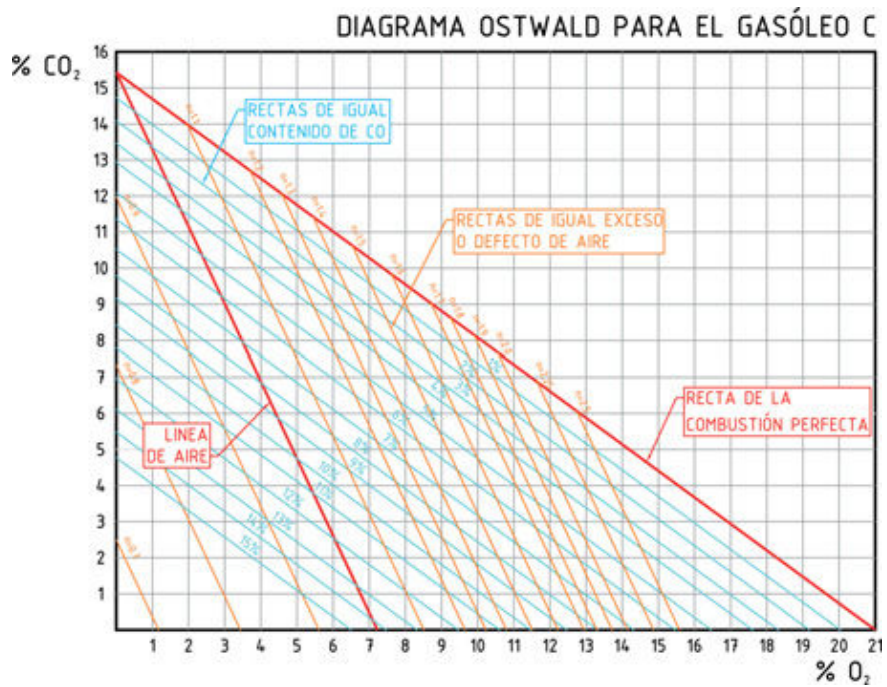


Diagrama de Ostwald para el gasóleo C



De un punto cualquiera del triángulo, podemos obtener los datos siguientes:

- Porcentaje de dióxido de carbono y de oxígeno presente en el humo.
- Coeficiente de exceso de aire.
- Porcentaje de monóxido de carbono presente en el humo.

No toda la energía liberada en la combustión puede ser aprovechada, ya que se producen unas pérdidas derivadas del mismo proceso. Estas pérdidas son las siguientes:

- Calor disipado con los gases que intervienen en la reacción de combustión y que se eliminan a mayor temperatura que la que tenían cuando se han introducido, junto con los humos resultantes.
- Pérdidas de calor por la humedad contenida en el aire y en el combustible utilizado.
- Pérdidas por la presencia de combustible no quemado en los humos.
- Pérdidas por la presencia de partículas de carbono no quemadas que se eliminan en el humo o en forma de cenizas.

Todas estas pérdidas no se pueden eliminar totalmente pero se pueden reducir si se mejora la calidad de la combustión, aportando las cantidades de aire necesarias, realizando una buena mezcla entre comburente y combustible y cuidando la calidad de este último.

### 1.3. Combustibles

Los combustibles son sustancias de origen natural o artificial con un alto contenido en carbono e hidrógeno, a los que acompañan impurezas, entre la que podemos destacar el azufre.

Entre los combustibles naturales podemos encontrar la biomasa, biogases y los combustibles fósiles (carbón y petróleo) que son los más utilizados.

Los combustibles artificiales son los que se obtienen por procesos de destilación, piro-génesis de combustibles naturales o como subproductos de algún proceso industrial.

Existen diversos criterios para clasificar los combustibles, entre ellos cabe destacar los siguientes:

- Por su estado físico: sólidos, líquidos y gaseosos. Será determinante para establecer la forma en que se realiza la combustión.
- Por su peligrosidad de manejo: se utiliza para clasificar los hidrocarburos (derivados del petróleo).

Clase A: corresponde a gases licuados del petróleo, cuya tensión de vapor es inferior a 1 kg/cm<sup>2</sup> a la temperatura de 0° C (metano, propano, butano,...).

Clase B: hidrocarburos con punto de inflamación inferior a 55° C y que no están incluidos en la clase A (gasolina, petróleo y disolventes).

Clase C: hidrocarburos con punto de inflamación comprendido entre 55° C y 120° C (gasoil, diesel y fuel oil).

Clase D: hidrocarburos con punto de inflamación superior a 120° C (asfaltos y lubricantes).

Esta clasificación establece las normas técnicas y de seguridad que deben aplicarse para su manejo, transporte y almacenamiento. A los hidrocarburos de clase A se les aplica el Reglamento de Combustibles Gaseosos. Los de clase B y C se someterán al Reglamento de Combustibles Líquidos.

Para todos los combustibles se definen una serie de características que establecen cuál será su comportamiento durante el proceso de la combustión:

- Temperatura de inflamación: temperatura mínima hasta la que hay que calentar el combustible, para que se inicie la reacción de combustión.
- Temperatura de ignición: temperatura necesaria para que la llama originada por la combustión sea duradera y persistente, mientras quede combustible.
- Poder calorífico: calor producido por la combustión completa de la unidad de masa del combustible; se expresa en Julios/kilogramo.
- Poder calorífico superior: calor cedido en la combustión completa de la unidad de peso del combustible, en oxígeno, enfriando los productos resultantes de la combustión hasta la temperatura inicial de suministro del oxígeno (15° C).
- Poder calorífico inferior: calor que se obtiene de la combustión completa de la unidad de peso del combustible, en oxígeno, enfriando los productos resultantes de la combustión hasta 100° C y sin condensar el vapor.
- Contenido de humedad: cantidad de agua contenida en el combustible; se expresa en %.
- Cantidad de cenizas producidas: residuo sólido resultante de la combustión completa de un combustible.
- Poder comburívoro: cantidad de aire mínima que necesita un combustible para que se verifique la combustión completa del mismo.
- Poder fumígeno: peso de humos producidos en la combustión.



### 1.3.1. Combustibles sólidos

Los combustibles sólidos pueden ser naturales, como la madera, la biomasa procedente de residuos agrícolas y el carbón o artificiales, obtenidos como resultado de proceso de piro-generación (aplicación de calor sin contacto con el aire) aplicados a combustibles sólidos naturales. Dentro de este grupo están los aglomerados o briquetas, el coque de petróleo y carbón o el carbón vegetal.

El carbón es el combustible sólido más utilizado, aunque en la actualidad está siendo desplazado por los combustibles líquidos y gaseosos, que resultan menos contaminantes y que generan menor cantidad de residuos en su combustión. Actualmente, gracias a las técnicas de gasificación e hidrogenación, el carbón se utiliza como materia prima para la obtención de combustibles líquidos y gaseosos.

TIPOS DE CARBÓN	PORCENTAJE DE CENIZAS	TEMP. DE IGNICIÓN	PODER CALORÍFICO
ANTRACITA	4 – 6%		32.500 kJ/kg
LIGNITO	5%		16.300 kJ/kg
TURBA	1 – 9%	227° C	13.800 kJ/kg
COQUE	5 – 12	700° C	28.000 kJ/kg
CARBÓN VEGETAL	3%		29.600 kJ/kg

La madera o la biomasa en general, gracias a nuevas técnicas de combustión, resulta muy económica y se obtiene un buen rendimiento con su uso. Por lo general, se utilizan para este fin maderas y leñas procedentes de subproductos industriales o residuos agrícolas.

TIPOS DE MADERAS	PORCENTAJE DE CENIZAS	TEMP. DE IGNICIÓN	PODER CALORÍFICO
MADERAS DURAS	0.84 %	300° C	20.300 kJ/kg
MADERAS BLANDAS	1.07%	300° C	20.700 kJ/kg

### 1.3.2. Combustibles líquidos

Los combustibles líquidos más utilizados, dejando aparte algunos tipos de alcoholes, son hidrocarburos derivados del petróleo:

- Petróleo crudo.
- Fuel oil para calderas (grado 1 al 6).
- Gasóleos (A, B, y C).
- Destilados ligeros (gasolinas, queroseno,...).
- Residuos líquidos (disolventes, aceites usados de motores,...).

Los más utilizados como combustibles para calderas son el gasóleo C y el fuel, aunque el uso de fuel está limitado por la normativa vigente según su calidad (sólo puede utilizarse fuel oil nº 1 y fuel oil nº 2) y la potencia de la caldera.

Una característica importante de los combustibles líquidos para calderas es la viscosidad, ya que será determinante a la hora de transportar el combustible a través de tuberías y su posterior pulverización y atomización en el quemador para mejorar la combustión.

La viscosidad es una propiedad física que disminuye con la temperatura, por ello, el calentamiento previo del combustible permite el uso como combustibles de aceites de alta viscosidad. Los combustibles de la Clase C se clasifican en cuatro grupos, en función de su viscosidad y la temperatura de calentamiento necesaria para su uso:

Tipo 1: no precisan calentamiento para su transporte o atomización (gasóleo C).

Tipo 2: no necesitan ser calentados para su transporte, pero sí para su atomización en el quemador (fuel ligero).

Tipo 3: precisan ser calentados en el tanque de almacenamiento para su transporte y para su atomización en el quemador (fuel oil nº 1).

Tipo 4: precisan ser calentados en el tanque de almacenamiento para su transporte y para su atomización en el quemador (fuel oil nº 2).

COMBUSTIBLE	VISCOSIDAD (seg Redwood))	TEMP. DE IGNICIÓN	PODER CALORÍFICO
FUEL-OIL nº 1	220	65,5° C	43.500 kJ/kg
FUEL-OIL nº 2	950	65,5° C	43.000 kJ/kg
GASOLEO	35	65,5° C	45.600 kJ/kg

### 1.3.3. Combustibles gaseosos

Los combustibles gaseosos se pueden clasificar según su origen en combustibles naturales y combustibles artificiales.

Los gases combustibles naturales son:

- Gases licuados del petróleo (GLP): están constituidos básicamente por propano y butano. Se almacenan y transportan en forma líquida.
- Gas natural: tiene como origen el petróleo, y está constituido por una mezcla de hidrocarburos en la que predomina el metano.
- Gas Grisú: se encuentra en las minas de hulla, formando bolsas, y está constituido básicamente por metano, por lo que puede considerarse como gas natural.

<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>TEMP. DE IGNICIÓN</b>	<b>PODER CALORÍFICO</b>
PROPANO	470° C	102.400 kJ/m <sup>3</sup>
BUTANO	415° C	125.491 kJ/m <sup>3</sup>
GAS NATURAL	535° C	39.620 kJ/m <sup>3</sup>

Los gases combustibles manufacturados por gasificación del carbón por distintos procedimientos (pirólisis) o como subproducto de algún proceso industrial. Como ejemplo de este tipo de gases podemos nombrar los siguientes:

Gas de alumbrado.

Gas de coquería.

Gas de generador.

Gas azul.

Gas ciudad.

Gas de acerería.

Gas de alto horno.

Como combustibles gaseosos nuevos, cabría destacar la incipiente utilización del biogás, obtenido a partir de la fermentación anaeróbica de residuos o del hidrógeno obtenido a partir de la hidrólisis.

Dada la diversidad de origen y composición de los diferentes combustibles gaseosos, la clasificación principal de los mismos, se establece de acuerdo con un parámetro, llamado índice de Wobbe, que se define como el

cociente entre el poder calorífico superior en kcal/Nm<sup>3</sup> y la raíz cuadrada de la densidad relativa del gas combustible.

Según este criterio, los gases combustibles se clasifican en tres familias:

- Primera familia: bajo índice de Wobbe (gas manufacturado y aire metanado).
- Segunda familia: índice de Wobbe intermedio (gas natural y aire propanado).
- Tercera familia: altos índices de Wobbe (butano y propano).

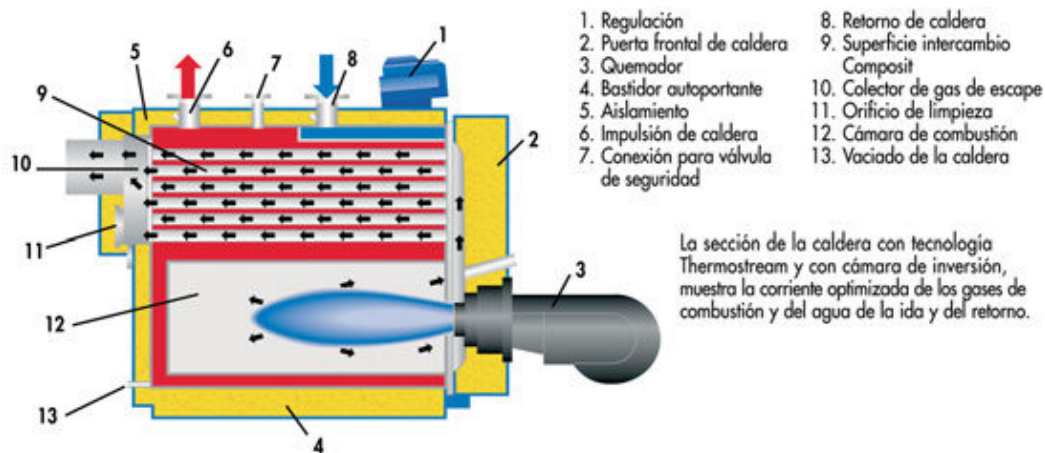
## 2. CALDERAS

### 2.1. Generalidades

La caldera es un mecanismo diseñado para transmitir el calor generado en un proceso de combustión a un fluido contenido en la caldera, que puede ser agua u otro fluido térmico.

Las calderas pueden utilizarse para la producción de vapor (para la generación de energía eléctrica o procesos de calefacción) o para la producción de agua caliente (para sistemas de calefacción o suministros de agua caliente sanitaria).

Los elementos básicos de que se compone una caldera, son los siguientes:



Componentes básicos de una caldera

Hogar o cámara de combustión: habitáculo en el que se realiza la reacción de combustión.

Quemador: dispositivo que se encarga de realizar la mezcla del combustible con el comburente para facilitar la combustión.

Intercambiador de calor: donde se realiza la transferencia de energía térmica obtenida con la combustión al fluido térmico.

Salida de humos: conducto que conduce los gases generados en la combustión hasta la chimenea.

Para poder seleccionar el tipo de caldera que debemos utilizar para una u otra aplicación, debemos conocer una serie de características o parámetros que la definen y que nos permitirán establecer su idoneidad.

Entre las características más importantes de una caldera, podemos destacar las siguientes:

**Potencia térmica:**

La potencia térmica de una caldera se define como la energía térmica por unidad de tiempo que puede proporcionar una caldera. Debemos diferenciar entre la potencia térmica total de la caldera, que es la máxima que podemos tener en el hogar de la caldera, aportada por el combustible y la potencia térmica útil que es la que es capaz de absorber el fluido térmico.

La diferencia entre la potencia térmica total y la útil representa las pérdidas de potencia en la caldera por disipación de calor al ambiente y a través de los humos.

El rendimiento de la caldera se define como el cociente entre la potencia útil y la potencia total de la caldera:

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}} \times 100$$

**Superficie de calefacción:**

Es la superficie de contacto a través de la cual se realiza la transferencia de calor al fluido térmico.

**Presión:**

Es la presión que alcanza el fluido térmico dentro de la caldera. Debemos diferenciar entre varias presiones, según el reglamento:

Presión de diseño: presión utilizada en la realización de los cálculos necesarios para diseñar los distintos elementos que componen la caldera.

Presión de servicio: presión máxima a la que se verá sometida la caldera durante su funcionamiento normal, conectada a una instalación de producción de calor.

Presión de timbre: presión máxima a la que se verá sometida la caldera durante el servicio.

Presión de prueba: presión a que se someten los equipos para comprobar su estanqueidad y que será 1,5 veces la de timbre.

**Temperatura:**

Es la temperatura que se alcanza el fluido térmico dentro de la caldera. Podemos definir varias temperaturas:

Temperatura de diseño: fijada como base para realizar los cálculos necesarios para diseñar los distintos elementos que componen la caldera.

Temperatura de servicio: es la temperatura a la que estará sometida la caldera cuando esté funcionando conectada a la instalación.

## 2.2. Clasificación

### 2.2.1. Según su diseño

- **Calderas pirotubulares:**

Son calderas en las que tanto el hogar como los conductos de paso y salidas de humos son unos tubos sumergidos en agua, quedando todo el conjunto encerrado dentro de una envolvente o carcasa convenientemente calorifugada. El calor liberado en el proceso de combustión es transferido a través de las paredes de los tubos al agua que los rodea.



Se utilizan para quemar combustibles líquidos o gaseosos, obteniéndose altos rendimientos de funcionamiento que alcanzan el 87%.

- **Calderas acuotubulares:**

En este tipo de calderas el agua o fluido térmico circula por dentro de unos tubos que conforman la cámara de combustión y que están inmersos entre los gases o llamas producidas por la combustión. El vapor o agua caliente se genera dentro de estos tubos.

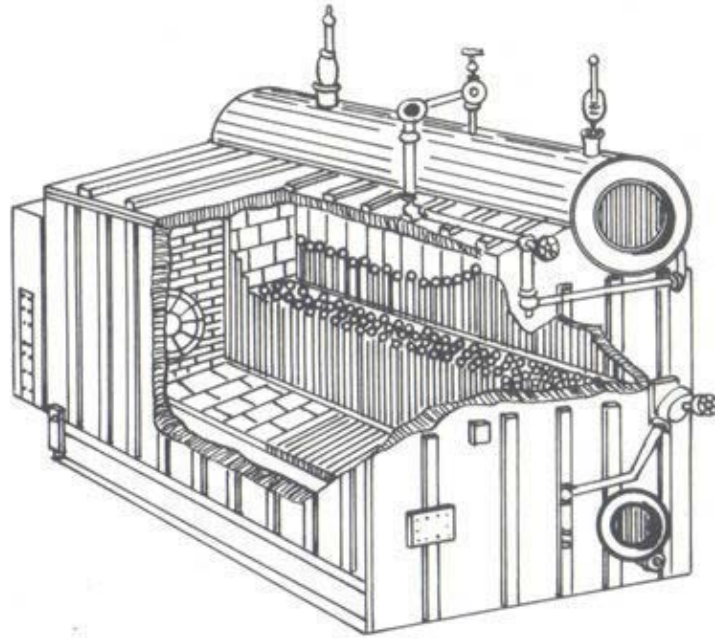
Con este tipo de calderas se puede trabajar con mayores presiones y potencias que con las pirotubulares.

### 2.2.2. Por el combustible utilizado

Dependiendo del tipo de combustible que se queman en ellas, las calderas pueden ser:

- **Calderas para combustibles sólidos:**

Están preparadas para quemar leña o carbón. Disponen de unas parrillas donde se efectúa la combustión, regulándose la intensidad de la misma



Caldera acuotubular

actuando sobre la compuerta de regulación del tiro de la chimenea, que puede estar automatizada, y controlarse con ayuda de un termostato.

Resultan engorrosas de utilizar por la suciedad que generan en forma de cenizas y las dificultades que plantea el control de la combustión.

- **Calderas para combustibles líquidos:**

Utilizan comúnmente como combustibles el fuel oil y el gasóleo. Este tipo de combustibles son más limpios que los combustibles sólidos pero requieren la utilización de quemadores especiales que los pulvericen o vaporicen para conseguir una correcta combustión.

- **Calderas para combustibles gaseosos:**

La combustión de los gases es más fácil de realizar y controlar, pero presentan el inconveniente de la peligrosidad del transporte, almacenamiento y distribución de los combustibles gaseosos.

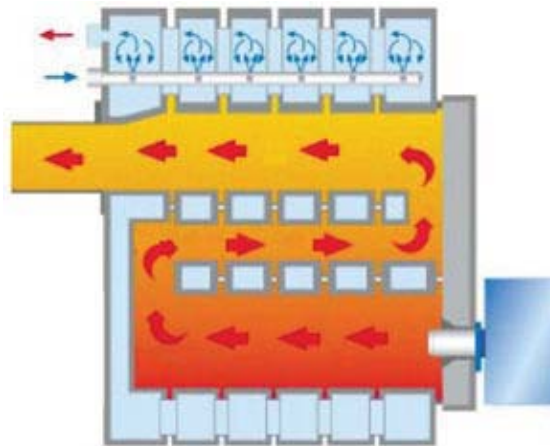
### 2.2.3. Según el material de construcción

- **Calderas de hierro fundido:**

Están formadas por una serie de elementos de hierro fundido que se acoplan entre sí por medio de unos manguitos de unión. Estos elementos conforman el hogar de la caldera y por su interior circula el fluido térmico. Todo el conjunto queda alojado dentro de una carcasa de chapa



de acero, y aislada térmicamente para mejorar el rendimiento de la caldera.



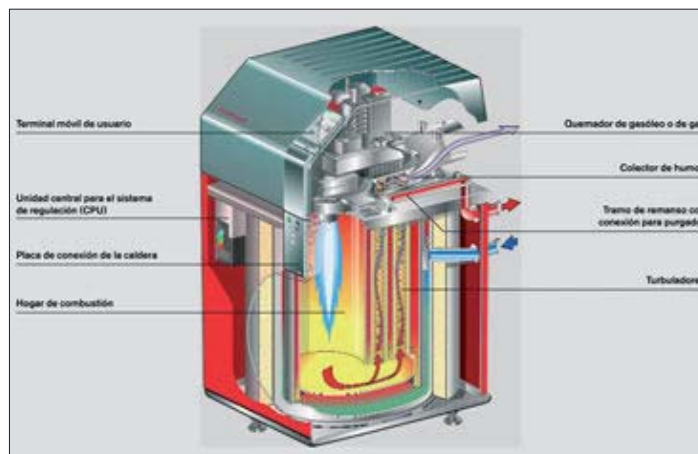
Caldera de hierro fundido para gasoil

Este tipo de calderas se destina generalmente para calefacción doméstica, utilizándose generalmente combustibles sólidos.

Al estar compuestas por varios elementos unidos entre sí, tienen la ventaja de poderse ampliar o de poder sustituir elementos deteriorados por otros nuevos.

- **Calderas de chapa de acero:**

Se construyen con chapas o tubos de acero al carbono, soldados entre sí eléctricamente. Representan la mayoría de las calderas existentes por ser de menor peso y más fáciles de instalar que las de fundición, al tiempo que permiten utilizar cualquier tipo de combustible. Con ellas se obtienen mejores rendimientos térmicos que con las de fundición, pero su vida es más corta.



Caldera de chapa de acero para gas o gasoil

- **Calderas de materiales especiales:**

Algunos tipos de calderas, con aplicaciones y diseños concretos, se fabrican con materiales tales como el cobre, aluminio o acero inoxidable. En concreto nos referimos en este apartado a las calderas murales para la producción de agua caliente sanitaria o calefacción doméstica.

#### 2.2.4. Por el fluido térmico utilizado

- **Calderas de agua:**

Utilizan el agua como fluido térmico, calentándola hasta temperaturas cercanas a los 90° C, (sin alcanzar en ningún caso la temperatura de ebullición del agua), con presiones de trabajo de 2 bar. Se utilizan para sistemas de calefacción residencial.

- **Calderas de agua sobrecalentada:**

El fluido térmico que utilizan es el agua, como las anteriores, pero en este caso se calienta hasta temperaturas que pueden alcanzar los 200° C. Como en estos casos se supera la temperatura de ebullición del agua, es necesario presurizar el sistema para evitar que se forme vapor de agua o que el agua entre en ebullición dentro del sistema trabajando con presiones de hasta 20 bar. Esto hace que las fugas en el circuito sean muy peligrosas. Se utilizan para calentamiento de grandes espacios o aguas de procesos industriales.

- **Calderas de vapor:**

Estas calderas operan con el vapor de agua como fluido térmico, con temperaturas entre 200° C y 400° C, operando a presiones de hasta 14 bar. Se utiliza para la calefacción industrial, de locales comerciales y de viviendas.

- **Calderas de fluido térmico:**

Son calderas en las que el medio de transporte es un líquido distinto del agua.

#### 2.2.5. Por el tipo de hogar

- **Calderas atmosféricas:**

Son calderas abiertas, que toman el aire del local en el que están instaladas y con tiro natural por la diferencia de densidad existente entre el aire exterior y los humos calientes que se generan en el hogar. Es necesario evitar que se produzca una ventilación defectuosa de la caldera ya que esto provocaría la combustión incompleta generándose gases tóxicos al mismo tiempo que se provoca una disminución del tiro de la chimenea, dificultando la evacuación de humos al exterior.

- **Calderas con el hogar en depresión:**

Este tipo de calderas funcionan por la depresión que se crea al instalar un ventilador que aspira los humos para forzar el tiro de la chimenea, evitando de este modo que los humos puedan entrar al local donde está instalada la caldera. La presión en el hogar es inferior a la atmosférica.

- **Calderas con el hogar en sobrepresión:**

La presión en el hogar es superior a la atmosférica. Los gases son empujados al interior del hogar por medio de un ventilador o soplante, que los obliga a circular más rápido que en los otros tipos de calderas.

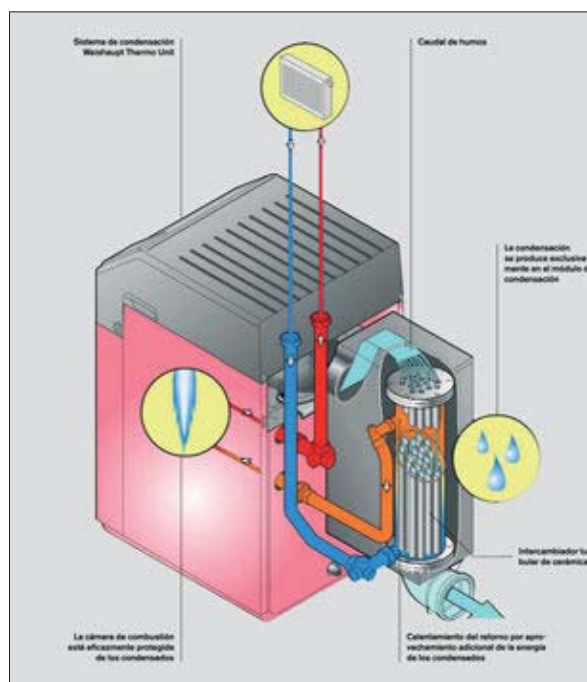
- **Calderas estancas:**

Son calderas con el tiro forzado y que disponen de un doble conducto que permite evacuar los humos y llevar aire del exterior hasta la cámara de combustión. Este tipo de calderas no necesita tomar aire del local para realizar la combustión.

### 2.2.6. Por la temperatura de salida del humo

- **Calderas con temperatura de salida del humo estándar:**

Los humos salen de la caldera a temperaturas superiores a 70° C de forma que se evita la condensación del vapor de agua que contienen, evitando así problemas de formación de ácidos y de corrosión de la



Caldera con unidad de condensación de humos

caldera. Al evacuar los humos calientes, se producen pérdidas de energía con la consiguiente bajada del rendimiento de la caldera.

- **Calderas de condensación (salidas de humos a baja temperatura):**

Son calderas diseñadas para evacuar los humos a temperaturas próximas a la temperatura ambiente, sin que pueda resultar dañada por las condensaciones. Con este tipo de calderas, además de evitar pérdidas de calor con los humos, se recupera calor latente de condensación del vapor de agua que se ha formado en la combustión, con lo que se obtienen rendimientos elevados.

## 3. QUEMADORES

### 3.1. Generalidades

Los quemadores son mecanismos cuya función es la de preparar la mezcla del combustible con el comburente para realizar la combustión.

Para conseguir una combustión de calidad, en la que se aproveche al máximo los combustibles y se obtengan la menor cantidad de residuos, es primordial realizar una buena mezcla, con las proporciones adecuadas.

Por la facilidad en el manejo, suministro, almacenaje y mezcla, los quemadores para combustibles líquidos y gaseosos son los más utilizados, quedando relegados los quemadores para combustibles sólidos para algunas aplicaciones específicas.

En el quemador también se realiza la regulación de la cantidad de combustible a quemar, para adaptar la potencia suministrada por la caldera a las necesidades de calor del sistema.

Esta regulación puede realizarse de varias formas:

- **Regulación todo/nada con quemadores de una llama:** cuando está en marcha se suministra toda la potencia disponible. Sólo se utiliza con quemadores pequeños.
- **Quemadores de dos llamas:** la regulación se realiza en dos escalones, todo/parte/nada según estén funcionando una o dos boquillas.
- **Quemadores de tres llamas:** regulados en tres escalones de potencia. Están obsoletos y no se utilizan.
- **Quemadores modulantes:** para quemadores de gran potencia, que se puede regular de forma continua, desde una potencia mínima de funcionamiento hasta el 100% de la potencia del quemador.

### 3.2. Quemadores para combustibles sólidos

Los quemadores para combustibles sólidos pueden ser de varios tipos en función de las dimensiones y la utilización de la caldera. En todos ellos se intenta dar solución a los inconvenientes derivados de la utilización de combustibles sólidos que son el suministro de aire necesario para la combustión y la retirada de los residuos sólidos que se producen.

- **Quemadores de parrilla:** son sistemas de combustión en masa en los que el combustible, generalmente carbón o leña, se vierte sobre una parrilla desde arriba o procedente de una tolva. El aire necesario para la combustión llega desde abajo forzado o por tiro natural. El grosor que alcanza el lecho de combustible varía en función del tipo

de combustible y del tipo de caldera. Este tipo de quemador se utiliza en calderas domésticas o de pequeñas dimensiones.

- **Quemadores de parrillas móviles:** se utiliza para calderas industriales, denominándose también hogar mecánico. Está compuesto por un sistema transportador de cadena, con una superficie plana sobre la que se vierte el combustible sólido. La cadena desplaza el combustible desde la zona de carga hasta la zona de combustión, con lo que el lecho de combustible está en continuo movimiento dentro del hogar, quemándose y cediendo calor a las superficies de absorción de la caldera. La combustión se controla regulando la velocidad de desplazamiento del transportador, la altura del lecho de combustible y la introducción de aire. Al final del recorrido, todo el combustible se ha consumido y la cadena vierte las cenizas en una tolva de recogida.
- **Quemador con alimentación inferior:** el combustible llega hasta el hogar impulsado por un pistón o por un tornillo sinfín. Al llegar a la parte más alta del quemador, el combustible se vierte, distribuyéndose sobre una superficie de fundición, con orificios a través de los cuales se introduce el aire necesario para la combustión.

### 3.3. Quemadores para combustibles líquidos

Estos quemadores utilizan como combustible gasóleo C o fuel pesado. Estos quemadores realizan las siguientes funciones:

- Mantener constante la proporción de la mezcla combustible/comburente.
- Asegurar que todo el combustible está en contacto íntimo con el aire.
- Proporcionar la cantidad suficiente de aire para realizar la combustión.

Es primordial, para el buen funcionamiento del quemador, pulverizar el combustible para facilitar la mezcla con el aire. Para ello se requiere que el combustible tenga una viscosidad máxima, que solamente se puede conseguir, para algunos tipos de combustibles, como el fuel, mediante el calentamiento del mismo hasta los 110° C.

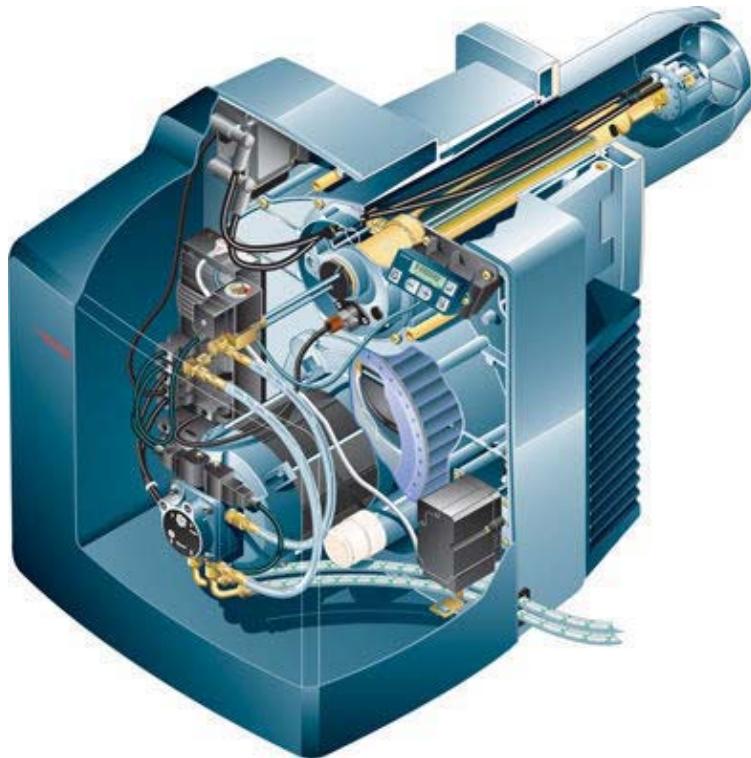
La pulverización del combustible se puede llevar a cabo por varios métodos:

- **Por rotación,** mediante una caja giratoria que rompe en gotas el líquido combustible, que le llega a través de un conducto central, y que son posteriormente arrastradas por una corriente de aire.
- **Por presión.** El combustible a presión sale a través de una tobera hasta la cámara de combustión, donde se eriza por expansión.

- **Por inyección.** Una corriente de aire (u otro gas) a alta velocidad arrastra al combustible atomizado en un inyector.

### 3.3.1. Componentes de un quemador

Existen gran variedad de quemadores para combustibles líquidos. A continuación describiremos los componentes de un quemador de pulverización por inyección mecánica, que son los más utilizados en la actualidad para instalaciones de producción de agua caliente sanitaria y calefacción.



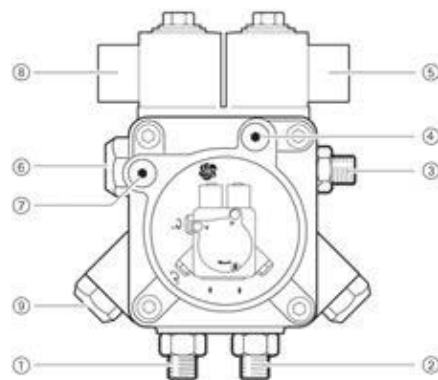
Dibujo de un quemador completo

Los componentes principales de un quemador son los siguientes:

- **Bomba de combustible:**

Son bombas volumétricas, generalmente de engranajes, accionadas por un motor eléctrico, que tienen la función de llevar el combustible desde el tanque de almacenamiento hasta la boquilla del quemador, proporcionando presión suficiente para su pulverización.

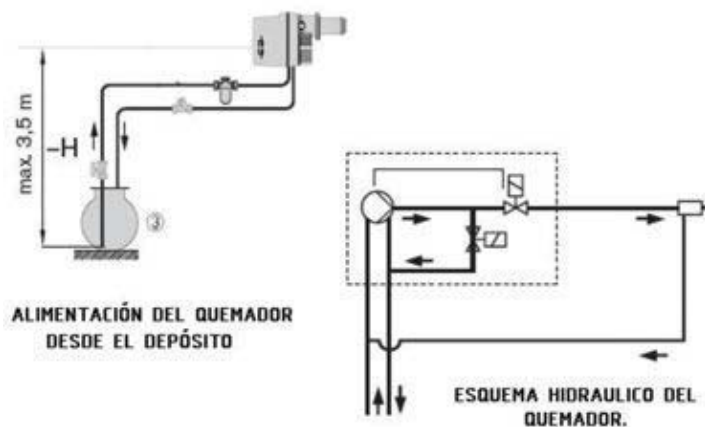
Bomba de gasóleo AT2



- |   |   |
|---|---|
| 1 Conexión retorno                                | 6 Tornillo regulador de presión, pot. mínima      |
| 2 Conexión aspiración                             | 7 Conexión vacuómetro G 1/8"                      |
| 3 Entrada a inyector                              | 8 Electroválvula marcha 2 (sin corriente abierta) |
| 4 Manómetro de conexión G 1/8"                    | 9 Tornillo regulador de presión potencia total    |
| 5 Electroválvula marcha 1 (sin corriente cerrada) |   |

Esquema bomba de combustible

La bomba se instala junto con un filtro, para protegerla de la entrada de partículas sólidas que pueden estar en suspensión en el combustible, un manómetro en la impulsión y un vacuómetro en la aspiración para comprobar su correcto funcionamiento.



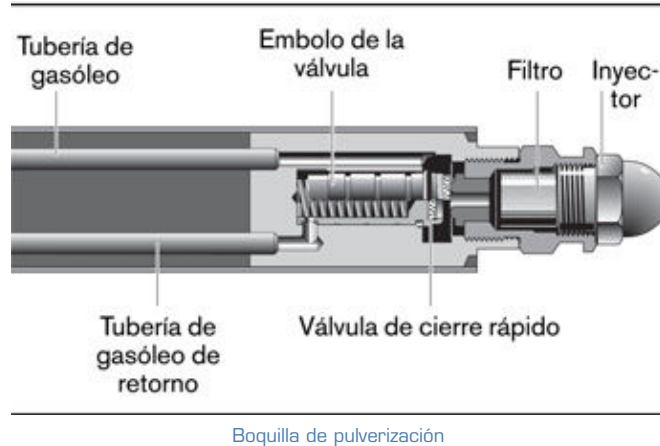
Esquema alimentación de combustible a quemador

- **Boquilla de pulverización:**

Su función es la de atomizar el combustible. En el interior de la boquilla se imprime al combustible un movimiento de rotación que al atravesar el orificio de salida se atomiza, formando una nube de gotas microscópicas, facilitando su vaporización y posterior mezcla con el aire.



*Portainyector*



Boquilla de pulverización

- **Ventilador:**

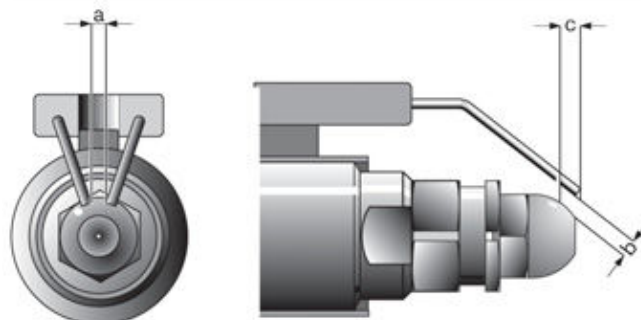
Es el elemento que proporciona la cantidad de aire necesario para realizar la combustión, en función del caudal de combustible que llega al quemador. Están accionados por un motor eléctrico y son de tipo centrífugo, proporcionando suficiente presión de aire para vencer las pérdidas en el hogar, la chimenea y en el propio quemador.

- **Cabezal de combustión:**

El cabezal es la parte del quemador donde se realiza la mezcla del combustible con el aire y se inicia la combustión. Está integrado por tres elementos:

- Cono de llama, donde se realiza la mezcla.
- Disco estabilizador: favorece la mezcla y evita el retorno de la llama.
- Electrodo de encendido: alimentados por un transformador de encendido, hacen saltar el arco eléctrico que suministra la energía necesaria para iniciar la combustión.

*Medidas de ajuste del electrodo de encendido*



Electrodos de encendido.

- **Clapeta de aire:**

Es una compuerta que sirve para regular el caudal de aire que se introduce en el hogar de la caldera. El funcionamiento de la clapeta esta automatizado por medio de un servomotor.

- **Electroválvula:**

Es una válvula, normalmente cerrada, que controla la llegada del combustible a la boquilla del quemador.

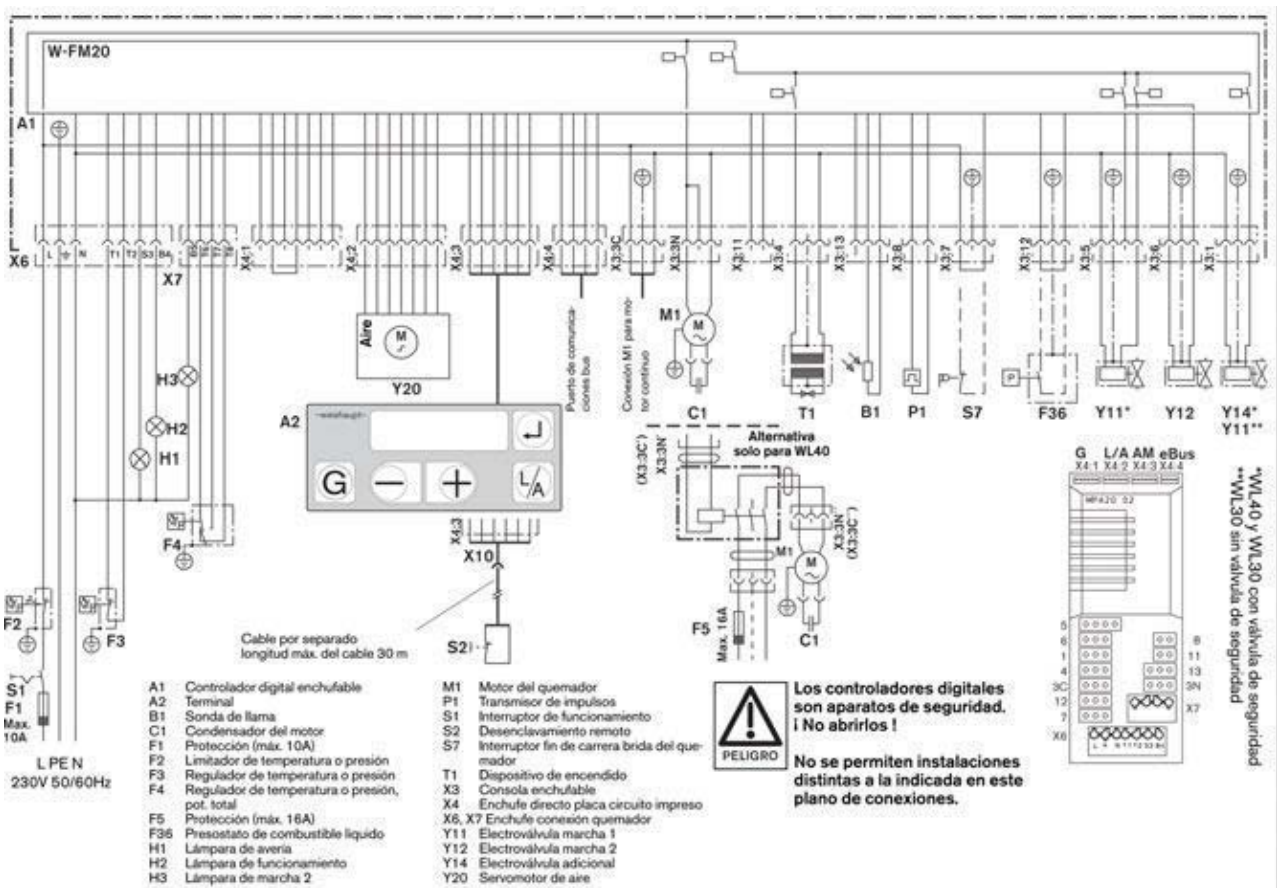
- **Fotocélula:**

Es un elemento de seguridad con la función de detectar la presencia de llama.

- **Sistema de mando:**

Es el encargado de automatizar el funcionamiento del quemador, realizando funciones de puesta en marcha, control de una combustión correcta y de un funcionamiento seguro del aparato.

En la figura se muestra un controlador electrónico con las conexiones del circuito eléctrico de un quemador.



Electrodos de encendido

### 3.3.2. Diagrama de potencia de un quemador

Las características de funcionamiento de un quemador, tales como la potencia entregada y el consumo de combustible, dependen de las condiciones de trabajo del mismo, y en concreto de la presión en el hogar de la caldera.

Para poder elegir el quemador más apropiado para una caldera, deberemos utilizar los diagramas de potencia que nos facilita el fabricante donde se representan el consumo de combustible y la potencia entregada por el quemador en función de la presión.

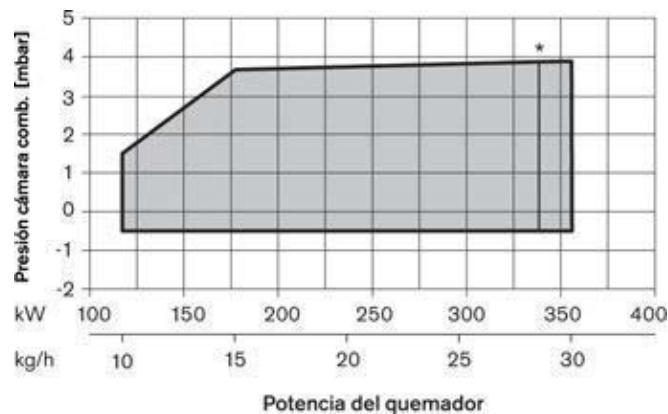


Diagrama de potencia

En estos diagramas también queda limitado el campo de trabajo del quemador a que hacen referencia.

### 3.3.3. Funcionamiento

Como ya se ha indicado anteriormente, es el sistema de mando o controlador el que se encarga de vigilar el correcto funcionamiento del quemador.

El funcionamiento del quemador se realiza en varias fases que pueden variar de un fabricante a otro. Por lo general se siguen las siguientes fases:

1. **Barrido previo:** cuando se recibe la orden de marcha en el quemador, la primera acción que se ejecuta es la puesta en marcha del ventilador para llenar el hogar de la caldera de aire limpio, eliminando las impurezas que puedan quedar de combustiones anteriores.

Al mismo tiempo, se pone en marcha la bomba de combustible, aunque éste no podrá llegar hasta la boquilla al estar la electroválvula cerrada.

2. **Encendido:** en la fase de encendido, se conecta el transformador para que empiecen a saltar chispas en los electrodos de encendido. A continuación se abre la electroválvula, con lo que empieza a salir combustible pulverizado por la boquilla. La chispa provoca el encendido de la mezcla.
3. **Vigilancia de seguridad:** con la fotocélula se controla que el encendido ha sido efectivo, y en este caso se procede a desconectar el transformador y se continúa con el funcionamiento normal del quemador.

Se controla durante la marcha normal del quemador que no se produzca la extinción de la llama.

En caso de que se produzca un encendido fallido, el controlador parará todos los elementos y no intentará un nuevo encendido hasta que se accione manualmente el pulsador de rearme del sistema.

### 3.4. Quemadores para combustibles gaseosos

Los quemadores de combustibles gaseosos son más sencillos ya que es mucho más fácil mezclar el combustible con el aire. En este tipo de quemadores es importante controlar la velocidad de salida del gas, que debe mantenerse entre unos valores mínimos, para evitar el retroceso de la llama, y unos valores máximos, para evitar el desprendimiento de la llama.

Los quemadores para combustibles gaseosos pueden ser de varios tipos, en función de la presurización de la caldera:

- **Quemadores atmosféricos:**

Son quemadores que se utilizan comúnmente en las calderas murales. Para realizar la mezcla de combustible con aire; en este tipo de quemadores, se obliga a circular el flujo de gas a través de un venturi, situado en la llamada cámara de mezcla, donde aspira parte del aire necesario para la combustión. El resto del aire se aporta en la cabeza del quemador, donde se genera la llama.

Estos quemadores son muy sencillos, y se regulan fácilmente, variando la presión de alimentación de gas.

- **Quemadores de gas presurizados:**

Estos quemadores tienen una constitución muy similar a los de los quemadores de combustibles líquidos descritos en el apartado anterior.

Sus principales componentes son los siguientes:

- Cámara de mezcla: donde se mezcla el gas con el aire.

- Ventilador centrífugo: impulsa el aire al interior de la cámara de mezcla.
- Electrodo de encendido: provocan la inflamación de la mezcla de aire y combustible mediante un arco eléctrico o la ionización del aire.
- Boquilla o tobera: orificio calibrado a través del que se impulsa el gas al interior de la cámara de mezcla. El diámetro del orificio depende del tipo de gas a utilizar.
- Sensores de vigilancia de llama: células fotoeléctricas, detectores de ultravioletas o sondas iónicas.
- Caja de control o programador.

Para el control del suministro de gas, antes del quemador se instalan una serie de elementos que en su conjunto conforman la llamada línea de gas. Su función es la de controlar y regular la alimentación de gas, además de incorporar los dispositivos de seguridad:

- Regulador de presión.
- Filtro de gas.
- Válvula manual de cierre rápido.
- Electroválvula de regulación y de seguridad.
- Presostato de mínima.

## 4. PANELES SOLARES TÉRMICOS

### 4.1. Generalidades

Los sistemas térmicos de captación de energía solar aprovechan la energía procedente del sol para calentar un fluido térmico. La principal diferencia entre el captador solar y un intercambiador de calor convencional estriba en que en éstos se realizan intercambios térmicos entre fluidos con elevados coeficientes de transferencia térmica, y en los que la radiación es un factor sin apenas importancia, por el contrario, en un colector solar, la transferencia térmica se realiza desde una fuente energética, (el sol), a un fluido, por radiación principalmente.

En las instalaciones convencionales, en las que no se realiza concentración de energía solar, el flujo incidente puede ser del orden de  $1 \text{ kW/m}^2$ , variable con una serie de parámetros, como pueden ser la latitud, la hora del día, la época del año o la inclinación de montaje de los paneles solares.

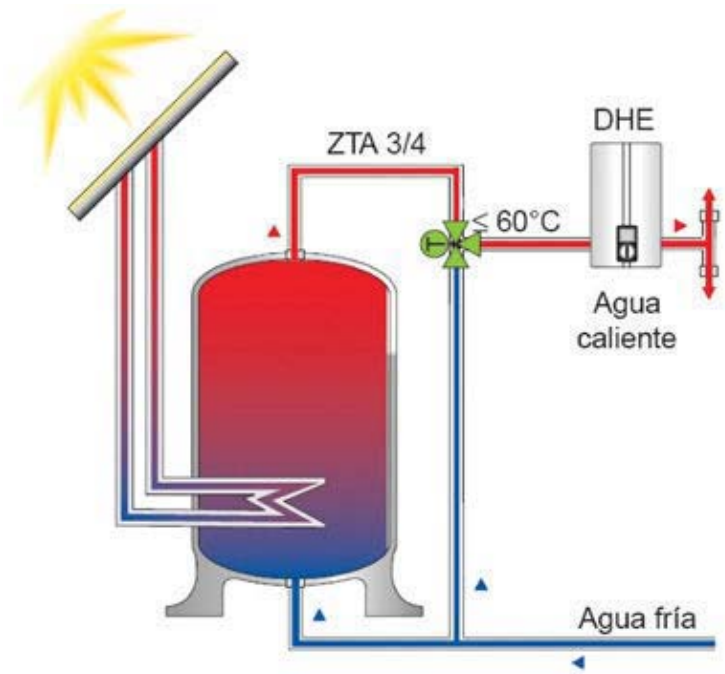
Los colectores más utilizados son los de placa plana, en los que la superficie que absorbe la radiación solar es igual a la superficie que la capta. Se pueden diseñar colectores de placa plana para trabajar con temperaturas de placa absorbente comprendidas entre  $40^\circ \text{ C}$  y  $130^\circ \text{ C}$  pudiéndose alcanzar en su interior temperaturas de agua hasta  $204^\circ \text{ C}$ . Estos colectores utilizan tanto la radiación solar directa como la difusa, no requieren de sistemas de seguimiento solar y prácticamente no precisan de mantenimiento.

Sus aplicaciones van enfocadas a sistemas de calentamiento de agua y calefacción de edificios.

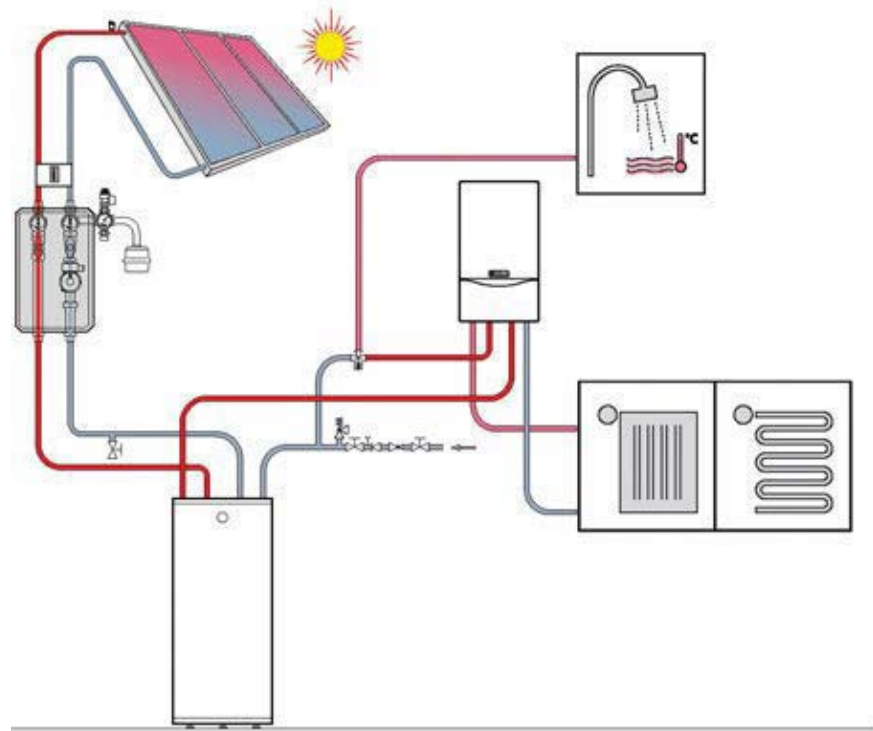
A pesar de que la energía del sol es gratuita, el coste de la energía obtenida en un colector de placa plana depende del rendimiento térmico del sistema, de su vida media y de los costes de fabricación.

### 4.2. Instalaciones de aprovechamiento de energía solar

La producción de agua caliente sanitaria es una de las más comunes aplicaciones de los sistemas de colectores solares. La demanda de agua caliente es aproximadamente constante a lo largo de todo el año y es fácilmente adaptable al apoyo de energía solar. En verano el sistema solar es capaz de cubrir completamente toda la demanda de energía para la producción de agua caliente sanitaria. Aunque debe existir un sistema convencional de calentamiento que cubra las necesidades no aportadas con la energía solar. Puede haber largos períodos de bajos niveles de radiación solar en los que debe asegurarse la producción de agua caliente sanitaria con un sistema de apoyo.



Esquema instalación producción ACS



Esquema instalación producción ACS y calefacción

La instalación se puede diseñar también para dar apoyo a la instalación de calefacción. Una instalación solar es capaz de cubrir hasta el 50 % de la cantidad de energía necesaria a lo largo del año para la producción de agua caliente y calefacción. Si la instalación solar se combina con una caldera convencional como sistema de apoyo, la necesidad de energía se reduce notablemente.

Los elementos constructivos básicos de las instalaciones con aprovechamiento de energía solar más corrientes son el colector de placa plana y el depósito de almacenamiento.

Los colectores se instalan para cubrir un porcentaje de las necesidades energéticas totales, que oscila entre el 50 y el 70%, y el resto debe ser proporcionado por un sistema de apoyo, como ya se ha explicado. Además tienen que incluir los medios para la circulación de agua (forzada o por termosifón) y el control del sistema.

### 4.3. Captadores solares

Los captadores solares son el elemento principal de las instalaciones solares. Existen diversos tipos de captadores solares, siendo los más utilizados en las instalaciones de apoyo a la calefacción o de producción de ACS los captadores planos o los de tubos de vacío, aunque existen también otros tipos de captadores, para aplicaciones específicas, sin carcasa, o sin cubierta de vidrio.

#### 4.3.1. Rendimiento del captador

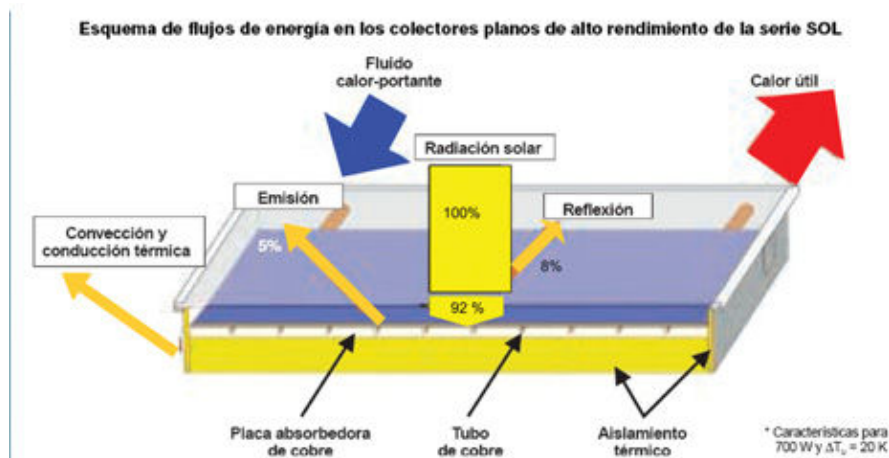
El rendimiento del captador solar nos indica la proporción de energía que es transmitida al fluido térmico.

No toda la energía que llega al captador puede ser aprovechada, ya que se producen pérdidas por radiación, conducción y colección de calor al entorno.

El rendimiento depende de múltiples factores, entre los que cabría destacar la eficiencia óptica de la cubierta y las pérdidas de calor debidas a las diferencias de temperatura entre el captador y el ambiente.

El rendimiento de un captador es específico de cada equipo, por lo que debe ser facilitado por el fabricante del mismo.



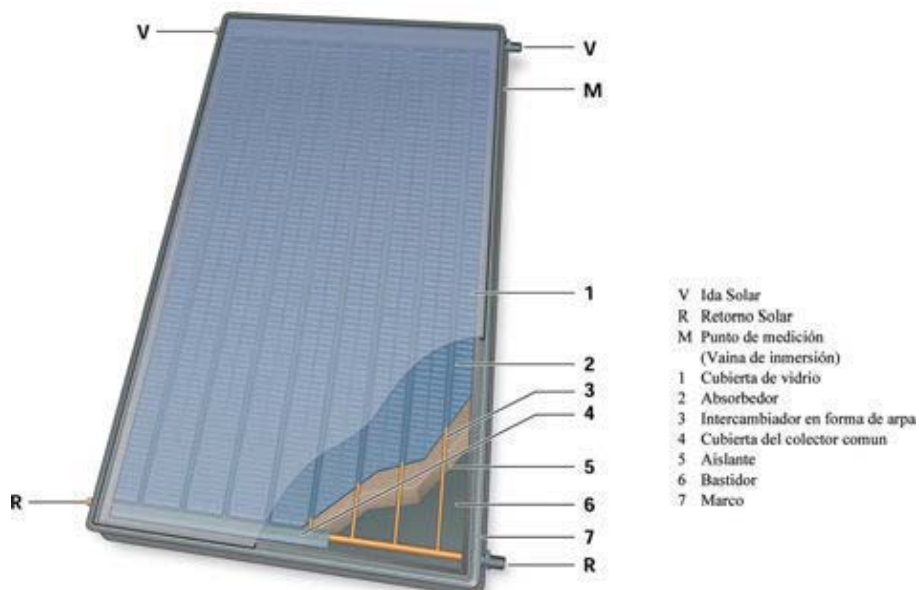


Rendimiento de un captador solar

### 4.3.2. Captadores planos

Los captadores planos están compuestos por los siguientes elementos:

- **Cubierta** de vidrio o plástico que asegura la estanqueidad del conjunto al tiempo que favorece el efecto invernadero para un mejor aprovechamiento de la energía recibida.
- **Placa absorbente** que recibe la radiación solar y la transmite el fluido térmico. Para aumentar su capacidad de absorción se recubre con



Captador solar plano

recubrimientos de color negro. Para aumentar la superficie útil, se utilizan chapas onduladas en lugar de planas.

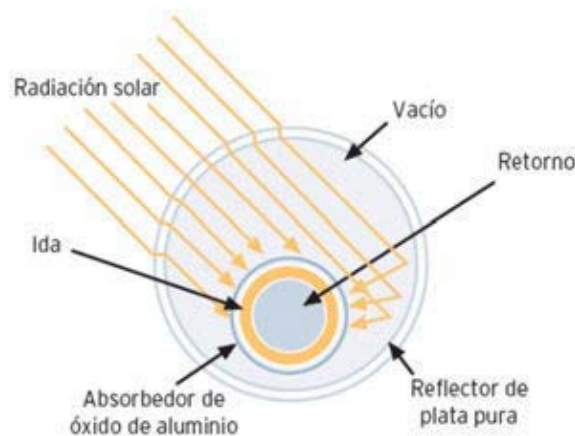
- **Tubos** por los que circula el fluido térmico, solidarios con la placa.
- **Aislamiento** para evitar las pérdidas de calor.
- **Carcasa** en la que se alojan todos los elementos anteriores.

### 4.3.3. Captadores de vacío

Estos captadores se caracterizan por tener en cada tubo integrado un absorbedor, produciéndose el intercambio en un tubo coaxial.

Con estos captadores se asegura un alto rendimiento, ya que se evitan las pérdidas por convección entre los tubos y el vidrio, y se garantiza una mínima emisión.

En contrapartida a estas ventajas nos enfrentamos a su alto coste.



Detalle captador solar de vacío

## 4.4. Orientación de los captadores solares

La orientación de los colectores condiciona la cantidad de energía térmica que puede proporcionar el colector. La orientación óptima para un colector solar, situado en el hemisferio Norte, es la Sur, con una desviación al Este o al Oeste de un máximo de 10 grados.

Si los colectores están instalados sobre tejado inclinado, su orientación será la misma que la del tejado. Si éste está desviado con respecto al Sur, hacia el Este o el Oeste, los rayos de Sol ya no incidirán en el absorbedor con el ángulo ideal. Esto provoca un aumento de la proporción de radiación reflejada por la cubierta de vidrio lo que conlleva una

disminución del rendimiento del colector. Para compensar estas pérdidas de energía será necesario que la instalación disponga de una superficie mayor de captación.

También influye en el rendimiento del captador la inclinación de montaje del mismo, siendo la posición de montaje óptima aquella en la que los rayos del sol inciden perpendicularmente sobre la superficie del captador.

Dado que la posición del sol depende de la época del año y de la altitud del lugar donde se encuentra la instalación, para determinar el ángulo de montaje más adecuado, deberemos tener en cuenta estos datos.

El ángulo de inclinación óptimo también depende de la aplicación que se vaya a dar al sistema de energía solar.

<b>USO</b>	<b>ÁNGULO</b>
ACS	De 35° a 55°
ACS + apoyo calefacción	De 40° a 60°
ACS + piscina	De 30° a 50°
ACS + apoyo calefacción + piscina	De 40° a 60°

El menor ángulo de inclinación óptimo para preparación de agua caliente sanitaria tiene en cuenta la mayor altura del sol en el cielo en verano.

Los mayores ángulos de inclinación óptimos para apoyo a calefacción tienen en cuenta la altura del sol más baja en otoño e invierno.

Si, como se ha expuesto anteriormente, las placas solares se sitúan sobre un tejado, y no se puede montar con la inclinación óptima, será necesario que la instalación disponga de una superficie mayor de captación para compensar la disminución del rendimiento.

## 5. INTERCAMBIADORES DE TEMPERATURA

### 5.1. Generalidades

Los intercambiadores son equipos cuya función es la de efectuar una transferencia térmica entre dos fluidos, con objeto de calentar (o refrigerar) líquidos y gases.

Según su diseño, se pueden clasificar en tres tipos:

- Intercambiadores tubulares.
- Intercambiadores de placas.
- Intercambiadores de aletas.

Aunque su diseño mecánico es distinto, todos ellos tienen el mismo principio de funcionamiento, que consiste en poner en contacto, a través de un material conductor, dos corrientes de fluido, una de ellas fría y otra caliente, para realizar el intercambio de temperatura, de forma que el flujo caliente reduce su temperatura y el flujo frío la incrementa, sin mezclarse entre sí.

Para seleccionar el intercambiador más apropiado para cada aplicación, deberemos tener en cuenta una serie de parámetros, entre ellos la temperatura y presión de trabajo, el espacio disponible, las características de los fluidos a utilizar,...

### 5.2. Intercambiadores tubulares

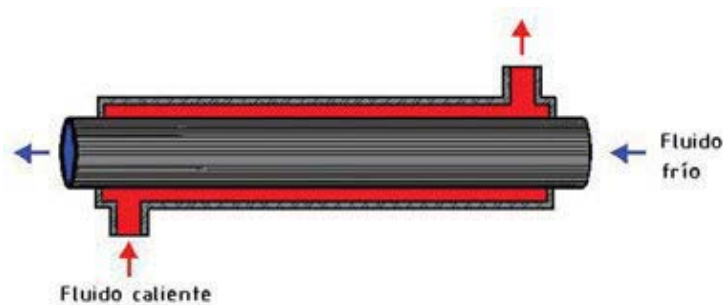
Se utilizan principalmente para realizar el intercambio térmico entre dos líquidos. Están formados por una carcasa que contiene un haz de tubos. La transferencia térmica entre los dos fluidos se realiza a través de la pared de estos tubos interiores.

#### 5.2.1. De tubos concéntricos

Este es el intercambiador tubular más sencillo, que está compuesto por un tubo situado dentro de otro de mayor diámetro que denominamos carcasa.

Uno de los fluidos circula por el espacio anular que queda entre los dos tubos y el otro por el tubo interior, realizando el intercambio a través de las paredes de éste. Los dos fluidos permanecen separados y no pueden llegar a mezclarse, salvo en caso de avería (perforación de los tubos).

Este intercambiador no es apropiado para conseguir saltos térmicos elevados, por su bajo rendimiento, ni para caudales máxicos altos.



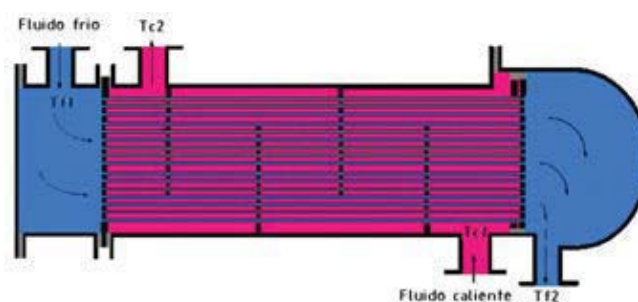
Intercambiador de tubos concéntricos

### 5.2.2. Intercambiador de haz de tubos

Como su nombre indica este tipo de intercambiador tubular está compuesto por un haz de tubos de pequeño diámetro, contenido dentro de una envoltura exterior o carcasa. Los tubos están unidos entre sí por medio de las llamadas placas tubulares o cabezales, que sirven de soporte e impiden que los dos fluidos entren en contacto.

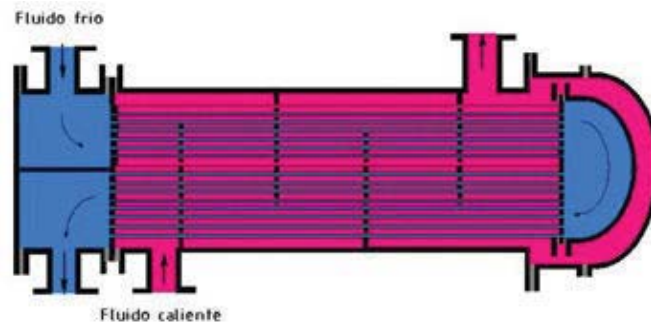
Además de los tubos interiores, dentro de la carcasa pueden montarse placas deflectoras para dirigir la circulación del fluido circulante y crear turbulencias, favoreciendo de este modo la transferencia térmica.

En este tipo de intercambiador uno de los fluidos circula por el interior de los tubos y el otro por el espacio que queda entre la carcasa y el haz de tubos, realizándose el intercambio de temperaturas a través de las paredes de éstos.



Intercambiador de haz de tubos

La disposición de los tubos interiores puede realizarse de diversas formas (fijos, desmontables, en U,...) adaptándose a los distintos usos y requerimientos (mayor salto térmico, posibilidad de limpieza, facilidad de desmontaje, economía de fabricación...).



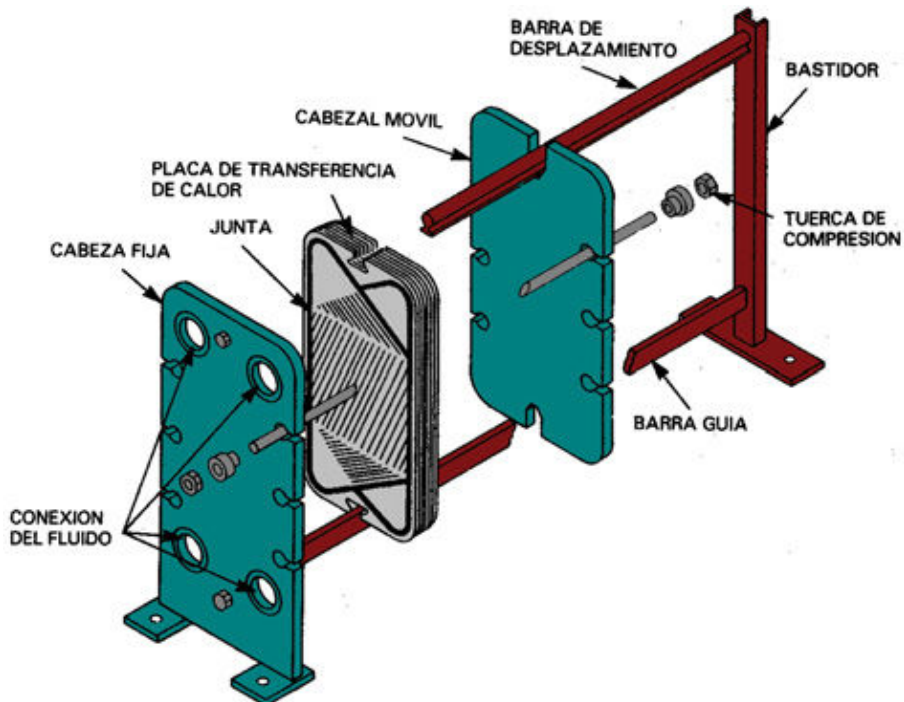
Intercambiador de haz de tubos en U

Además de los tubos interiores, dentro de la carcasa pueden montarse placas deflectoras para dirigir la circulación del fluido circulante y crear turbulencias, favoreciendo de este modo la transferencia térmica.

### 5.3. Intercambiadores de placas

Los intercambiadores de placas están formados por una serie de placas unidas entre sí, y montadas sobre una estructura de soporte.

Este tipo de intercambiador está diseñado de forma que los dos fluidos circulan en contacto con las caras opuestas de una misma chapa metálica a través de la cual realizan el intercambio térmico.



Intercambiador de placas

Como estas placas son independientes entre sí, el intercambiador puede ampliarse fácilmente añadiendo placas adicionales, sobre todo si se ha previsto dejar un espacio de reserva en la estructura de soporte.

Los componentes del intercambiador de placas son:

- **Placas de transferencia:**

Son unas placas metálicas, construidas comúnmente de acero inoxidable, en las que se estampan unas ondulaciones con objeto de aumentar su rigidez, permitiendo así trabajar con mayores presiones, al mismo tiempo que se aumenta la superficie de contacto con el fluido circulante y se favorece la formación de un flujo turbulento que facilita el intercambio de calor.

En la placa también se encuentran los orificios para la entrada y salida de los fluidos y las ranuras de montaje para la fijación de las mismas sobre la estructura de soporte.



Placas de transferencia de calor

- **Junta:**

Entre las placas se monta una junta o elemento de estanqueidad, situado dentro de una ranura estampada en la misma placa. El material utilizado en la fabricación de la placa (caucho, vitón, teflón,...) será el que determinará la temperatura y presión máximas de trabajo del intercambiador de placas.

- **Cabezales:**

El conjunto del intercambiador incluye dos cabezales, uno fijo y otro móvil.

El cabezal fijo forma parte de la estructura de montaje y soporte, incluyendo los alojamientos para las barras de soporte de las placas, los pernos de apriete y las conexiones de entrada y salida de los fluidos.

El cabezal móvil es el que sirve de cierre a todo el conjunto, y por lo general no incluye conexiones para los fluidos, salvo en el caso de intercambiadores de varias etapas.



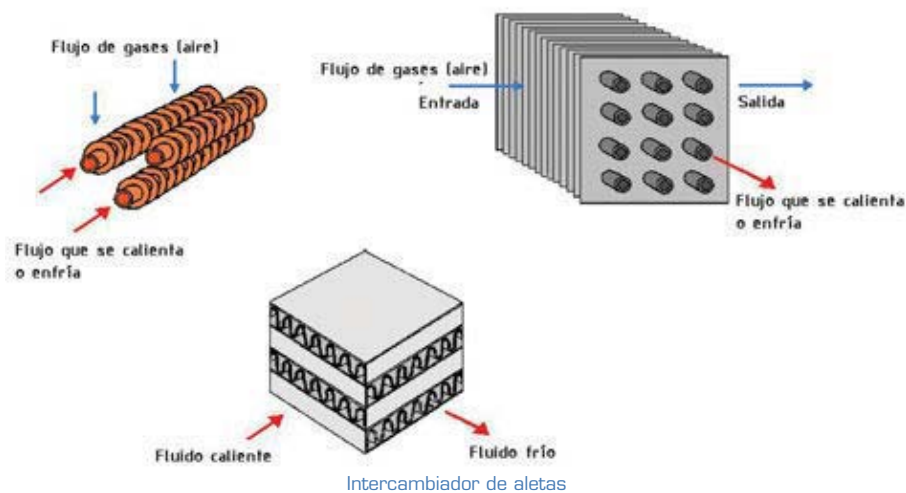
El apriete para comprimir las juntas y mantener las placas unidas se aplica por medio de unos pernos de apriete que se fijan sobre los cabezales, por lo que éstos suelen ser muy gruesos o reforzados por nervaduras de refuerzo. La presión de apriete dependerá del número total de placas y de la presión de trabajo del intercambiador.

### 5.4. Intercambiadores de aletas

Los intercambiadores de aletas se utilizan indistintamente para calentar (o enfriar) el aire ambiente o para enfriar con ayuda del aire ambiente el fluido circulante por los tubos.

La circulación del fluido exterior (aire) puede realizarse de forma forzada o libre, de forma que interfiera perpendicularmente a los tubos que contienen el fluido interior, y discurra paralelo a las aletas.

Las aletas tiene la función de facilitar el intercambio térmico, aumentando la superficie de contacto del aire circulante con los tubos. Para la construcción tanto de los tubos como de las aletas del intercambiador de utiliza normalmente cobre o aluminio, pudiéndose fabricar para algunas aplicaciones con acero inoxidable.





En el diseño más común para este tipo se utilizan tubos en U con placas planas rectangulares, aunque pueden encontrarse configuraciones muy diversas en función de la aplicación a que se destinen y el fluido circulante por su interior.

## 5.5. Interacumuladores

Los interacumuladores son equipos que se utilizan para la producción de agua caliente sanitaria. En ellos se calienta el agua contenida en el depósito al recibir el agua caliente procedente de una caldera o un captador solar.

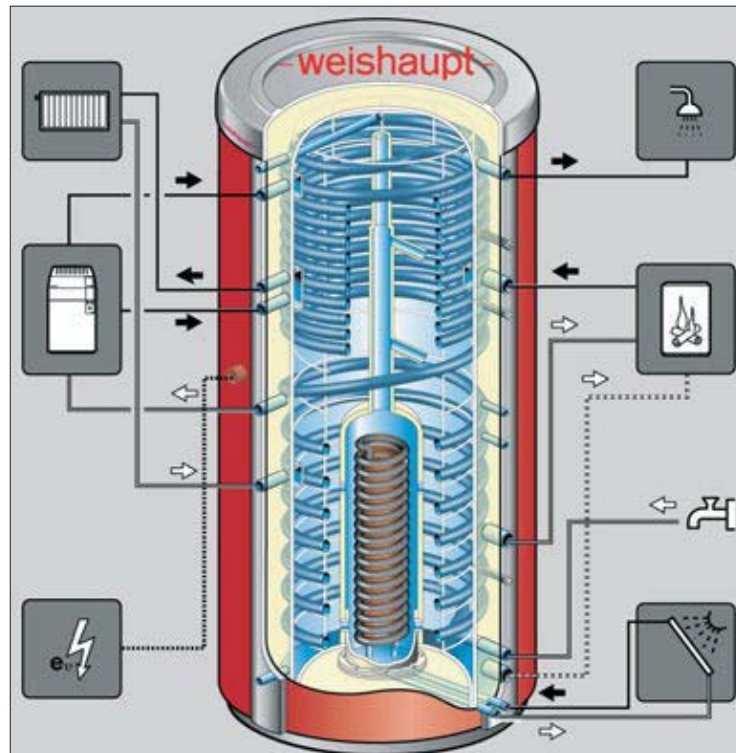


Interacumulador

Estos acumuladores indirectos disponen de un serpentín para el calentamiento del depósito. El depósito incluye un ánodo de sacrificio y las conexiones necesarias para su funcionamiento. Como mínimo deben disponer de cuatro conexiones: dos por donde respectivamente entra y sale el agua de primario procedente de caldera y otras dos de secundario, por una entra agua fría de entrada de red, y otra de salida ya caliente al punto de consumo.

Además incluyen las conexiones para aparatos de medida y/o control (termómetros y termostatos) y ánodos de magnesio para proteger el depósito de la corrosión.

Podemos encostar interacumuladores con mayor número de conexiones que se pueden utilizar para sistemas de producción de ACS con anillo de recirculación o para poderse conectar con varios sistemas de generación de calor (colectores solares, resistencias de apoyo,...).



Interacumulador varios servicios

El calentamiento del agua potable en los interacumuladores se realiza desde la zona más fría hacia la más caliente y genera de este modo una estratificación de la temperatura que se optimiza de forma permanente. El agua caliente se acumula en la parte superior del depósito, donde está la toma para salida de ACS, mientras que la reposición de agua fría se realiza por la parte inferior, de forma laminar para evitar la mezcla y conservar la estratificación térmica. De este modo se garantiza siempre un modo de funcionamiento eficiente.

## 6. BOMBAS

### 6.1. Tipos y aplicaciones

Las bombas son máquinas cuya función es la de tomar la energía mecánica que le proporciona un motor térmico o eléctrico y la transmite a un fluido en forma de energía hidráulica, aumentando su velocidad y presión, permitiendo su transporte.

Atendiendo al principio de funcionamiento, las bombas se clasifican en dos tipos: bombas volumétricas y bombas centrífugas.

Por sus características constructivas y de funcionamiento las bombas volumétricas se utilizan para aplicaciones en las que se requieren elevadas presiones de trabajo, con caudales de suministro relativamente pequeños, o como bombas dosificadoras. Son especialmente útiles en circuitos hidráulicos de transmisión de potencia.

Las bombas centrífugas son de aplicación más general; por su fiabilidad, sencillez de construcción y manejo se utilizan en multitud de aplicaciones en las que se requiere elevación, trasvase o circulación de líquidos.

### 6.2. Bombas volumétricas

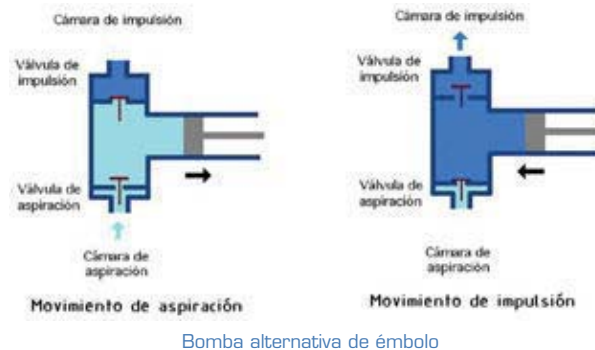
Las bombas volumétricas funcionan realizando un ciclo periódico en el cual se obliga al fluido a pasar desde una cámara de aspiración (entrada a la bomba) hasta la cámara de impulsión o descarga, con el consiguiente aumento de presión.

El fluido es empujado a lo largo de su recorrido por medio de émbolos, palas, engranajes,... permaneciendo confinado en la cámara de trabajo en todo momento.

Las cámaras de aspiración e impulsión deben permanecer aisladas entre sí en todo momento, aunque cuando se trabaja con grandes presiones, parte del fluido bombeado puede pasar de una cámara a otra a través de las juntas, siendo la cantidad de fluido que retrocede muy pequeña en comparación con el caudal de fluido bombeado.

#### 6.2.1. Bombas volumétricas alternativas o de émbolo

El fluido es bombeado por un émbolo con movimiento alternativo, accionado por un mecanismo de levas o de biela manivela. La circulación del fluido a través de la bomba, es regulada por medio de válvulas que se abren y cierran convenientemente por efecto de la presión del propio fluido y con la ayuda de resortes.



Bomba alternativa de émbolo

Este tipo de bombas es el que permite alcanzar mayores presiones, que pueden llegar a ser de miles de bares. Tienen el inconveniente de tener que trabajar a pocas revoluciones, por lo que si se desean obtener caudales elevados es necesario utilizar bombas de gran tamaño.

El caudal suministrado por este tipo de bombas es muy irregular, ya que durante la fase de aspiración, cesa el suministro. Este inconveniente puede reducirse si se emplean bombas con varias cámaras que actúan de forma alternativa.

### 6.2.2. Bombas volumétricas rotativas

En este tipo de bombas se sustituye el movimiento alternativo del émbolo por el giro de piezas con formas especiales. Se eliminan los problemas derivados del uso de los mecanismos biela-manivela por lo que son más sencillas y permiten trabajar a mayores velocidades.

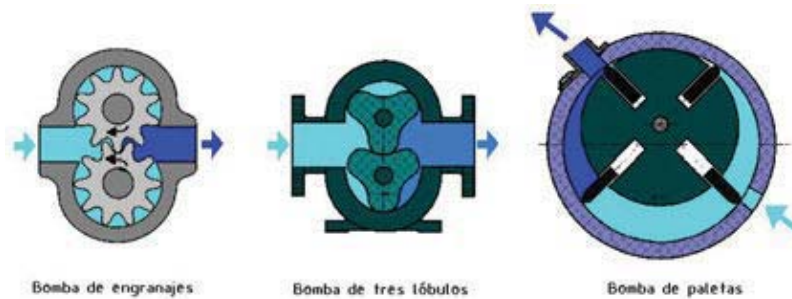
Estas bombas permiten alcanzar presiones de hasta 200 bar, suministrando un caudal uniforme al poder trabajar a velocidades entre 3.000 y 5.000 r.p.m.

Estas bombas no necesitan válvulas, por lo que son reversibles y se pueden utilizar como motores.

- **Bombas de lóbulos:**

Estas bombas impulsan el fluido por medio de unos lóbulos que giran dentro de una carcasa. Uno de ellos, llamado lóbulo motriz, es accionado directamente por un motor y empuja al otro, lóbulo conducido, sobre el que engrana.

No necesitan válvulas, entrando y saliendo el fluido a través de unas toberas. Pueden funcionar a velocidades más altas que las del émbolo, pero presentan mayores problemas de estanqueidad.



Bomba de dos lóbulos, bomba de engranajes y bomba de aletas

- **Bombas de engranajes:**

Es un tipo particular de bomba rotativa, en el que las dos piezas que giran son dos ruedas dentadas que engranan entre sí.

En la cavidad de aspiración, el fluido llena las cavidades entre los dientes de ambas ruedas, y lo desplazan por los arcos de circunferencia exteriores hasta la cámara de descarga.

Debido a las pequeñas dimensiones de las cavidades donde se aloja el fluido, no puede transportar líquidos que tengan sustancias sólidas en suspensión, por lo que siempre deben ir acompañadas de filtros en la aspiración.

- **Bombas de aletas:**

Como su nombre indica, este tipo de bombas dispone de una serie de aletas que se alojan en las ranuras mecanizadas en un rotor que gira excéntricamente respecto a la cámara del estator, también cilíndrica. El ajuste de las paletas sobre el estator se realiza por fuerza centrífuga.

El espacio comprendido entre dos aletas aumenta su volumen durante la fase de llenado, en la cámara de aspiración, y desplaza el fluido hasta la cámara de impulsión al tiempo que se reduce el volumen de la cámara de trabajo.

Tienen la ventaja de que se puede variar la excentricidad del rotor, modificando el volumen de la cámara de trabajo, cambiando así las características de funcionamiento de la bomba (caudal y presión).

- **Bombas helicoidales:**

Uno o varios tornillos que engranan entre sí forman el rotor de estas bombas, en las que las cámaras de trabajo están limitadas por los filetes de los tornillos y las paredes del estator.

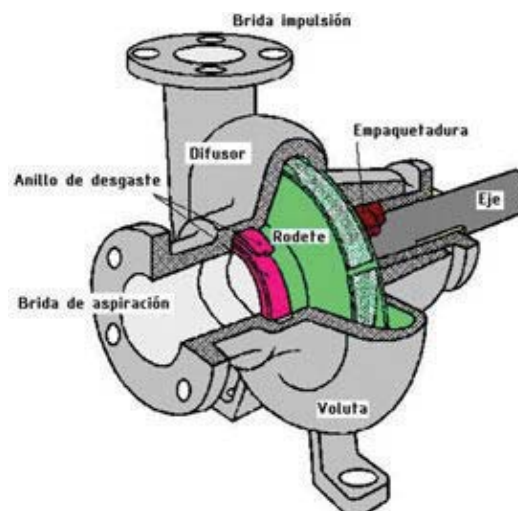
### 6.3. Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas funcionan aplicando a las partículas del fluido un movimiento de rotación muy rápido con ayuda de un rodete accionado generalmente por un motor eléctrico. La energía cinética adquirida por el fluido en movimiento se transforma en energía de presión en el cuerpo de la bomba, llamado difusor o caracol.

El uso de las bombas centrífugas está mucho más extendido que el de las volumétricas, ya que además de las ventajas económicas, presenta una serie de ventajas mecánicas y de funcionamiento, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Son máquinas rotativas.
- No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- El sistema de accionamiento eléctrico y el acoplamiento con el motor es muy sencillo.
- Se adaptan con facilidad a diversas condiciones de funcionamiento, sin necesidad de utilizar aparatos reguladores.
- El mantenimiento de una bomba centrífuga es muy sencillo, y se reduce a renovar al engrase, limpieza y cambio de los elementos de estanqueidad (prensa estopas).

Los elementos básicos que componen una bomba centrífuga son los siguientes:



Partes principales de una bomba centrífuga

**Boca de aspiración:**

Generalmente provista de una brida para conectar la tubería de aspiración; es el orificio por el cual el fluido accede al interior de la bomba por la aspiración que ésta genera.

**Rodete o impulsor:**

Pieza formada por un conjunto de álabes que giran dentro de una carcasa circular y que están conectados por medio de un eje al motor de accionamiento.

**Difusor o caracol:**

Es el órgano fijo de la bomba que recoge el líquido que abandona el rodete, cambiando la dirección de su movimiento para dirigirlo a la boca de salida. Es un transformador de energía, transformando parte de la energía dinámica que el rodete aplica al fluido en energía de presión.

Boca de impulsión: salida del difusor de la bomba que conduce la tubería de impulsión y que se une a ella por medio de una brida.

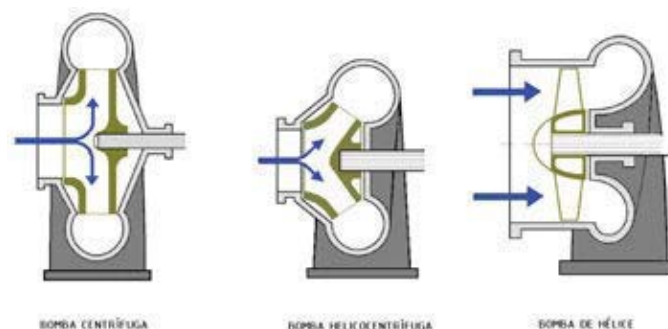
6.3.1. Clasificación

• **Según la trayectoria del fluido dentro de la bomba:**

Bombas centrífugas: el fluido llega al rodete en dirección paralela al eje del mismo, y lo abandona en dirección perpendicular al mismo. Su funcionamiento se caracteriza por ofrecer una relación altura manométrica/caudal alta.

Bombas axiales o de hélice: el fluido entra y sale de la bomba siguiendo una trayectoria paralela al eje de giro del rodete. El cociente altura manométrica/caudal es bajo. Se utilizan para bombear grandes caudales a baja presión.

Bombas helico-centrífugas: es un diseño intermedio a los dos anteriores, en que el fluido llega al rodete siguiendo una trayectoria paralela al eje de accionamiento y lo abandona formando un ángulo con el mismo inferior a 90°.



Tipos de bombas según trayectoria del fluido

- **Según la construcción del rodete:**

De rodete abierto:

En esta clase de impulsor los álabes están unidos directamente al eje de giro, sin ningún plato en los extremos. Su uso está limitado a bombas muy pequeñas, pero se puede manejar cualquier líquido, que pueda llevar incluso sólidos en suspensión o abrasivos.

De rodete semiabierto:

Es un rodete similar al abierto, pero reforzado por medio de un plato, situado en la cara opuesta a la entrada de la bomba. Son especialmente apropiadas, al igual que las de rodete abierto, para trabajar con líquidos viscosos, abrasivos y a elevadas temperaturas.

De rodete cerrado:

Los álabes se sitúan entre dos discos laterales. Es el que permite obtener mejores rendimientos. Debido al refuerzo que ofrecen estos discos, este tipo de impulsores puede soportar mejor los esfuerzos que se aplican al eje, así como las dilataciones y contracciones, lo que los hace apropiados para trabajar a altas temperaturas. La posibilidad de obstrucción de los canales cerrados del rodete hace que no sean apropiados para trabajar con líquidos sucios.

- **Según la posición del eje de accionamiento:**

Bombas horizontales:

El eje de accionamiento está en posición horizontal y esto obliga a que el motor y la bomba estén al mismo nivel. Este tipo de bombas se utilizan para trabajar en seco, llegando el líquido hasta la bomba a través de una tubería de aspiración. Como el fluido también debe lubricar los aros rozantes y las juntas del rotor, no pueden funcionar en vacío, y deben cebarse antes de ponerlas en marcha par evitar averías.

Tiene la ventaja de ser más baratas y de fácil mantenimiento.

Bombas verticales:

El eje se monta en posición vertical, permaneciendo el motor casi siempre por encima de la bomba, por lo que es posible mantener la bomba sumergida en el fluido a bombear. Se utilizan en pozos, aplicaciones marinas y bombeo de aguas sucias. Para grandes caudales resultan más económicas que las horizontales.

- **Según la utilización de la bomba:**

Bombas para elevación.

Bombas para circulación.

Bombas de velocidad.

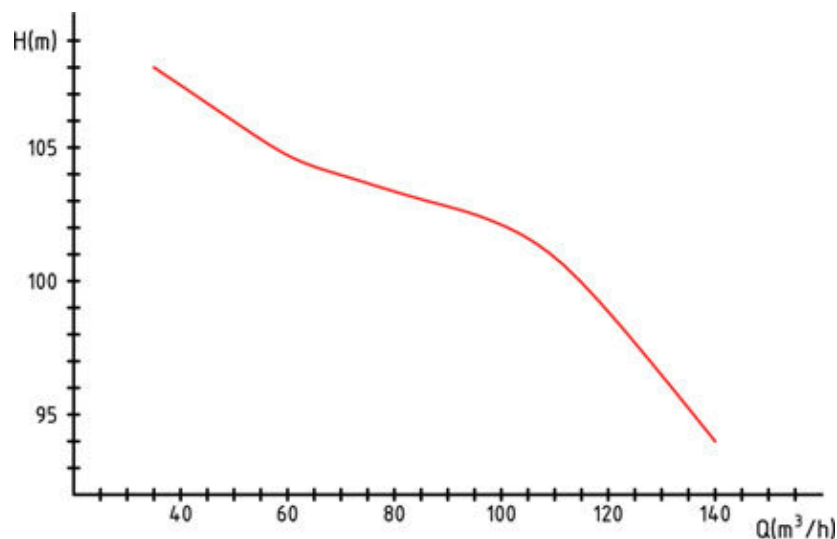


### 6.3.2. Curvas características

Las curvas que más nos interesan, por describir el funcionamiento y facilitar la selección de la bomba adecuada para cada aplicación, son las que representan la altura manométrica (o presión), la potencia y el rendimiento de la bomba, todos ellos en función del caudal.

- **Curva altura manométrica – caudal:**

Nos indica las distintas alturas manométricas que proporciona una bomba para cada uno de los caudales que atraviesa el rodete. La altura manométrica representa la energía que proporciona la bomba, y se obtiene para esta gráfica curvas semejantes para cada velocidad de giro del rodete.



Curva altura manométrica - caudal

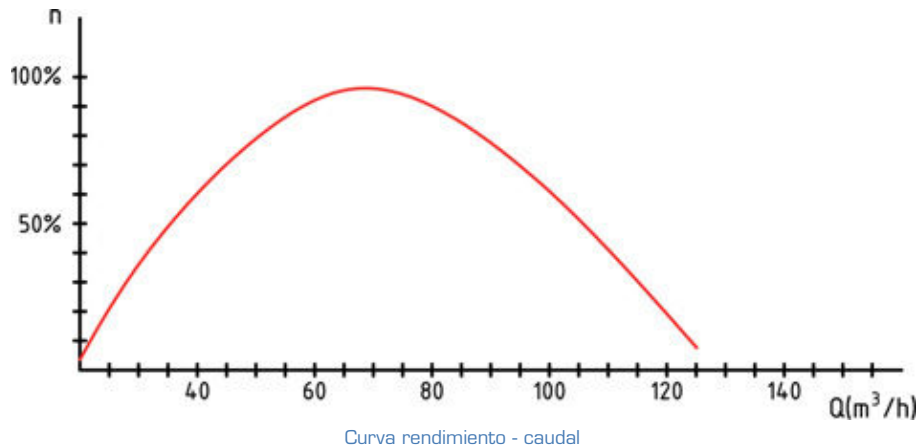
- **Curva rendimiento – caudal:**

En esta curva se representa el rendimiento global de la bomba. Su conocimiento es imprescindible para poder seleccionar la bomba más adecuada para cada instalación, ya que ésta deberá funcionar lo más cerca posible del punto de máximo rendimiento.

- **Curva potencia – caudal:**

Representa la potencia que deberemos aplicar en el eje de la bomba.

El caudal y la altura de impulsión manométrica que puede proporcionar una bomba centrífuga quedan perfectamente definidas por la curva característica de la misma. Ambas magnitudes, permanecerán invariables siempre que se mantenga la velocidad de giro del rodete y la geometría



del mismo, no viéndose modificadas por las características del fluido impulsado. En caso de trabajar con fluidos de distintas densidades, a igual altura manométrica, el líquido más denso ejercerá una mayor presión sobre la boca de impulsión, y por tanto será necesario aplicar mayor potencia a la bomba. Las curvas de la altura y el rendimiento en función del caudal permanecerán invariables, viéndose modificada únicamente la de la potencia.

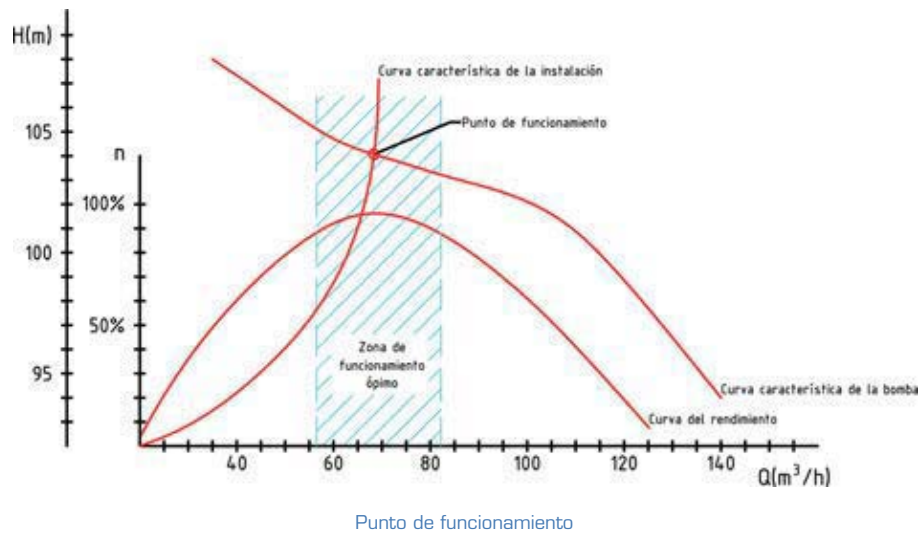
### 6.3.3. Punto de funcionamiento. Selección de la bomba

Hasta ahora hemos definido las características y el funcionamiento de la bomba centrífuga sin tener en cuenta las condiciones de trabajo a que va a ser sometida.

El trabajo de una bomba dentro de una instalación consiste en crear un vacío, de forma se aspire el fluido que será posteriormente impulsado. Las condiciones de presión y caudal que suministrará la bomba no sólo dependen de las características de ésta, definidas con las curvas que proporciona el fabricante, sino que se verán condicionadas por la resistencia que debe vencer la bomba, que estará determinada por la altura a que debe elevarse el fluido bombeado y la resistencia que ofrece la instalación al paso del mismo.

Del mismo modo que se obtiene una curva característica de la bomba, se puede dibujar una gráfica que represente las pérdidas que provoca la instalación, expresadas en unidades de altura manométrica, en función del caudal que circula por ella.

El punto de funcionamiento de una bomba se obtiene gráficamente por comparación de ambas curvas, coincidiendo con la intersección de las mismas.



Para seleccionar la bomba más adecuada para cada instalación, deberemos tener en cuenta que este punto deberá estar situado en la zona que obtengamos un mayor rendimiento.

#### 6.3.4. Instalación, puesta en marcha y control de bombas centrífugas

En este apartado se tratarán una serie de cuestiones relativas a la instalación y utilización de las bombas centrífugas.

- **Cavitación:**

Es un fenómeno que consiste en la vaporización de un fluido, a temperaturas inferiores al punto de ebullición y que se produce cuando la presión a la que éste está sometido es igual o inferior a la tensión superficial del mismo.

La cavitación puede aparecer en la aspiración de las bombas cuando éstas se encuentran situadas por encima de la superficie libre del líquido en el punto de captación, provocando entre otros efectos indeseables el descenso brusco del caudal impulsado y la rápida corrosión de los componentes de la bomba.

Las condiciones de aspiración y las pérdidas a lo largo de la tubería de aspiración son los determinantes en la aparición de este fenómeno.

Para poder determinar de antemano si va a producirse la cavitación en una instalación es necesario definir dos nuevos conceptos:

**Altura neta positiva disponible (NPSH<sub>d</sub>):**

Es la energía de que disponemos, en forma de presión, para llevar el fluido hasta la entrada de la bomba. Esta presión será aquella a la que está sometido el líquido, generalmente la presión atmosférica, salvo que se trate de fluidos presurizado dentro de un tanque o instalación cerrada, a la que tenemos que descontar la altura a la que está situada la bomba con respecto a la superficie libre del líquido, y las pérdidas producidas a lo largo de toda la tubería de aspiración.

Teniendo en cuenta que las pérdidas en la tubería son función del caudal, la altura neta positiva disponible disminuirá al aumentar el caudal.

**Altura neta requerida (NPSH<sub>r</sub>):**

Es un dato característico de la bomba y que debe facilitar el fabricante y que representa las pérdidas de presión que se producen en el interior de la bomba debido al rozamiento del fluido con los álabes del rodete. Como en el caso anterior, su valor depende del caudal circulante.

Se puede demostrar que la condición de no cavitación es que la altura neta positiva disponible sea mayor que la altura neta requerida. Igualando ambos datos podemos determinar cuál será la altura máxima de aspiración de una bomba centrífuga. Para bombas comerciales la altura máxima de aspiración es de 7 a 8 metros, si el fluido con el que trabaja la bomba es agua.

- **Cebado de bombas:**

Cuando las bombas no están funcionando, en el momento del arranque, el tramo de aspiración puede estar lleno de aire. Por su diseño, las bombas centrífugas no pueden aspirar aire con efectividad, por tanto, la bomba no podrá crear la aspiración suficiente para que el líquido llegue hasta el rodete y poder así entrar en funcionamiento normal, realizando el trasiego del líquido.

El proceso de cebado consiste el llenado de la bomba y la conducción de aspiración, para crear unas condiciones previas a la puesta en marcha de la bomba que permitirán un funcionamiento normal de la misma. Esto no será necesario en aquellas bombas que estén instaladas de forma que se mantengan siempre llenas de líquido (bombas cuyo rodete está situado por debajo de la superficie libre del fluido a trasegar).

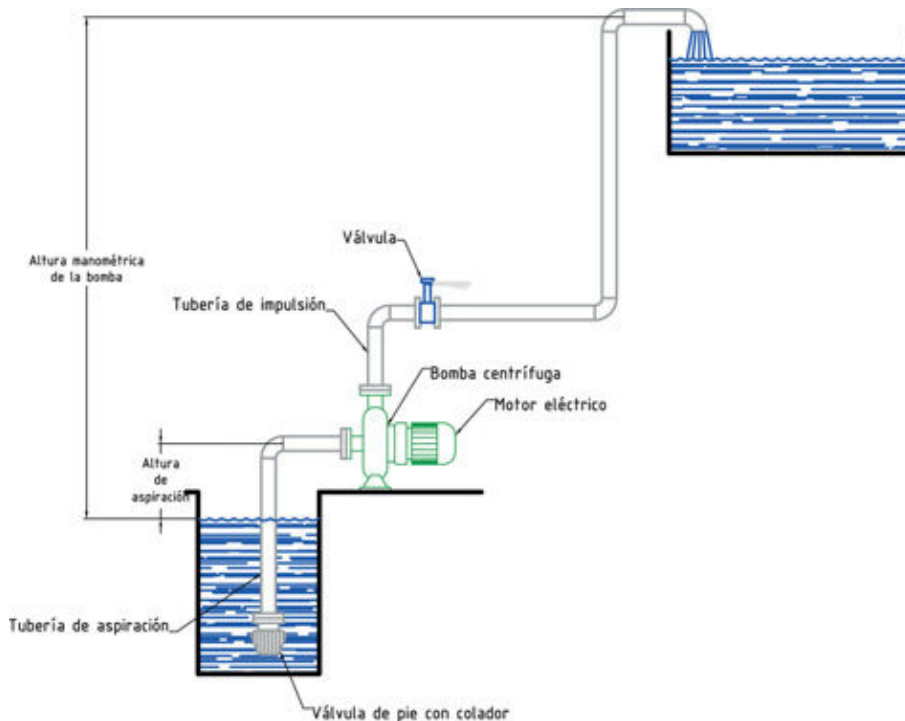
El cebado puede realizarse de forma manual, a través de orificios dispuestos para tal fin o de forma automática, con la ayuda de bombas auxiliares (para instalaciones de grandes dimensiones), utilizando bombas auto-aspirantes o cualquier otro sistema que permita eliminar el aire contenido dentro de la bomba y la tubería de aspiración.

- **Regulación de bombas:**

La regulación de la bomba consiste en variar su punto de funcionamiento para adaptarse a los requerimientos del usuario, generalmente para obtener de ella el caudal deseado.

La regulación puede realizarse de dos formas:

Modificando de la resistencia que ofrece la tubería de impulsión, intercalando en ella una válvula de regulación o variando la velocidad de giro del rodete, utilizando para ello variadores de velocidad.



Instalación típica de bomba de elevación

- **Equipamiento para instalación de bombas:**

Para el correcto funcionamiento de las bombas éstas deben ir acompañadas de una serie de equipos accesorios, entre los que cabe destacar los siguientes:

En la tubería de aspiración:

Filtro colador para evitar la entrada de objetos extraños a la bomba.

Válvula de pie o válvula de retención que impide el vaciado de la tubería de aspiración cuando la bomba deja de funcionar.

Válvula de aspiración, para permitir el acceso y desmontaje de la bomba en caso de avería.

En la tubería de impulsión:

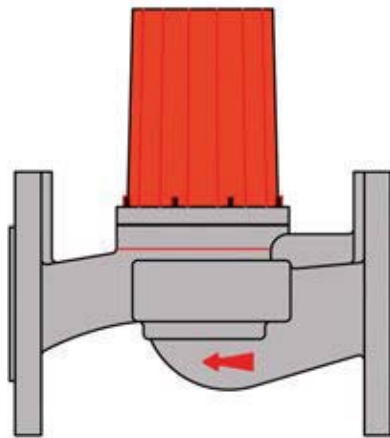
Válvula de retención que impide el vaciado de la tubería de impulsión cuando la bomba deja de funcionar.

Válvula de impulsión (de compuerta o mariposa), para permitir el acceso y desmontaje de la bomba en caso de avería. También se utilizan para maniobra en el arranque de la bomba.

Calderín de amortiguación para prevenir daños por causa del golpe de ariete.

## 6.4. Bombas circuladoras

Las bombas circuladoras son bombas centrífugas que se utilizan en instalaciones de producción de calor y que tienen como objetivo el mantener el agua, u otro fluido calorportador, en circulación dentro de un circuito de calefacción o de agua caliente sanitaria, venciendo las resistencias (pérdidas de presión por rozamiento en tuberías y accesorios) que ofrece la instalación.



Bomba circuladora

Estas bombas, por lo general, son de rotor húmedo, por tanto, el agua impulsada es la encargada de lubricar y refrigerar las partes móviles de la bomba. Si la bomba circuladora de una instalación se pone en funcionamiento en seco puede sufrir graves averías.

Condiciones de generales de montaje de las bombas circuladoras:

- Se montarán entre dos válvulas de corte para facilitar su desmontaje en caso de avería.

- Deben situarse en tramos de tubería rígidos para evitar vibraciones.
- La tubería no debe soportar el peso de la bomba salvo en instalaciones individuales en las que se utilicen bombas especialmente preparadas para ello.
- Las conexiones de las tuberías con el circulador deben hacerse de forma que no se transmitan esfuerzos sobre la bomba (por estar las bridas de unión desalineadas).

## 7. VÁLVULAS DE CONTROL

### 7.1. Generalidades

Las válvulas son dispositivos mecánicos, cuya función es la de controlar o regular la circulación de un fluido a través de un conducto.

Las válvulas se componen de:

- Cuerpo de válvula: contiene y sirve de soporte a los demás elementos que componen la válvula.
- Accionamiento: mecanismo a través del cual se controla la apertura y cierre de la válvula.
- Obturador o tapón: componente que realiza el cierre mecánico, impidiendo o limitando la circulación del fluido.
- Junta o asiento: es el elemento que dará estanqueidad a la válvula cuando esté cerrada.

Los materiales utilizados para la construcción de estos componentes son muy variados, y se seleccionan en función de las condiciones de trabajo a que va a estar sometida la válvula (presión, temperatura, características del fluido,...).

La apertura y cierre de la válvula se realiza a través de un sistema de accionamiento. Podemos encontrar válvulas de accionamiento manual (por medio de manivelas o volantes) y servoválvulas, que disponen de un sistema de apertura motorizado, por medio de bobinas (electroválvulas), motores eléctricos o cilindros neumáticos.

También podemos encontrar válvulas accionadas automáticamente, es decir, que su apertura y cierre se produce por la variación de la magnitud que se desea controlar y no tienen sistemas de accionamiento exteriores: válvulas de seguridad (accionadas por presión), válvulas termostáticas (accionadas por las variaciones de temperatura), válvulas de retención (accionadas por presión o por gravedad),...

Las válvulas se instalan de forma que el fluido se vea obligado a pasar a través de ellas. Existen distintos sistemas de montaje de las válvulas:

- Roscadas.
- Con bridas.
- Entre bridas.
- Soldadas.



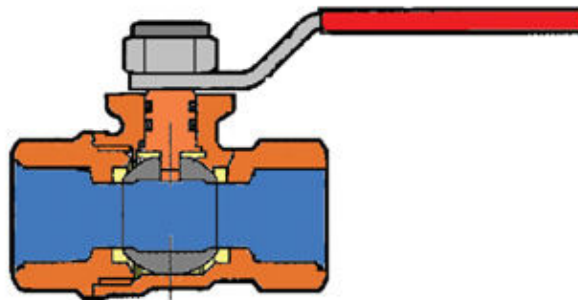
## 7.2. Tipos de válvulas

A continuación se describen los tipos de válvulas más usuales, así como los materiales empleados en su construcción y sus aplicaciones más comunes:

### 7.2.1. Válvulas de bola

Son válvulas con un obturador esférico taladrado que gira dentro de un asiento elástico que ejerce la función de junta de estanqueidad. La válvula se cierra al girar la bola un cuarto de vuelta con ayuda de una manivela. El taladro de la bola es del mismo diámetro que la tubería, de forma que cuando está abierta permite el paso total y en línea recta del fluido.

Esta es una válvula de uso general, para aplicaciones en las que se requiere una apertura rápida, no siendo adecuadas para la regulación. Son válvulas sencillas y económicas que no requieren mantenimiento, fáciles de montar y que proporcionan un cierre hermético.



Válvula de bola

Los materiales con que se construyen permiten diversas aplicaciones:

Material del cuerpo: fundición dúctil, bronce, latón, aluminio, aceros al carbono, aceros inoxidables, plásticos de polipropileno y PVC.

Material de la bola: latón cromado, acero inoxidable, plásticos de polipropileno y PVC.

Material del asiento: nylon, teflón, vitón y neopreno.

Se fabrican diversas variaciones sobre este mismo tipo de válvula que permiten múltiples aplicaciones: válvulas de 3 y 4 vías, válvulas con paso reducido, válvulas con entrada por la parte superior,...

### 7.2.2. Válvulas de mariposa

El paso del fluido se controla con un obturador en forma de disco (lenteja), que gira alrededor de un eje que lo atraviesa y está en posición perpendicular al sentido de la circulación del fluido. Esta válvula se abre y cierra con un cuarto de vuelta, con ayuda de manivelas, volantes o motorizadas (accionamiento eléctrico o neumático). Para grandes diámetros pueden incorporar un reductor para facilitar su apertura.

Son válvulas ligeras, fáciles de instalar y mantener, que permiten maniobras frecuentes. No son adecuadas para la regulación ni para trabajar con altas presiones.

Requieren elevados esfuerzos para su accionamiento y provocan caídas de presión relativamente altas, en comparación con las válvulas de bola, al quedar la lenteja dentro de la corriente de fluido.

Los materiales empleados para la construcción de este tipo de válvulas son:

Material del cuerpo: fundición dúctil, aceros al carbono, aceros inoxidable, plásticos de polipropileno y PVC.

Material del disco: latón cromado, acero al carbono, acero inoxidable, plásticos de polipropileno y PVC.

Material del asiento: vitón, neopreno. Caucho, poliuretano, butilo,...

### 7.2.3. Válvulas de compuerta

Son unas válvulas en las que se cierra el orificio de paso del fluido con un disco vertical de caras planas que se desliza sobre el asiento. El accionamiento de estas válvulas se realiza por medio de un volante.

Son válvulas de uso general, con fluidos limpios, para apertura y cierre (no son adecuadas para regulación) ofreciendo buena estanqueidad y poca caída de presión al quedar el orificio totalmente abierto.

Según la forma del disco, podemos encontrar válvulas de cuña, de guillotina, de cuña flexible,...

### 7.2.4. Válvulas de diafragma

Este tipo de válvula dispone de un diafragma de material elástico que puede ser empujado por un elemento compresor, de forma que cierre el orificio de paso. Este tipo de válvulas se acciona mediante un volante.

Son válvulas para utilizar con bajas presiones, siendo útiles tanto para la apertura y cierre total como para la regulación.



Válvula de diafragma

Tienen la característica de mantener el mecanismo de accionamiento completamente aislado del fluido, por lo que son especialmente útiles para el manejo de fluidos corrosivos y con sólidos en suspensión.

#### 7.2.5. Válvulas de globo

En las válvulas de globo la apertura y el cierre se consiguen por el desplazamiento de un disco o tapón que acopla sobre un asiento que generalmente es paralelo al sentido de circulación del fluido.

Este tipo de válvulas provoca elevadas pérdidas de presión por el recorrido que debe hacer el fluido por su interior, pero tienen la ventaja de ser muy adecuadas para realizar funciones de regulación.

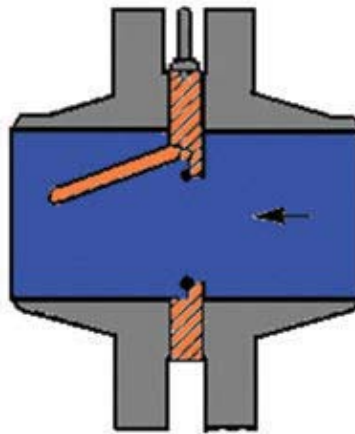


Válvula de globo

Según su geometría constructiva podemos encontrar válvulas de globo en ángulo y en “Y” con las que se consigue mejorar la trayectoria del fluido y disminuir así las pérdidas de presión. También las podemos encontrar de tres vías, para mezcla y distribución de fluidos.

### 7.2.6. Válvulas de retención

Las válvulas de retención son válvulas de accionamiento automático, es decir, que no tienen controles externos, y que están destinadas a impedir la circulación del fluido en una determinada dirección.



Válvula de retención de disco

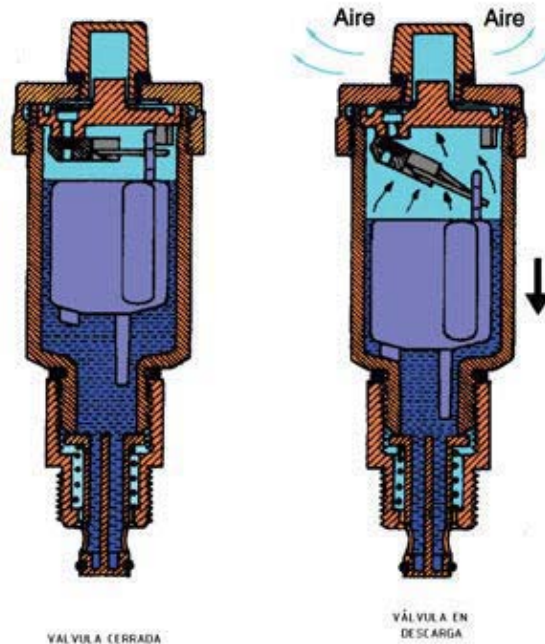
La válvula se abre con la presión del fluido circulante, y el cierre se provoca por el propio peso del mecanismo o por la acción de un resorte de cierre.

Como ocurre con el resto de válvulas, hay gran variedad de modelos, sistemas y tipos de válvulas de retención que se adaptan a cualquier aplicación.

## 7.3. Válvulas con aplicaciones específicas

### 7.3.1. Purgadores de aire automáticos

Son válvulas que deben montarse en los puntos más altos de la instalación y tienen la función de eliminar el aire contenido en la misma de forma automática.



Funcionamiento de un purgador automático

### 7.3.2. Válvulas de seguridad (limitadoras de presión)

Es un tipo de válvula de acción automática cuya función es la de limitar la presión máxima que puede alcanzarse dentro de un sistema cerrado. Esta válvula permanece cerrada por la acción de un resorte. Cuando se alcanza dentro del sistema la presión a la que está tarada la válvula, ésta se abre y se realiza una descarga de fluido al exterior, provocando así una caída brusca de la presión.

### 7.3.3. Llaves termostáticas

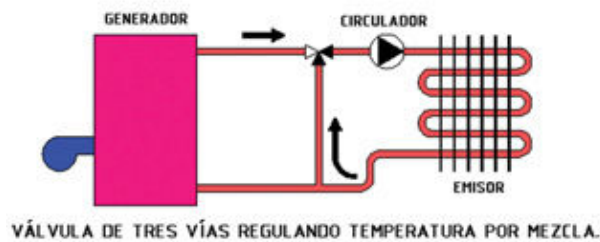
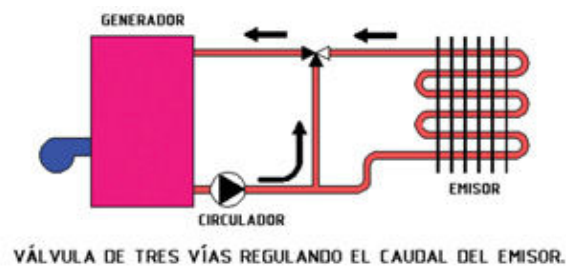
Son llaves que permiten regular de forma automática la temperatura ambiente, y que actúan regulando el caudal de agua que circula por dentro de un emisor de calor (radiador). Estas llaves detectan la temperatura ambiente a través de un bulbo, y por medio de un muelle comparador provoca el desplazamiento del vástago de la válvula, en función de la consigna de temperatura seleccionada en el elemento de consigna.

### 7.3.4. Válvulas de tres vías

Las válvulas de tres vías disponen de una vía común que puede unirse a una vía directa (válvula abierta) o la vía de by-pass (válvulas cerradas).

Se utilizan para la regulación de circuitos de calefacción, accionadas mediante un servomotor que controla su apertura y cierre.

Esta válvula puede utilizarse para variar a potencia de calefacción, mediante la variación del caudal que circula por el primario (válvula diversora) o realizando una mezcla de caudales que se envía a los emisores (válvula mezcladora).

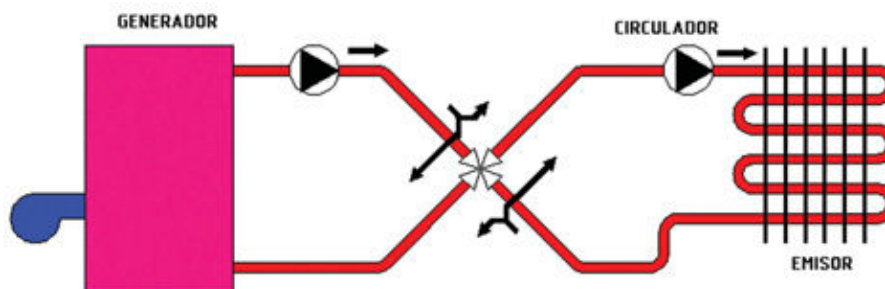


Aplicaciones de las válvulas de tres vías

### 7.3.5. Válvulas de cuatro vías

Estas válvulas se utilizan para regular la temperatura del agua en el momento del arranque de una instalación. Se instalan de forma que permiten mezclar el agua en el retorno a la caldera, facilitando el aumento de temperatura del líquido.

Parte del agua que sale de la caldera, se mezcla con el retorno y se envía de nuevo al intercambiador de la caldera.



Aplicaciones de las válvulas de cuatro vías

## 8. VASOS DE EXPANSIÓN

### 8.1. Aplicaciones y tipos

En los sistemas de calefacción por agua caliente es necesario mantener dentro del circuito una presión superior a la atmosférica para evitar que el agua circulante se vaporice o entre en ebullición al calentarse.

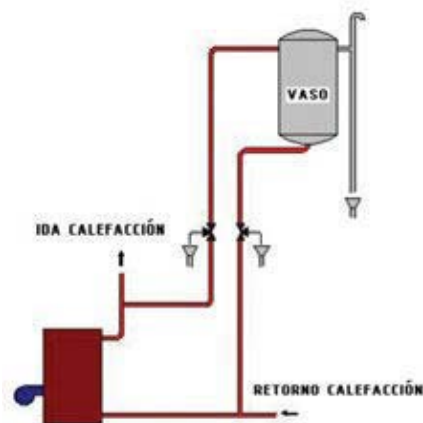
Al mismo tiempo, también necesitaremos absorber las variaciones de volumen que experimenta el agua (o fluido térmico), en el interior del sistema, al dilatarse y contraerse como consecuencia de las variaciones de temperatura a que se ve sometida.

Para ello utilizaremos los llamados vasos o depósitos de expansión, que al mismo tiempo nos ayudan a minimizar los daños que pueda provocar sobre los distintos componentes de la instalación el golpe de ariete.

Los depósitos o vasos de expansión pueden ser abiertos o cerrados:

#### 8.1.1. Depósitos de expansión abiertos

Es un depósito que se sitúa a la altura necesaria para presurizar el circuito de agua por altura piezométrica. La normativa vigente prohíbe su uso en instalaciones nuevas, pero podemos encontrarlos en instalaciones.



Vaso de expansión abierto

Estos depósitos abiertos tienen el inconveniente de permitir la entrada de aire en el sistema, y que éste sea absorbido por el agua, favoreciendo así la corrosión de todos los componentes con los que entra en contacto. También permite la pérdida de fluido por evaporación o por descargas.

### 8.1.2. Vasos de expansión cerrados

Los vasos de expansión cerrados funcionan por compresión de una cámara de aire, u otro gas, contenida en su interior, que está presurizada y separada del agua por una membrana elástica.



Vaso de expansión cerrado

El uso de vasos de expansión cerrados tiene las siguientes ventajas:

Facilidad y sencillez de montaje, lo que simplifica la instalación, al no necesitar conductos de evaporación y descarga.

Evita el contacto del agua interior del circuito con el aire atmosférico, evitando así problemas de corrosión.

No hay pérdidas de fluido por evaporación o descarga.

### 8.2. Cálculo de vasos de expansión cerrados

Para poder seleccionar el vaso de expansión que debemos montar en una instalación de calefacción por agua necesitaremos conocer en primer lugar el volumen total de agua que contiene el circuito. Para facilitar este trabajo podemos utilizar la tabla de la página siguiente, que nos indica el volumen de agua que contiene un metro de tubería en función de su diámetro.

El vaso de expansión cerrado, como se ha expuesto anteriormente, dispone de una cámara de gas que se comprime al dilatarse el agua como consecuencia del aumento de temperatura, hasta que se equilibran las presiones del sistema. El vaso de expansión debe absorber el incremento de volumen que experimenta el agua, por tanto para poder saber el volumen útil del vaso, se calcula con la fórmula siguiente:



TUBO DE ACERO DIN2440		TUBO DE COBRE	
DIÁMETRO	CONTENIDO DE AGUA (l/m)	DIÁMETRO	CONTENIDO DE AGUA (l/m)
3/8"	0.128	6/8	0.028
1/2"	0.213	8/10	0.050
3/4"	0.380	10/12	0.079
1"	0.602	12/14	0.113
1 1/4"	1.04	13/15	0.133
1 1/2"	1.359	14/16	0.154
2"	2.248	16/18	0.201
2 1/2"	3.772	20/22	0.314
3"	5.204		
4"	8.820		
5"	13.431		

$$V_{\text{útil}} = V_{\text{contenido}} \cdot \alpha$$

Donde  $\alpha$  es el coeficiente de dilatación del agua, que depende de su temperatura y puede obtenerse de la tabla siguiente:

Temperatura	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Coef. Dilatación	0.027	0.177	0.435	0.782	1.21	1.71	2.27	2.90	3.59	4.34

El volumen total de depósito, estará en función del coeficiente de utilización, que depende de la presión de trabajo de la instalación y de la presión máxima que podemos alcanzar, y que se obtiene con la fórmula siguiente:

$$\eta = \frac{P_{\text{máxima}} - P_{\text{contenida}}}{P_{\text{máxima}}}$$

El volumen total del vaso de expansión será:

$$V_{\text{total}} = \frac{V_{\text{útil}}}{\eta}$$

El depósito de expansión seleccionado deberá estar previsto para soportar una presión de 1,5 veces la máxima del circuito, sin que sufra fugas ni deformaciones. Esta presión nunca será inferior a la presión de timbraje de la válvula de seguridad preceptiva del circuito.

### 8.3. Instalación de vasos de expansión cerrados

Para instalar el vaso de expansión en un circuito de calefacción por agua, deberemos seguir las siguientes directrices:

- No debe instalarse ninguna válvula de cierre entre la caldera y el vaso de expansión, ya que si ésta se cierra, quedaría inutilizado el vaso y no podría cumplir con su función.
- Para un correcto funcionamiento, debe quedar instalado en la línea de aspiración del circulador de agua, en el conducto de retorno de la caldera.
- La conexión del vaso de expansión al circuito se realizará de forma que se evite la formación de bolsas de aire, mediante un trazado apropiado de la tubería que facilite la evacuación del aire o con la colocación de purgadores automáticos.

## 9. CHIMENEAS

La chimenea es un conducto que sirve para evacuar los gases producidos en la combustión desde el generador de calor a la atmósfera.

El tiro de una chimenea es la depresión que se produce en la base de la misma, como consecuencia de la diferencia de peso entre los gases calientes que ésta contiene y el aire frío exterior. El tiro de una chimenea debe ser capaz de evacuar los productos de la combustión, venciendo las resistencias que oponen el propio conducto de la chimenea y el hogar de la caldera donde se realiza el proceso de combustión.

El tiro de la chimenea es directamente proporcional a la altura de la misma y a la diferencia de temperaturas entre el aire exterior y los gases de la combustión. Podemos calcular, de una forma sencilla, el valor medio de la depresión disponible en la base de la misma aplicando la expresión siguiente:

$$H = 0,45 \times h$$

Donde  $h$  es la altura de la chimenea en metros y la depresión se obtiene en mm.c.a.

En la figura siguiente se muestra el esquema constructivo de una chimenea. Hay que recordar que todo el conjunto debe estar convenientemente aislado térmicamente para evitar las pérdidas de calor y el consiguiente enfriamiento de los humos que provocaría la aparición de condensados y la pérdida de tiro.



Elementos de una chimenea

Cuando se realiza el cálculo de una chimenea deberemos tener en cuenta el tipo de hogar con que está equipada. En calderas con el hogar en depresión, los humos salen del hogar con presión negativa, que se incrementa en el tramo horizontal. Para hogares en sobrepresión, el ventilador del quemador impulsa los humos, por lo que el tiro de la chimenea puede ser menor.

### 9.1. Cálculo de la chimenea

El cálculo de la sección y la altura de una chimenea deben realizarse de forma que permita la correcta evacuación de los humos, realizándose los cálculos de forma que se obtiene la sección del tramo vertical y del tramo horizontal por separado.

La sección de la chimenea puede calcularse con la fórmula siguiente:

$$A = K \cdot \frac{P_n}{\sqrt{h_{red}}}$$

Donde:

**K** es un coeficiente que depende del tipo de combustible:

Calderas presurizadas: entre 0,008 y 0,014

Calderas para combustibles líquidos: 0,03

Calderas para combustibles sólidos: 0,02

**P<sub>n</sub>** es la potencia nominal de la caldera en kcal/h.

**h<sub>red</sub>** es la altura reducida de la chimenea en metros.

**A** la sección de la chimenea en cm<sup>2</sup>.

Para poder calcular la altura reducida, aplicaremos la fórmula siguiente:

$$h_{red} = h - (L + n \cdot k_c + h_{cal})$$

En la que:

**h** es la altura real de la chimenea en metros.

**L** es la longitud del tramo horizontal en metros.

**n** el número de codos.

**k<sub>c</sub>** es el coeficiente de pérdidas en el codo (generalmente se toma 0,5).

**h<sub>cal</sub>** es la altura a considerar por las pérdidas de carga en la caldera (1 metro por cada mm.c.a. de pérdidas en la caldera). Este es un dato que debe proporcionar el fabricante de la caldera.

A partir de estos datos podemos obtener la sección que debe tener el tubo vertical de la chimenea. Hay que tener en cuenta que en el caso de instalaciones que no se encuentren a nivel del mar, la sección de tubo obtenida con estos cálculos debe incrementarse un 6% por cada 500 m de altitud, para compensar la pérdida de densidad del aire con la altura.

Para calcular la sección del tubo horizontal utilizaremos la fórmula siguiente, teniendo siempre en cuenta que su longitud debe ser siempre inferior a la mitad de la altura del tramo vertical:

$$A_h = A_v \cdot \left[ \left( 0,6 \cdot \frac{L}{h} \right) + 1 \right]$$

Donde:

**A<sub>h</sub>** es la sección del tubo horizontal en cm<sup>2</sup>.

**A<sub>v</sub>** es la sección del tubo vertical en cm<sup>2</sup>.

**L** es la longitud del tramo horizontal en metros.

**H** es la altura real de la chimenea en metros.

Si con los resultados obtenidos comprobamos que si no podemos instalar la chimenea querida por falta de espacio o cualquier otro condicionante de tipo técnico o constructivo, siempre podremos optar por utilizar el sistema de evacuación de humos por tiro forzado, consistente en la colocación de un extractor en la parte alta de la chimenea que debe funcionar siempre de manera solidaria con el quemador de la caldera.

## 9.2. Recomendaciones para la instalación de chimeneas

- La boca de las chimeneas debe sobresalir siempre un metro por encima de las cubreras o muros de edificios colindantes, situados en un radio de 10 metros.
- No debe situarse en ningún caso por debajo del borde superior de un hueco de fachada (puertas, ventanas, respiraderos,...) que se encuentre entre 10 y 50 metros de distancia de la chimenea.
- Las chimeneas deben disponer de un registro para limpieza y un drenaje par condensados.

Además, se instalarán puntos para tomas de muestras y control de la combustión. Como mínimo serán dos y estarán situados, uno de ellos a 50 cm de la unión con la caldera y el otro a una distancia entre 1 y 4 metros de la boca de salida de la chimenea.

- Las chimeneas se construirán con materiales incombustibles y resistentes a las altas temperaturas y a los agentes agresivos que puedan

resultar de la combustión, debiendo además estar convenientemente aisladas térmicamente.

- Las chimeneas se construirán preferentemente de sección circular, manteniendo la sección constante a lo largo de su recorrido. Pueden construirse chimeneas rectangulares siempre que la relación entre el lado menor y el mayor sea menor de 1,5.

## RESUMEN

Las instalaciones de producción de calor se componen de una gran variedad de elementos.

Es importante para el alumno adquirir unos conocimientos básicos de cuál es la función de cada uno de estos elementos y las condiciones que deben cumplirse para un correcto funcionamiento de todos ellos.

La elección de cada componente, desde el tipo de combustible, hasta los elementos de control, y su correcto montaje, puesta en marcha y funcionamiento, será determinante para conseguir el objetivo propuesto.





## CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN

1. Explica los distintos tipos de combustión.
2. ¿Qué es el diagrama de la combustión? ¿Para qué se utiliza?
3. Indica cuáles son los productos resultantes de la combustión, especificando los que pueden resultar perjudiciales o nocivos.
4. Indica cuáles son los tipos de combustibles más utilizados y explica por qué.
5. Componentes básicos de una caldera.
6. ¿Qué es una caldera estanca?
7. Componentes básicos de un quemador de gasóleo.
8. ¿Qué es un quemador atmosférico?
9. Tipos de captadores solares.
10. Explica cómo influye la posición de un panel solar plano en su rendimiento.
11. ¿Qué es un intercambiador de temperatura?
12. ¿Qué es un interacumulador?
13. Explica la diferencia entre una bomba volumétrica y una bomba centrífuga.
14. ¿Qué función tiene el circulador en una instalación?
15. ¿Cuál es la misión del vaso de expansión?
16. ¿Qué es el tiro de una chimenea? ¿De qué factores depende?