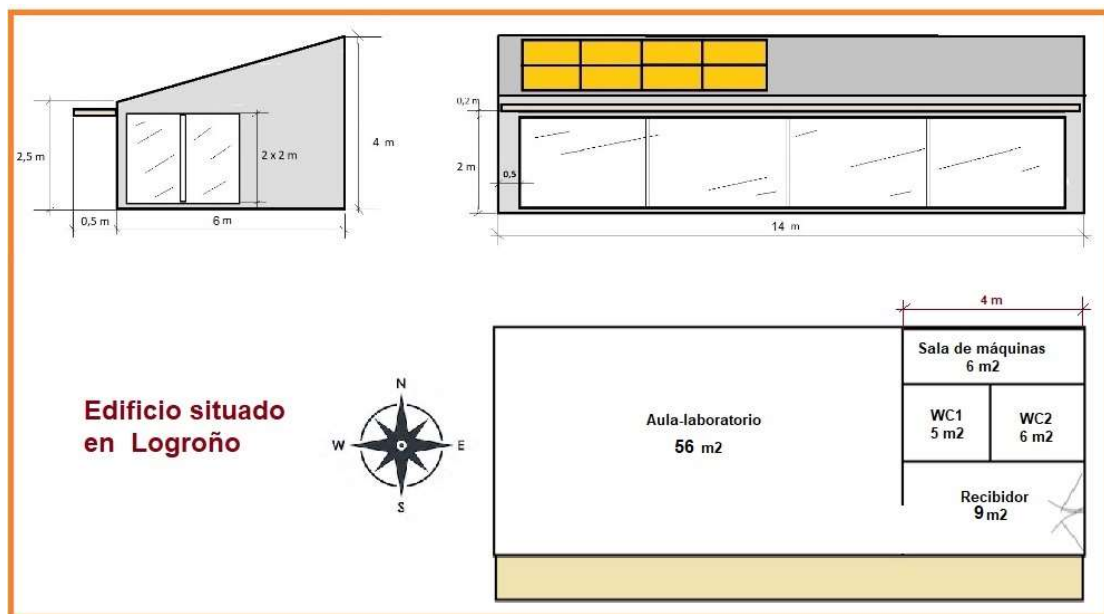


Instalaciones de producción de calor.

Caso práctico: calefactar un aula-laboratorio

En unidades anteriores hemos planteado casos prácticos que hemos ido resolviendo o estudiando a lo largo de la unidad. En este caso vamos a hacer algo similar. Vas a ser capaz de ir resolviendo el problema de configurar una instalación de calefacción de un pequeño edificio-laboratorio, con las características del plano adjunto. Resolveremos el problema, con ayuda de programas ya vistos, de dos maneras diferentes: con **caldera de condensación y con bomba de calor**. En este segundo caso, la instalación tendrá apoyo solar fotovoltaico. El sistema será de **suelo radiante**. En el proceso, utilizaremos conceptos, procedimientos y programas vistos en unidades anteriores.



Las **características constructivas y de uso** de esta nueva edificación, que podría ser una pequeña aula-laboratorio, serían las siguientes:

- Transmitancia de muros exteriores, suelo y cubierta, las correspondientes a las exigencias de valores máximos del CTE.
- Transmitancias de puertas y ventanas, $1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- En el caso de suelo radiante, se colocarán baldosas cerámicas de 1 cm de espesor
- Todo pertenece a una única zona climática, a excepción de la sala de máquinas, donde estarán situados todos los equipos térmicos y no requiere calefacción.
- Las superficies indicadas son las útiles aproximadas
- La ocupación será de 20 personas
- Dispondrá de un sistema de recuperación de calor de doble flujo con rendimiento del 75 %
- El horario de uso será de 8 h a 18 h

- La construcción se ha hecho con técnicas eficientes y las pérdidas por puentes térmicos las podemos considerar incluidas en un suplemento total del 15 %



Materiales formativos de FP Online propiedad del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

[Aviso Legal](#)

1.- Combustibles y combustión.

Caso práctico: el color de la llama

El **color de una llama** indica si la combustión es completa o existe falta de oxígeno y es incompleta. El color de la llama del propano o del metano (gas natural) debe de ser azul. Las **llamas rojas o amarillas** pueden ser un signo de **combustión incompleta**, con una cierta cantidad de **gas desperdiciado** y un grave peligro para la seguridad. Por lo tanto, si vemos las llamas de combustión del gas en una caldera y son de color azulado, eso significa una buena combustión. Si son amarillas o rojas, ... no tanto.

Además, el color de la llama tiene **relación con la temperatura** que se alcanza. Por ejemplo, una llama azul es la más caliente seguida de una llama amarilla, luego llamas anaranjadas y rojas. Los gases de hidrocarburos se queman en azul, mientras que la madera, el carbón o las velas se queman en amarillo, naranja o rojo. Para el gas natural, la temperatura de la llama azul es de aproximadamente $1\ 960\ ^\circ\text{C}$. Si alguna vez has utilizado en clase de química un mechero Bunsen, sabrás que el suministro de aire (oxígeno) afecta el color y la temperatura de la llama. Las llamas más amarillas y rojas, en el gas natural (un 95 % es metano), tienen temperaturas de alrededor de $1\ 000\ ^\circ\text{C}$.

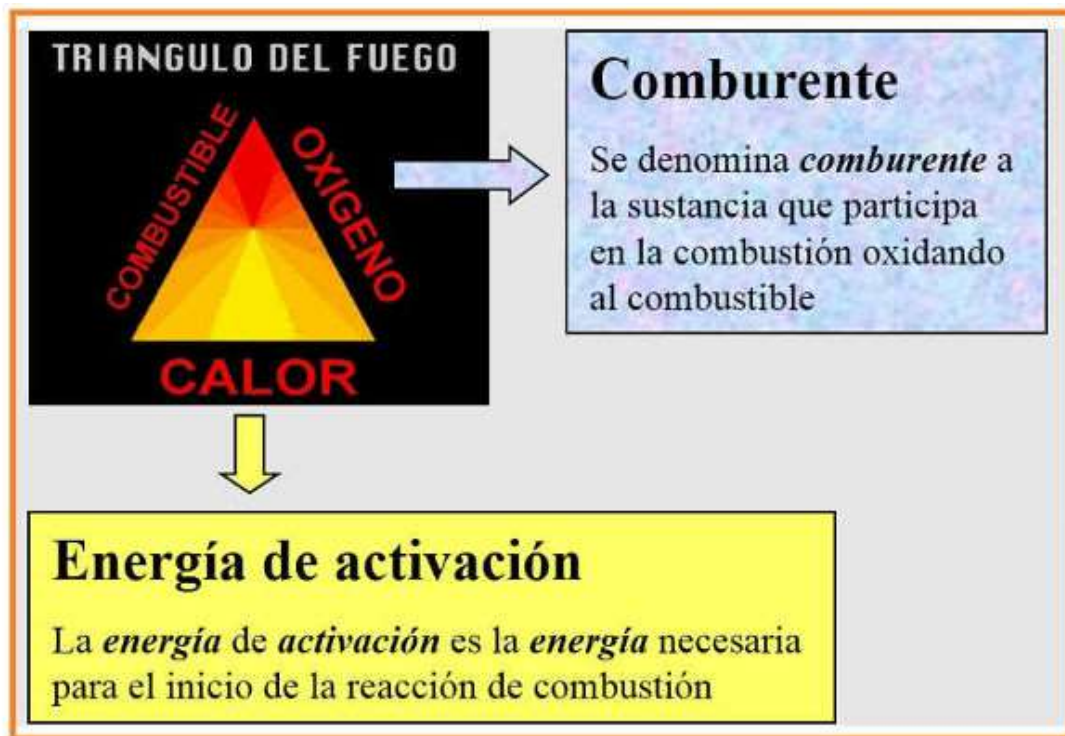


Color de la llama

Un color de llama apropiado **en una caldera de gas natural** es un **azul intenso, con un color azul más claro en el centro**. Puede estar presente una pequeña punta de color amarillo. Ello se consigue con una cantidad de aire, aproximadamente, diez veces superior que la cantidad de gas. Es decir, en una caldera de gas natural se añaden, aproximadamente, diez partes de aire por cada parte de gas natural. Todo ello lo estudiaremos en esta unidad.

La combustión es un conjunto de procesos físico-químicos que se producen entre una sustancia llamada combustible y otra llamada

comburente. En este proceso se libera la energía interna del combustible en forma de calor (calderas) o en forma de calor y trabajo (motores de combustión interna y turbinas). Para que se produzca la combustión, además del combustible y del comburente hace falta suministrar una energía de activación, que es la cantidad de energía (chispa, llama, etc...) que hay que aportar a la mezcla de combustible comburente para que se inicie la combustión. Sintéticamente esto se recoge en el llamado triángulo del fuego; en cada lado tenemos situado uno de los agentes de la combustión.



Triángulo del fuego

1.1.- Tipos de combustión.

Las reacciones de combustión no son otra cosa que reacciones químicas rápidas de oxidación de los distintos componentes del combustible, fundamentalmente carbono, hidrógeno y, a veces, azufre. El comburente es el oxígeno contenido en el aire y, menos frecuentemente, oxígeno puro. Las reacciones de combustión de estos elementos se formulan como en este ejemplo:

De forma sencilla: **Carbono + Oxígeno + Chispa = Dióxido de carbono + Calor**

De forma analítica: **$C + O_2 + q \rightarrow CO_2 + Q$**

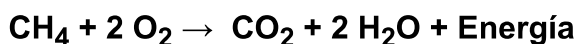
De forma numérica: **$C (12 \text{ g}) + O_2 (22,4 \text{ l}) \rightarrow CO_2 (22,4 \text{ l}) + Q (408 \text{ kJ})$** siendo $q = 0$ una vez iniciada la combustión

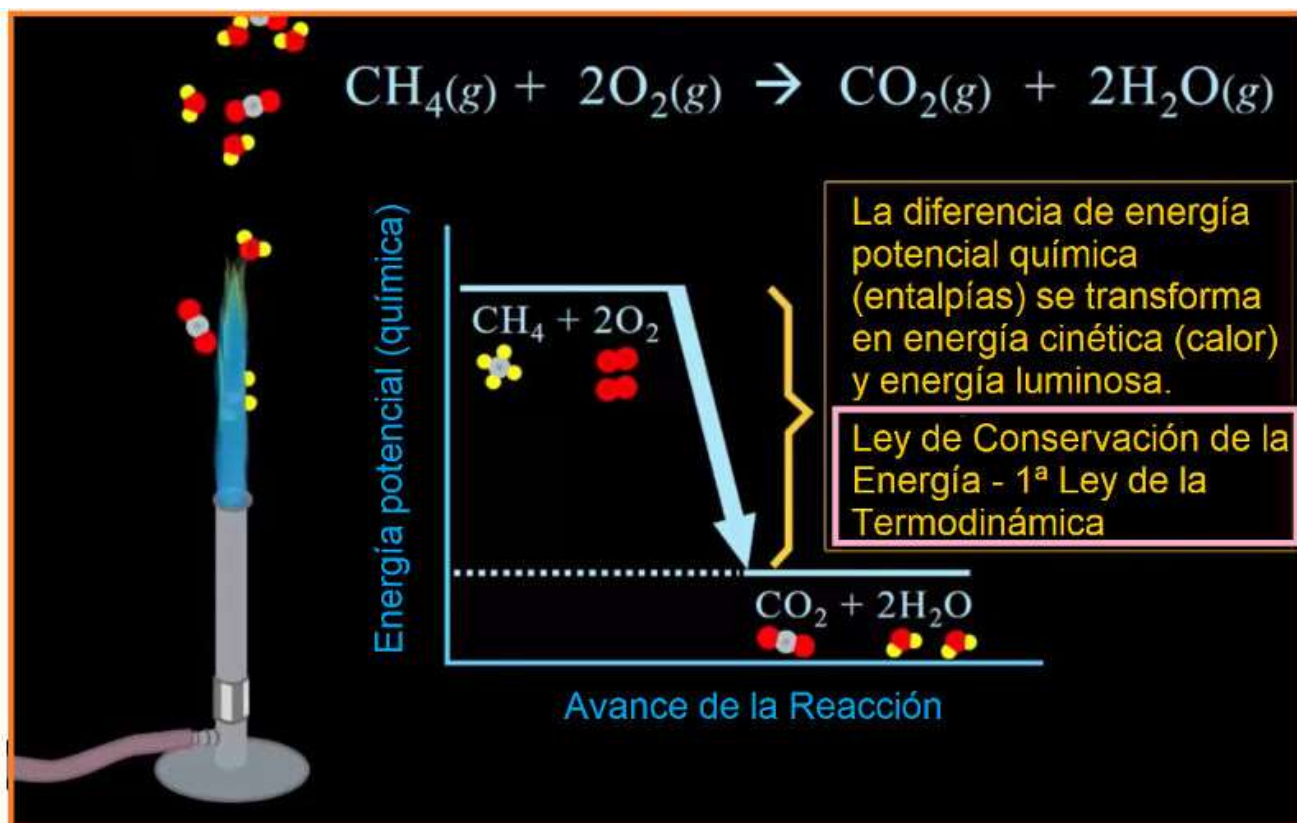
Recordarás que, cuando estudiaste química, un mol de carbono reacciona con un mol de oxígeno para dar un mol de CO_2 y calor, 408 kJ. Y sabes que un mol es la cantidad de masa de una sustancia equivalente a su masa molecular. Es decir, 12 gramos (0,012 kg) de carbono corresponden a un mol de ese elemento. Tanto el oxígeno como el CO_2 son gases, por lo que en la reacción intervienen 22,4 litros. Recuerda que un mol de un gas ocupa siempre 22,4 litros ($0,0224 \text{ m}^3$ en el SI) en condiciones normales de presión y temperatura (1 atmósfera y 0°C).

Si el combustible es un hidrocarburo, al tener átomos de hidrógeno tendremos también la formación de vapor de agua como resultante de la reacción. Si la fórmula química de un hidrocarburo es C_nH_m y sabiendo que $m = 2n+2$, la ecuación de combustión será:



Es decir, un mol de hidrocarburo reaccionará con $(3n+1)/2$ moles de oxígeno, para dar n moles de CO_2 , $n+1$ moles de agua y calor. Por ejemplo, el metano CH_4 , es el hidrocarburo más simple y constituye el 95 % del gas natural (aproximadamente). Está compuesto por un átomo de carbono y reacciona en la combustión del siguiente modo:





Reacción de combustión del metano

Pero, si se produce una combustión incompleta, por falta de oxígeno, la reacción puede ser la siguiente:



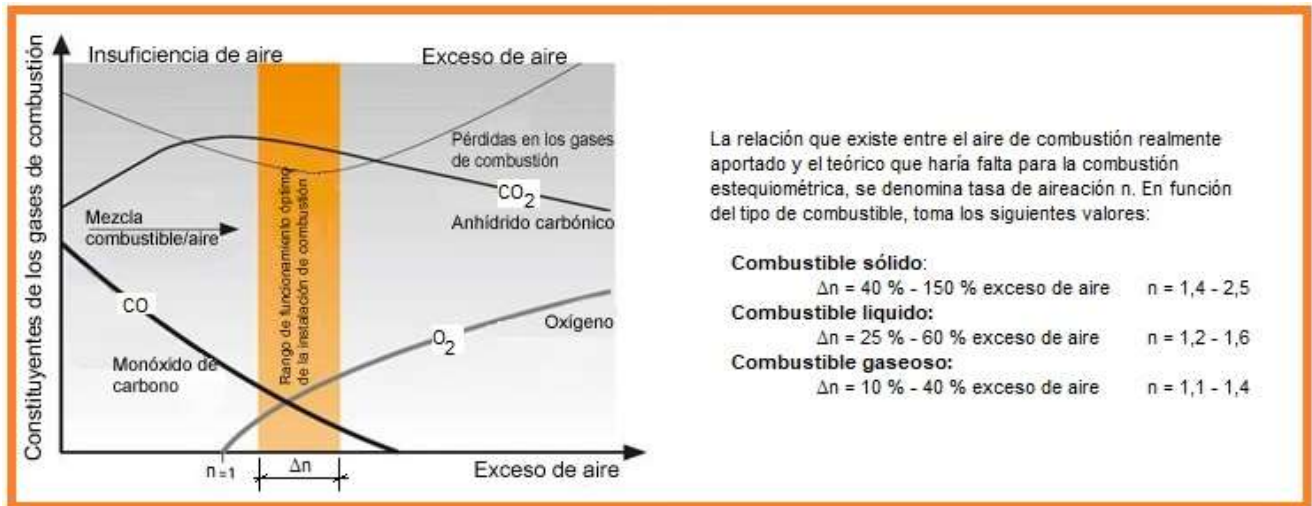
En este último caso, hay una proporción de oxígeno menor (3/2 en lugar de 2) y se produce CO. Cuando respiramos monóxido de carbono (CO), la sangre fija esta molécula en lugar del oxígeno y sufrimos hipoxia (falta de oxígeno en nuestro cuerpo).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, podemos definir cuatro tipos de combustión:

1. **Combustión estequiométrica** Cuando la cantidad de oxígeno aportada por el aire comburente es exactamente la que se deduce de la ecuación anterior, se dice que la combustión es estequiométrica. Se produce la mayor cantidad de calor posible (Q), pero es prácticamente imposible ajustar el aporte de aire al valor deducido por la ecuación.
2. **Combustión completa con exceso de aire.** En este caso, al ser mayor la cantidad de oxígeno que entra en la reacción que la estequiométricamente necesaria, el resultado es que en los productos de la combustión tenemos además del CO₂ y del agua, el exceso de aire que no reacciona. En esta reacción, como parte del calor desprendido se emplea en calentar el exceso de aire existente, la temperatura que se obtiene es menor que la que se obtendría en una combustión estequiométrica.
3. **Combustión incompleta con defecto de aire.** Al no existir oxígeno suficiente para oxidar todo el carbono y el hidrógeno contenidos en el combustible, se obtiene óxido de carbono e hidrógeno, además de los productos de la combustión estequiométrica. La cantidad de calor obtenida también es menor que en la reacción estequiométrica.
4. **Combustión incompleta con exceso de aire.** Si en una combustión no hay una buena mezcla entre sus componentes, se producen reacciones en las que queda

carbono e hidrógeno sin oxidar completamente, así como oxígeno sin reaccionar pues no llega a quemar todo el hidrocarburo, desaprovechándose parte de su energía.

En la práctica las combustiones estequiométricas son difíciles de conseguir ya que exigirían una mezcla íntima entre el combustible y el aire, así como un aporte exacto de éste último. Por ello se prefiere que haya un exceso de aire controlado a fin de asegurar la oxidación total del combustible. La pérdida de calor que supone el calentamiento del aire en exceso es un perjuicio menor del que supondría una combustión incompleta con la consiguiente producción de inquemados (hollín y CO).



Combustión y ratio de aire

Reflexiona

¿Te has parado a pensar el porqué debemos añadir más cantidad de aire en la combustión de sólidos? ¿Y sabrías decir el porqué los combustibles líquidos suelen salir por una tobera para pulverizarse antes de arder? ¿O porqué las calderas de biomasa deben funcionar con partículas pequeñas?

Mostrar retroalimentación

La respuesta a estas preguntas tiene la misma base. Cuanto más diseminadas están las moléculas del combustible con el aire, mayor es la probabilidad de que se recombinen. Es lo que ocurre con los gases, que se mezclan muy bien entre ellos. Además, piensa que cuanto más aire añadimos, mayor calor utilizamos en calentarlo y, por lo tanto, menor eficiencia tenemos.

1.2.- Productos de la combustión.

Los productos resultantes de una combustión estequiométrica estarán formados por el CO_2 procedente del C , vapor de agua procedente del H_2 , SO_2 si tiene azufre el combustible y el N_2 correspondiente al aire comburente, además de una pequeña cantidad de gases inertes que contiene el aire. Si la combustión se realiza, como es habitual, con exceso de aire, en los productos de la combustión hallaremos también el oxígeno del aire sobrante.

Los principales gases que se encuentran en los PDCs (productos de la combustión) son:

- ✔ **Nitrógeno** (N_2) Es el principal componente del aire que respiramos. Este gas incoloro, inodoro y sin sabor no interviene en la combustión, entra en la caldera, se calienta y sale por la chimenea sin aportar ganancia alguna.
- ✔ **Dióxido de carbono** (CO_2) Es un gas incoloro, inodoro y con un ligero sabor agrio. Las concentraciones superiores al 15 % en volumen en la respiración producen una pérdida inmediata de conciencia. En la siguiente tabla se indican los valores aproximados de CO_2 máximo o estequiométrico en % para los combustibles habituales:

Porcentaje de CO_2 de los combustibles

Combustible	CO_2 Máximo (%)
Gasóleo	15,5
Gas Natural	11,8
Gas Propano	13,75
Gas Butano	14

El gas natural es el que menos CO_2 emite a la atmósfera en su combustión. Por ello su contribución al efecto invernadero es menor que las de los otros combustibles.

- ✔ **Vapor de agua** (H_2O). Es producto de la humedad del combustible y de la reacción del hidrógeno contenido (H) del mismo.
- ✔ **Monóxido de carbono** (CO). Es un gas incoloro e inodoro. Aparece como producto de una combustión incompleta del carbono del combustible. Se trata de un gas muy nocivo, ya que se fija de forma irreversible a la hemoglobina (el oxígeno lo hace reversiblemente), causando la muerte por asfixia, al impedir el transporte de oxígeno por la sangre. El valor límite de efecto es de 50 ppm. Los valores típicos en gases de combustión:
 - ➡ Caldera de gasóleo: 80 ppm – 150 ppm
 - ➡ Caldera de gas: 80 ppm – 100 ppm
- ✔ **Óxidos de nitrógeno**: (NO_x) a altas temperaturas de combustión (superiores a 1 300 °C) el nitrógeno (N_2), presente en la combustión, y el exceso de aire (Con O_2 que no

se combina con el combustible), reaccionan formando diversos óxidos de nitrógeno (generalizado como NO_x). Estas emisiones presentes en los humos resultan especialmente perjudiciales para el medio ambiente al ser el origen de la llamada **lluvia ácida**. Los valores típicos en gases de combustión de calderas ya sean de gas o de gasoil es entre 50 ppm y 100 ppm.

- ✓ **Dióxido de azufre (SO_2)**. Es un producto de la combustión del azufre (S) del combustible y está presente en concentraciones apreciables en los productos de combustión del gasóleo. Es un gas tóxico e incoloro, y que, en combinación con el vapor de agua, produce ácido sulfúrico que puede ser origen de corrosión en calderas. Los valores típicos en gases de combustión de calderas es entre 180 ppm y 220 ppm.
- ✓ **Hidrocarburos inquemados (C_xH_y)**: Estos se forman cuando la combustión es incompleta (falta de aire) y contribuyen el efecto invernadero. Este grupo incluye metano, butano y benceno. El valor típico en gases de combustión de calderas de gasoil es de menos de 50 ppm.
- ✓ **Hollín**: Es carbono puro (C) resultado de una combustión incompleta. Para cuantificar su valor se emplea el índice de Bacharach, que para calderas de gasóleo será como máximo 2. En las de gas su presencia es prácticamente inexistente. En la imagen vemos un opacímetro manual, aunque existen analizadoras de gases que dan todos los parámetros relacionados con la combustión.



Opacímetro

1.3.- Poder calorífico de los combustibles.

Se conoce como poder calorífico, la energía que se desprende en la combustión completa de la unidad de masa o de volumen de un combustible. Se mide en kJ/kg o bien en kJ/m^3 (N). Todavía se encuentra mucha literatura técnica a en la cual se mide en kcal/kg o en Nkcal/m^3 . Es fácil pasar de una expresión a otra teniendo en cuenta que $1 \text{ kcal} = 4,187 \text{ kJ}$.

Como las combustiones tienen lugar a elevadas temperaturas el agua que se forma a partir del hidrógeno contenido en el combustible, lo hace en estado de vapor. El poder calorífico se denomina poder calorífico inferior PCI. Por el contrario, si los productos de la combustión se enfrían hasta conseguir que el vapor de agua se condense a agua líquida, al PCI habrá que sumar el calor de condensación del agua y, entonces su poder calorífico es mayor, denominándose poder calorífico superior PCS. La diferencia entre ambos es, naturalmente, el calor de condensación del agua. La cantidad de agua que podamos condensar va a depender del combustible, del porcentaje de átomos de hidrógeno que contenga, pero con bastante aproximación se puede decir que:

$$\text{PCS} = (\text{PCI} + 600) \text{ kcal/kg} = (\text{PCI} + 2\,500) \text{ kJ/kg}$$

En la mayor parte de las calderas y hornos se produce la combustión sin condensación de vapor de agua, con lo que solamente se aprovecha el PCI. Sin embargo, la nueva normativa sobre calderas prácticamente obliga a utilizar calderas de condensación que aprovechan el PCS del combustible. En la siguiente tabla puedes ver los valores más habituales de distintos combustibles.

PCI y PCS de combustibles

Combustible	PCI (kJ/kg)	PCS (kJ/kg)
Turba	21 300	22 500
Lignito	28 400	29 600
Hulla	30 600	31 400
Antracita	34 300	34 700
Fuelóleo	40 600	42 695
Gasóleo	42 275	43 115
Gasolina	43 950	46 885
Propano	46 350	50 450
Butano	45 790	49 675
Gas natural	39 900	44 000

Ejercicios Resueltos

1.- Calcular el agua condensada a la hora en una caldera de condensación a gas natural, de 30 kW de potencia nominal, si se producen 155 g de agua por cada kWh de energía funcionando a su potencia nominal.

Mostrar retroalimentación

La solución es bien sencilla:

$$m = 0,155 \cdot 30 = 4,65 \text{ kg/h}$$

2.- Una caldera calienta el agua que llega a 18 °C hasta los 82 °C. El combustible empleado tiene un PCI de 52 678 kJ/kg. El caudal de agua suministrada es de 5 m³/h. Si el rendimiento nominal de la caldera es del 89 %, determina el consumo de combustible en kg/h.

Mostrar retroalimentación

El calor específico del agua es, aproximadamente $c = 4,19 \text{ kJ/kg K}$, y su densidad a 82 °C es de, $\rho = 970 \text{ kg/m}^3$, por lo tanto:

$$\dot{Q}_{\text{uni}} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T = \frac{5 \cdot 970}{3600} \cdot 4,19 \cdot (82 - 18) = 361 \text{ kW}$$

Como el rendimiento es del 89 %, la potencia térmica necesaria que deberá dar el combustible será:

$$\dot{Q}_{\text{absorbida}} = \frac{361}{0,89} = 406 \text{ kW}$$

El caudal de combustible necesario será (1 kW = 3.600 kJ/h) :

$$\dot{q}_{\text{combustible}} = \frac{406 \cdot 3.600}{52.678} = 27,74 \text{ kg/h}$$

3.- Te han encargado que determines los rendimientos de una caldera de calefacción central. Para ello, colocamos un caudalímetro que funciona por ultrasonidos en la salida de agua caliente (el caudal másico de la ida y del retorno se suponen iguales). También disponemos de dos termómetros que nos indican la temperatura de salida y de retorno del agua de la caldera. Por otro lado, una sonda en el depósito de gasóleo nos indica el consumo con un error del 1,5 %. El error de medida de los caudalímetros no supera el 2% y el de los termómetros el 1%. Se pone en marcha la caldera hasta su potencia nominal y registramos medidas durante intervalos de 5 minutos a lo largo de dos horas, dando como media los siguientes valores:

$$q_{\text{combustible}} = 12,64 \text{ kg/h}$$

$$q_{\text{impulsión}} = 120 \text{ l/m}$$

$$T_{\text{impulsión}} = 68,64 \text{ °C}$$

$$T_{\text{retorno}} = 59,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Si el gasóleo tiene un PCI de 8 840 kcal/kg, con una variación del 1%, se trata de calcular la potencia nominal útil de la caldera y su rendimiento a plena carga



Mostrar retroalimentación

La potencia nominal de la caldera, o potencia útil que suministra al agua, es la correspondiente al caudal de agua que circula, por su calor específico y por el salto térmico, teniendo en cuenta los posibles errores en las medidas . Y como el rendimiento es la potencia útil entre la absorbida, obtenemos ese valor que, se mire como se mire es un rendimiento muy bajo. Esta caldera requeriría una urgente revisión, después de comprobar que todas las medidas tomadas son correctas y no hay interferencias con depósitos acumuladores o interacumuladores. Es decir:

Temperatura T [°C]	Densidad ρ_{agua} [Kg/m ³]	Calor específico C _p [J/kg.K]
0	999.8	421.76
5	1000.0	
10	999.7	419.21
15	999.1	
20	998.2	418.18
25	997.0	
30	995.6	417.84
35	994.1	
40	992.2	417.85
45	990.2	
50	988.1	418.06
55	985.7	
60	983.2	418.43
65	980.6	
70	977.8	418.95

$$\dot{Q}_{\text{útil}} = \dot{m} \cdot c_e \cdot (t_2 - t_1) \pm \varepsilon = q \cdot \rho \cdot c_e \cdot (t_2 - t_1) \pm \varepsilon$$

$$\dot{Q}_{\text{útil}} = \left(\frac{\frac{120}{60}}{1\,000} \right) m^3/s \cdot 977,8 \text{ kg}/m^3 \cdot 4,1895 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C} \cdot (68,64 - 59,2)^\circ\text{C} \pm \varepsilon$$

$$\dot{Q}_{\text{útil}} = 8,193 \cdot 9,44 \pm \varepsilon = 77,34 \text{ kW} \pm (2 + 1)\% = \mathbf{75,02 \text{ kW} \div 79,66 \text{ kW}}$$

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{\text{útil}}}{\dot{Q}_{\text{absorbido}}} = \frac{\dot{Q}_{\text{útil}}}{\dot{m}_{\text{combustible}} \cdot \text{PCI}} = \frac{75,02 \text{ kW} \div 79,66 \text{ kW}}{\frac{12,64}{3\,600} \text{ kg}/s \cdot (8\,840 \cdot 4,18) \text{ kJ}/\text{kg}}$$

$$\eta = \frac{75,02 \text{ kW} \div 79,66 \text{ kW}}{129,74 \text{ kW} \pm (1 + 1,5)\%} = 0,56 \div 0,63 \rightarrow \mathbf{\eta = \text{entre el 56\% y el 63\%}}$$

1.4.- Tipos de combustibles

Los combustibles se clasifican, por su estado físico, en **sólidos, líquidos y gaseosos**.

Combustibles sólidos

Combustibles líquidos

Combustibles gaseosos

Combustibles sólidos

Los sólidos son los carbones minerales y los llamados carbones vegetales, mucho menos importantes, que se obtienen en la carbonización de la leña de los bosques. También se clasifican según la edad de cada cuenca carbonífera así como de las condiciones de profundidad, presión, temperatura, etc. A las que estuvo sometida la materia vegetal, el grado de carbonización será más o menos avanzado y según esto tendremos diferentes tipos de carbones, tales como: antracita, hulla, lignito y turba.

El origen de los carbones minerales está en cataclismos geológicos que enterraron bosques enteros quedando fuera del contacto del aire. En esas condiciones, la acción de la temperatura, la presión y bacterias anaeróbicas, produjeron, a lo largo del tiempo, un proceso de carbonización consistente en pérdida de humedad y enriquecimiento en carbono. Se cree que la mayor parte del carbón que existe actualmente se formó en el Período Carbonífero, hace 300-350 millones de años.

En la actualidad el mayor productor y consumidor de carbón es China, que produce casi la mitad de la producción mundial estimada en 7 800 millones de toneladas anuales. El consumo mundial de carbón, en una parte muy importante se debe a las centrales térmicas y en 2018 aumentó un 1,6 %. Sin embargo, en los países de la OCDE disminuyó, siendo España uno de los países en los que, proporcionalmente, más se redujo. En 2018, nuestro país disminuyó su consumo en 5,4 millones de toneladas. Los acuerdos internacionales, el control de emisiones y el encarecimiento de los dispositivos para su control (incluida la disminución del rendimiento que conlleva) están originando el cierre de centrales térmicas convencionales.

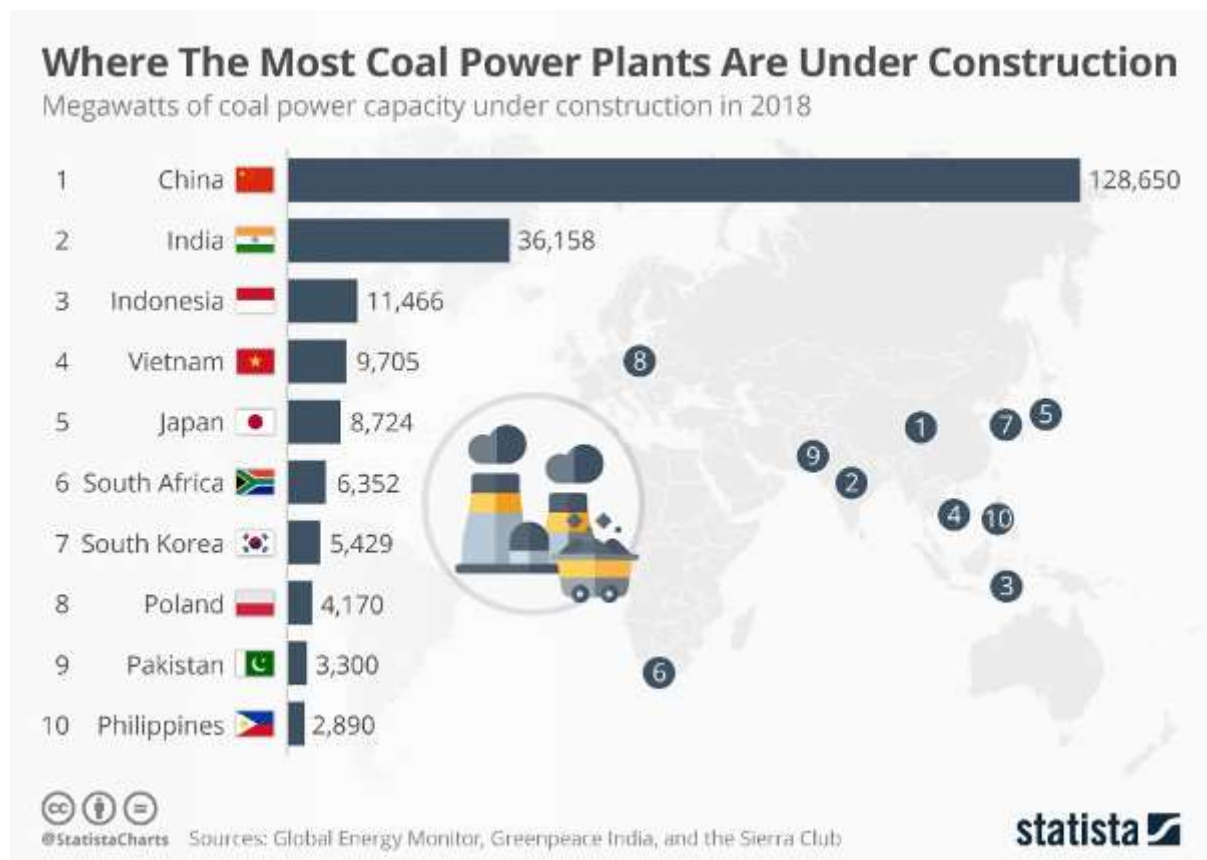
Tipos de carbones

- ✓ **La antracita.-** Es el carbón más antiguo, su contenido en carbono es el más alto, y por ello es el carbón de mayor poder calorífico, siendo el más usado en las combustiones industriales. Su aspecto es negro brillante y arde con poca llama porque es pobre en materias volátiles.
- ✓ **La hulla.-** Es un carbón bituminoso, más joven que la antracita y su característica más importante es su elevado contenido en materias volátiles que las desprende en proceso llamado de pirolisis, consistente en calentar la hulla a elevada temperatura, 1 000-1200 °C, fuera del contacto del aire en recintos refractarios llamados cámaras de destilación. Cuando se han desprendido todas las materias volátiles que da un residuo que se llama carbón de cok o también llamado coque.
- ✓ **El lignito.-** Es un carbón muy joven y su explotación como combustible solamente se justifica si su extracción no presenta mayores dificultades y su utilización va a ser próxima al yacimiento.

- ✓ **La turba.-** Es el más joven de los carbones. El grado de carbonización es tan bajo que se reconoce fácilmente su estructura vegetal. Su bajo poder calorífico y su contenido de humedad hacen que las turberas solamente sean rentables en explotaciones a cielo abierto.

Aplicaciones del carbón en la industria

Es el combustible más empleado por detrás del petróleo. Directamente como elemento calefactor lo utilizan multitud de industrias, como, por ejemplo, las cementeras y, sobre todo las centrales térmicas. Aproximadamente el 40 % de energía eléctrica consumida en el mundo se produce en centrales térmicas de carbón. Y mientras en países occidentales se están desmantelando estas centrales, en otros países se están creando. Especialmente llamativos son los casos de China e India:



[Statista](#). Centrales térmicas convencionales en construcción (CC BY-ND)

La siderurgia es también una gran consumidora de carbón, en este caso de hulla. La pirolisis de la hulla produce materias volátiles y carbón de cok. Las materias volátiles, convenientemente tratadas, constituyen un gas combustible que puede aprovecharse en las propias instalaciones siderúrgicas o en usos diversos como gas de coquerías. El carbón de cok es un elemento fundamental para reducir los óxidos de hierro en el alto horno en la producción de fundición. La extraordinaria importancia de este proceso nos lo indica que el 12 % de la producción de carbón en el mundo se emplea para producir cok a partir del cual se obtiene el 70 % del acero mundial.

En la industria carboquímica el carbón constituye una materia prima valiosa en la obtención de diversos compuestos orgánicos. Si bien el carbón ha sido sustituido en gran parte por el petróleo (petroquímica) como materia prima de estas industrias orgánicas, en los países ricos en carbón como China y Sudáfrica sigue teniendo

presencia la carboquímica. Se puede destacar dos procesos principales como objeto de la carboquímica:

- ✓ Destilación del alquitrán.- Cuando se produce la pirolisis de la hulla se desprenden materias volátiles como hemos visto. Pues bien, estas materias volátiles contienen, además de un gas combustible, una fracción condensable que es el alquitrán de hulla. Este alquitrán, cuando se destila, proporciona una gran variedad de hidrocarburos aromáticos: benceno, fenoles, naftalenos, antracenos, etc.
- ✓ Gas de síntesis.- Haciendo reaccionar el carbón con vapor de agua en condiciones adecuadas se obtiene una mezcla de óxido de carbono e hidrógeno que se denomina gas de síntesis porque, a partir de ella, pueden sintetizarse productos tan valiosos como amoníaco, metanol y gasolinas.

El carbón presenta algunas ventajas en relación al petróleo. Una de ellas es su distribución geográfica pues, en tanto las mayores reservas de petróleo se encuentran en Rusia y Oriente Medio, los yacimientos de carbón se encuentran en 70 países. En cuanto a las reservas se estiman en 130 años, en tanto que para el petróleo y para el gas natural son de 42 y 60 años respectivamente.

Combustibles líquidos

La mayor parte de los combustibles líquidos que se utilizan en el mundo proceden del petróleo. Aunque, a muy pequeña escala, se empiezan a utilizar también otros nuevos combustibles líquidos; alcoholes y biocombustibles.

El petróleo es una sustancia densa de color oscuro compuesto fundamentalmente por hidrocarburos que pueden tener impurezas como agua, nitrógeno, azufre, oxígeno, y algunos metales. Cuando está en estado líquido se llama aceite crudo y su parte gaseosa está compuesta por gas natural que, en gran parte, es metano. Se han expuesto varias teorías para explicar su origen, pero parece que la más verosímil está en que el plancton y otros restos orgánicos de los mares fueron depositándose en el fondo a lo largo de los siglos. Estos restos fueron cubiertos por materia inorgánica en forma de rocas y sedimentos impermeables, lo que dejó atrapada la materia orgánica. En condiciones de ausencia de aire, altas presiones y temperaturas y acción de determinadas bacterias, esta materia orgánica experimentó un complejo proceso físico-químico que la transformó en petróleo.

Los yacimientos de petróleo no se encuentran formando lagos sino empapando las llamadas rocas madre cuya porosidad oscila entre el 5 y el 30 % siendo más frecuente que estén entre el 10 y el 20 %. La profundidad a que se encuentran estos yacimientos es muy variable habiendo llegado a 6 400 metros de profundidad en yacimientos off-shore (marítimos). El petróleo sube hasta la superficie a veces por la propia presión existente en el yacimiento, pero también hay que bombearlo. De esta forma se puede conseguir extraer hasta un 25 %; para obtener un mayor rendimiento, llegar a obtener un 40-45 %, es preciso inyectar en el pozo agua o gas.

La composición de los petróleos es muy variada. Por su origen geográfico se comercializan como Brent o West-Texas. Por su densidad se clasifican en:

- ✓ Extrapesado: 10 grados API.
- ✓ Pesado: 10-22,3 grados API.
- ✓ Mediano: 22,3-31,1 grados API.

- ✓ Ligerito: 31,1-39 grados API.
- ✓ Superligerito: >39 grados API.

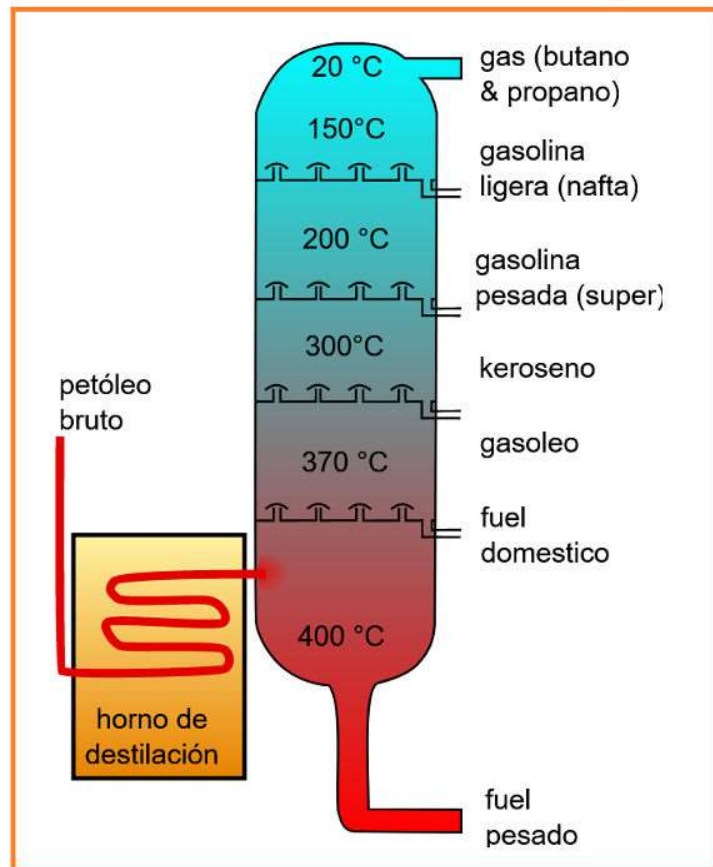
La medida de Grados API es una medida de cuanto pesa un producto de petróleo en relación al agua. Si el producto de petróleo es más liviano que el agua y flota sobre el agua, su grado API es mayor de 10. Los productos de petróleo que tienen un grado API menor que 10 son más pesados que el agua y se asientan en el fondo.

Esta variada calidad de los petróleos se debe a que se trata de una mezcla de muy diversos hidrocarburos, saturados, insaturados, cíclicos, aromáticos, etc. La obtención de los hidrocarburos individualmente, aparte de que representaría una gran dificultad, carece de interés pues lo que realmente se utiliza son mezclas de estos hidrocarburos con características específicas que los hacen útiles para su uso. Estas mezclas se obtienen en las refinerías. En ellas el crudo se somete a un proceso primario llamado destilación fraccionada atmosférica. En las columnas de destilación se introduce a una determinada altura el crudo previamente calentado en horno y mediante un proceso físico se separan en el interior de la columna fracciones por sus temperaturas de ebullición. Así, en la parte más alta, se obtienen por encima de 50 °C los **GLP** (gases licuados de petróleo) y el éter de petróleo. En salidas inferiores de temperaturas sucesivamente más altas, se obtienen las gasolinas ligeras medias y pesadas, queroseno, los gasóleos y el fuelóleo. Queda un residuo que pasa a otra torre de destilación similar a la primera pero que esta al vacío con lo cual disminuye la temperatura de ebullición de las fracciones pesadas, obteniéndose las bases para los aceites lubricantes, las parafinas y los betunes o alquitranes.

En las refinerías se producen otros procesos con el fin de mejorar el rendimiento en gasolinas y el índice de octano de estas. El reforming tiene por objeto mejorar el índice de octano de las gasolinas, en tanto que el cracking y la isomerización son procesos por los que se obtienen gasolinas a partir de fracciones más pesadas o más ligeras, respectivamente.

El "Reglamento de utilización de `Productos petrolíferos para calefacción y otros usos no industriales" así como el "Reglamento de seguridad en refinerías de petróleo y parques de almacenamiento de productos petrolíferos" clasifica los combustibles por sus puntos de inflamación:

- ✓ Clase A: productos que a 15 °C y presión atmosférica normal son gases. Son los GLP, propano y butanos.
- ✓ Clase B: son gasolinas, naftas, querosenos, etc, cuyo punto de inflamación es inferior a 55 °C
- ✓ Clase C: son el gasóleo C y los fuelóleos 1 y 2. Los puntos de inflamación están comprendidos entre los 55 °C y los 120 °C
- ✓ Clase D: asfaltos, parafinas, etc, productos con un punto de inflamación superior a los 120 °C



[Wikimedia](#). Destilación del petróleo con torre de fraccionamiento (CC BY-SA)

Todos los combustibles líquidos anteriores pueden utilizarse para generar calor, para calefacción, agua caliente sanitaria, producción de vapor o instalaciones de aire acondicionado. Sin embargo, existen algunas limitaciones, sobre todo para los fuelóleos, por decretos oficiales, que tipifican las características, calidades y condiciones de empleo de los combustibles y la protección del ambiente atmosférico.

Combustibles gaseosos

Se denominan así a los gases que son capaces de reaccionar con el oxígeno del aire de forma rápida y con desprendimiento de energía térmica. Elevado número de gases distintos por su origen, por su composición, ha obligado a clasificarlos en diferentes familias. Una familia está constituida por aquellos gases que son intercambiables, o sea, que distribuidos bajo la misma presión, la misma red, alimentando los mismos quemadores, y sin cambio de regulación, producen, los mismos resultados de combustión, poder calorífico, y comportamiento de la llama.

El criterio para clasificar un gas en una determinada familia viene dado por el llamado Índice de Wobbe que es el cociente entre el poder calorífico superior del gas y la raíz cuadrada de su densidad:

$$W = \frac{PCS}{\sqrt{d}}$$

De acuerdo con este criterio se establece 3 familias de gases:

- ✓ Primera Familia.- índice de Wobbe comprendido entre 5 700 y 7 500 N kcal/m³ → 23,86-31,4 N MJ/ m³. Pertenecen a esta familia el gas de coquería, el gas manufacturado y el aire metanado o propanado de bajo índice de Wobbe
- ✓ Segunda Familia.- índice de Wobbe comprendido entre 9 680 y 13 850 N kcal/m³ → 41,28-57,99 N MJ / m³. Pertenecen a esta familia el más importante gas combustible, el gas natural. También pertenece a esta familia el aire propanado.
- ✓ Tercera familia.- Índice de Wobbe comprendido entre 18 500 y 22 070 N kcal/m³ → 77,46- 92,40 N MJ/m³. Dentro de esta familia están los GLP o sea el propano y el butano comerciales.

Recuerda que N delante de las unidades significa que este valor es en condiciones normales (N) de presión y temperatura (0 °C y 1 atm).

Gas natural.

Se denomina **gas natural** a una mezcla de gases cuyo componente principal es el metano, al cual le acompañan pequeñas cantidades de otros hidrocarburos saturados y, en proporción aun menos, otros gases como anhídrido carbónico, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y ácido sulfhídrico.

El origen del gas natural es similar al descrito para el petróleo por lo cual aparece junto a este como gas asociado en los yacimientos petrolíferos. Pero los yacimientos de gas más importantes son independientes. Suelen estar a mayor profundidad, por lo cual la presión y la temperatura a que ha estado sometida la masa orgánica originaria han sido mayores que en el caso del petróleo. Consecuencia de ello es que las cadenas carbonadas de los hidrocarburos se han fraccionado al límite dando lugar al hidrocarburo más simple: metano.

En estos últimos años y debido a las nuevas tecnologías, con avances en prospección geológica, cada vez mas potentes equipos de perforación, etc., se ha conseguido tener acceso a reservorios convencionales, en los cuales el gas natural está atrapado en arcillas-esquitos o reservorios de baja permeabilidad. Este gas es el llamado gas natural no convencional. En EEUU el 40% de su producción total de gas procede de estos yacimientos, proporción que va en aumento. Es tan importante el potencial de estos yacimientos no convencionales que su exportación se considera una revolución, estimándose que, al ritmo de la demanda actual, las reservas de gas natural satisfagan la demanda de los próximos 90 años.

La composición del gas natural oscila según la procedencia del mismo:

Composición gas natural

Compuesto	Mar del norte	Argelia	Libia
Metano	92 %	91,2 %	86, 5%

Compuesto	Mar del norte	Argelia	Libia
Etano	3,5 %	7,4 %	12,4 %
Propano	0,7 %	0,8 %	0,3 %
Butano	0,3 %	0,1 %	----
Otros	3,5 %	0,5 %	0,8 %

Reflexiona

En la combustión del carbón, a diferencia del gas natural y dependiendo del tipo de carbón, los gases de combustión suelen ser muy variados y en cantidades apreciables: CO_2 (dióxido de carbono); SO_2 (dióxido de azufre), N_2 (nitrógeno), O_2 (oxígeno), CO (monóxido de carbono), H_2O (vapor de agua), NO_2 (dióxido de nitrógeno), etc. Si existe una mala combustión tendríamos C_s (hollín), que produce un gran impacto visual (ennegrecimiento), aparte de otras consecuencias. Los peores compuestos desde el punto de vista ambiental son: CO_2 , CO , SO_2 , siendo éste último, el dióxido de azufre, el peor legislativamente hablando. El SO_2 emitido, en contacto con el H_2O (en humos o en la propia atmósfera, forma el SO_4H_2 (ácido sulfúrico), que, como hemos dicho, es el responsable de la lluvia ácida.

1.5.- Almacenaje y transporte de combustibles líquidos y gaseosos.

Los combustibles líquidos y gaseosos de uso industrial y doméstico llegan al usuario final desde las refinerías de petróleo, donde se producen los combustibles y carburantes líquidos, y de los campos de gas natural, a través de unas complejas redes de almacenaje y transporte, adaptadas a la naturaleza de los materiales que manejan.

Gas natural

La distribución y transporte de gas natural desde los yacimientos hasta los puntos de consumo se realizan de 2 formas:

- ✓ Mediante canalizaciones de gas
- ✓ Mediante transporte y almacenamiento en estado líquido (GNL).

En principio para distancias inferiores a 4000 Km. es más económico el transporte por canalizaciones. Para mayores distancias y entre continentes es preferible el traslado como GNL.

La distribución del gas natural por canalizaciones se realiza a diferentes presiones. En España la reglamentación clasifica los transportes del siguiente modo:

- ✓ Alta presión B (MOP >16 bar) . La presión de distribución es superior a 16 bar. Son presiones en los gaseoductos que transportan gas desde las plantas productoras.
- ✓ Alta presión A ($5 \text{ bar} < \text{MOP} < 16 \text{ bar}$). Es la presión en las redes de distribución y suministro a industrias.
- ✓ Media presión B ($2 \text{ bar} < \text{MOP} < 5 \text{ bar}$). Es la presión en las redes de distribución y suministro para consumos domésticos, comerciales e industriales.
- ✓ Media presión A ($0,1 \text{ bar} < \text{MOP} < 2 \text{ bar}$). Para consumos domésticos, comerciales e industriales.
- ✓ Baja presión ($\text{MOP} \leq 0,1 \text{ bar}$) para consumos domésticos y comerciales.

Gas natural licuado

El GNL está constituido fundamentalmente por metano que hierve a unos -160°C a presión atmosférica.

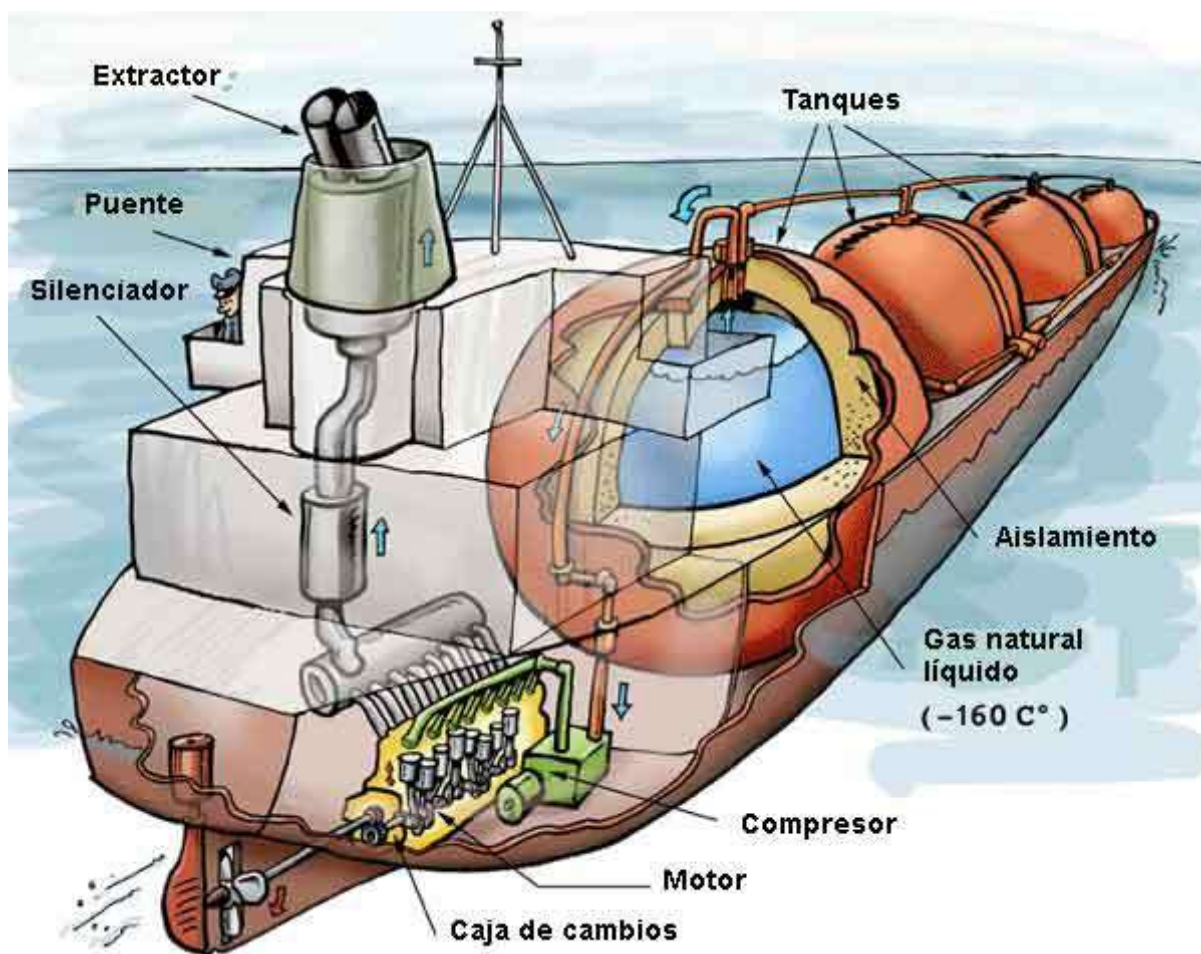
Los dos sistemas de almacenaje más utilizados son grandes tanques de GNL sobre el terreno y, cuando es factible, es más barato inyectarlo en fase gaseosa en cavernas subterráneas creadas en yacimientos de gas o petróleo agotados, en minas abandonadas o cavernas artificiales vaciadas por disolución de la sal en formaciones salinas.

De los pozos de extracción se obtiene el gas natural en forma gaseosa en la que ocupa a presión atmosférica más de 600 veces su volumen en fase líquida. De ahí la importancia de licuarlo antes de almacenarlo sobre el terreno. Previamente el gas se deshidrata y purifica para luego comprimirlo a presión suficiente para poderlo licuar. Luego el GNL se almacena en forma líquida a unos -160°C , a una presión ligeramente superior a la atmosférica.

Los tanques de almacenaje de GNL son grandes cilindros de más de 40 m alto x 80 m diámetro, de doble pared; la interior es de chapa de acero especial para evitar la fragilidad de los aceros ordinarios a bajas temperaturas, mientras que la pared exterior puede ser de

acero convencional. El espacio intermedio se rellena con material aislante (perlita expandida) para minimizar las pérdidas de calor. La temperatura se mantiene baja mediante la ebullición controlada de una pequeña cantidad de líquido, de forma que la masa restante conserva su temperatura por efecto del calor de vaporización que ha de aportar. El gas vaporizado se utiliza localmente como combustible para los servicios del terminal de almacenaje.

El transporte del GNL se hace en una pequeña parte en camiones cisterna criogénicos para consumidores pequeños y próximos. Sin embargo, la mayor parte del gas natural se produce lejos de los países de consumo, y se transporta en barcos metaneros de tipo criogénico que mantienen su temperatura con el mismo principio que los tanques de tierra, evaporando un pequeño porcentaje de la carga, cantidad que utilizan en motores para propulsar el barco o en calderas para generar vapor. Su tamaño varía entre 30 000 y 140 000 m³ de capacidad de carga.



[Peter Welleman](#). Barco metanero (CC BY-SA)

Para la recepción de la descarga las Plantas de regasificación disponen de tanques criogénicos con una capacidad total de al menos 300 000 m³. Ahí se procede a revaporizar el GNL mediante aportación de calor, generalmente usando agua de mar, y luego el gas se comprime a una presión de 72 a 80 bar para inyectarlo a una red de tuberías a los puntos de consumo.

Para saber más

Almacenamiento y transporte de combustibles líquidos

1.6.- Seguridad en el manejo de combustibles.

Riesgo de combustión

El manejo de productos petrolíferos implica riesgos de incendio y de agresión al medio ambiente. Diseño y mantenimiento adecuados de las instalaciones, medios de protección suficientes y, sobre todo, entrenamiento y concienciación permanentes del personal, con ayuda de normas de seguridad explícitas y aplicadas con rigor, reducen la frecuencia de los accidentes a niveles que las estadísticas de seguridad del sector, que nunca son lo bastante bajas, indican un grado de protección aceptable.

El conocido **Triángulo del Fuego** visualiza las tres condiciones necesarias para que se produzca un fuego. **Combustible, Oxígeno (aire) y Calor**. Si se rompe el triángulo, se evita o se apaga el incendio. Hace falta calor suficiente para iniciar y propagarse un fuego; de ahí el uso de agua, generalmente pulverizada, para retirar el calor que necesita el paso del agua líquida a la fase vapor. La espuma contra incendios o el CO₂, aplicados a la superficie del líquido, ahogan el fuego por el lado del oxígeno. Finalmente, aunque hay que hacerlo en primer lugar, cortando el tercer lado que aporta el combustible a la ecuación.

Las propiedades de los combustibles a tener en cuenta en la prevención de riesgos de ignición se refieren a:

✔ Limite de inflamabilidad.

Generalmente lo que arden **son los vapores** que emiten los líquidos inflamables y su concentración en el aire ha de estar entre un mínimo (mezcla pobre) y un máximo (mezcla rica). De los hidrocarburos, es el metano el que tiene límites más anchos y se van estrechando según aumenta su peso molecular (y la densidad). Los límites de inflamabilidad aumentan bajo presión o en presencia de oxígeno puro.

✔ Temperatura de inflamación.

La temperatura de inflamación es aquella a la que al calentar el líquido emite vapores que se inflaman al acercarlos una llama. Varía entre muchos grados bajo cero para el gas natural y las gasolinas, alrededor de 40 °C los querosenos, 65 °C los gasóleos y más de 80 °C los fuelóleos. Por debajo de su punto de inflamación el manejo es bastante seguro. Sin embargo, las nieblas de gotas finas de hidrocarburo en aire se comportan como gases y aumenta su facilidad de inflamación, al extremo que el polvo de carbón en aire es explosivo.

✔ Temperatura de auto ignición.

Los hidrocarburos que se han calentado a la temperatura de auto ignición lo hacen así, espontáneamente, en presencia de aire sin necesidad de fuente de ignición. El metano necesita al menos 500 °C y la temperatura desciende hasta los 200 °C para los gasóleos y fuelóleos.

✔ Energía mínima necesaria.

Las situaciones más peligrosas ocurren en los trabajos en recipientes vacíos que hayan contenido combustible, porque es fácil que un resto líquido en paredes o fondo produzca localmente atmósfera explosiva. Antes de autorizar el acceso a un recipiente industrial hay que desgasificarlo totalmente. Antes de comenzar a trabajar y durante el transcurso del trabajo en los recipientes hay que realizar medidas de oxígeno en el aire y de explosividad (con explosímetro portátil).

PRODUCTOS	LÍMITES DE EXPLOSIVIDAD % VOLUMEN HIDROCARBUROS EN AIRE		TEMPERATURA DE AUTOINFLAMABILIDAD (°C)
	INFERIOR	SUPERIOR	
Hidrógeno	4.1	74.2	580
Sulfuro de hidrógeno	4.3	45.5	260
Metano	5.3	13.9	538
Acetileno	2.5	80.0	335
Etileno	3.02	34.0	543
Etano	3.12	15.0	510
Propileno	2.0	11.1	497
Propano	2.37	9.5	466
Isobutano	1.8	8.4	-
n-Butano	1.6	8.5	430
Pentano	1.4	8.0	309
Hexano	1.25	6.9	247
Heptano	1.0	6.0	233
Octano	0.84	3.2	232
Nonano	0.74	2.9	-
Decano	0.67	2.6	-
Ciclohexano	1.31	8.35	-
Benceno	1.40	8.0	580
Tolueno	1.27	7.0	552
Gas natural	4.8	13.5	-
Eter de petróleo	1.4	5.9	245
Nafta P.V.R = 0.7	1.3	6.0	260
Keroseno	1.16	6.0	255

Riesgo medioambiental

Los riesgos mediambientales son la posible contaminación del suelo, del aire y del agua.

La filtración de líquidos causada por derrames y fugas puede contaminar los acuíferos y su remediación es lenta y costosa, sin soluciones genéricas aplicables a todos los casos. La prevención más inmediata parte de la impermeabilización de las bases de los tanques con medios adecuados y el mantenimiento de redes de drenaje de aguas residuales y pluviales separadas. Los oleoductos enterrados deben estar debidamente señalados y protegidos contra la corrosión del suelo y su condición monitorizada para detectar fugas o roturas.

Los vapores de gasolina de cualquier origen contribuyen a la contaminación del aire. El uso de tanques de techo flotante es práctica generalizada en el almacenaje. Las nuevas Directivas sobre Estaciones de Servicio para la carga de vehículos exigen que los vapores de gasolina que se desprenden vuelvan al depósito de la gasolinera. La responsabilidad compartida con los fabricantes de automóviles ha llevado al uso de catalizadores en los tubos de escape. El smog y las nieblas de partículas sólidas proceden del uso de los combustibles y no de su almacenaje y manipulación.

Otro foco de contaminación muy importante en los últimos tiempos han sido los accidentes marítimos. Las soluciones para combatir esa contaminación no son sencillas y a veces las técnicas utilizadas no son las más idóneas. Las barreras de contención son efectivas únicamente en aguas tranquilas; el uso de detergentes y dispersantes facilita la degradación bacteriana pero es ampliamente contestada en algunos países por grupos de presión.

2.- Generadores de calor.

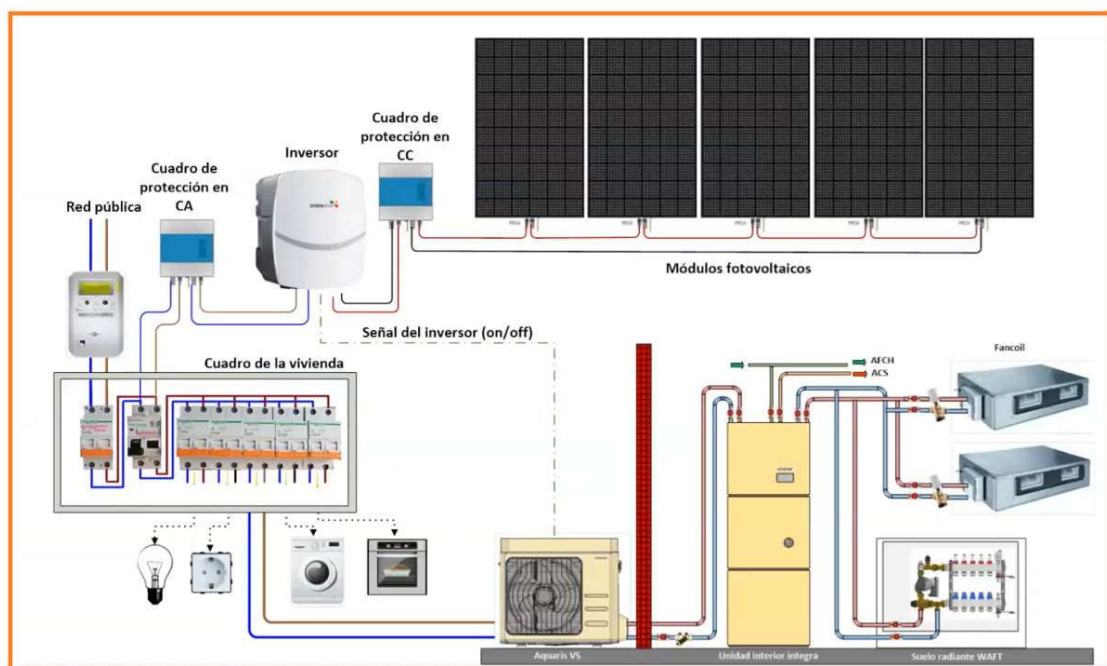
Caso práctico: dos fuentes de calor posibles

En el caso práctico de la configuración de la instalación de la **calefacción del aula-laboratorio**, debermos elegir el tipo de fuente energética que más nos convenga. En nuestro caso, haremos los cálculos con las dos alternativas siguientes:

1. **Caldera de condensación** de gas
2. **Bomba de calor** con energía fotovoltaica de apoyo

Actualmente, son dos opciones muy utilizadas. La primera de ellas utiliza como fuente energética el **gas natural**: la red de gas llega a casi todos los lugares. En el caso de que no tuviéramos red de gas quedaría como alternativa el uso de otros combustibles fósiles, una caldera de gasóleo o una de propano. De todos modos, para el año 2030 no podrán instalarse calderas de gasóleo. No obstante, tenemos también la siguiente alternativa.

La **opción de una bomba de calor**, con la ventaja de que podríamos utilizarla como sistema de refrigeración en verano, es una alternativa cada vez más utilizada. Su fuente energética es la electricidad. A este sistema se le denomina aerotermia y, como es el caso en el aula-laboratorio (con el techo disponible y bien orientado), si disponemos de una superficie exterior soleada, puede acompañarse de una instalación fotovoltaica. Esta instalación fotovoltaica también podría servir para el autoconsumo de otros receptores distintos de la bomba de calor.



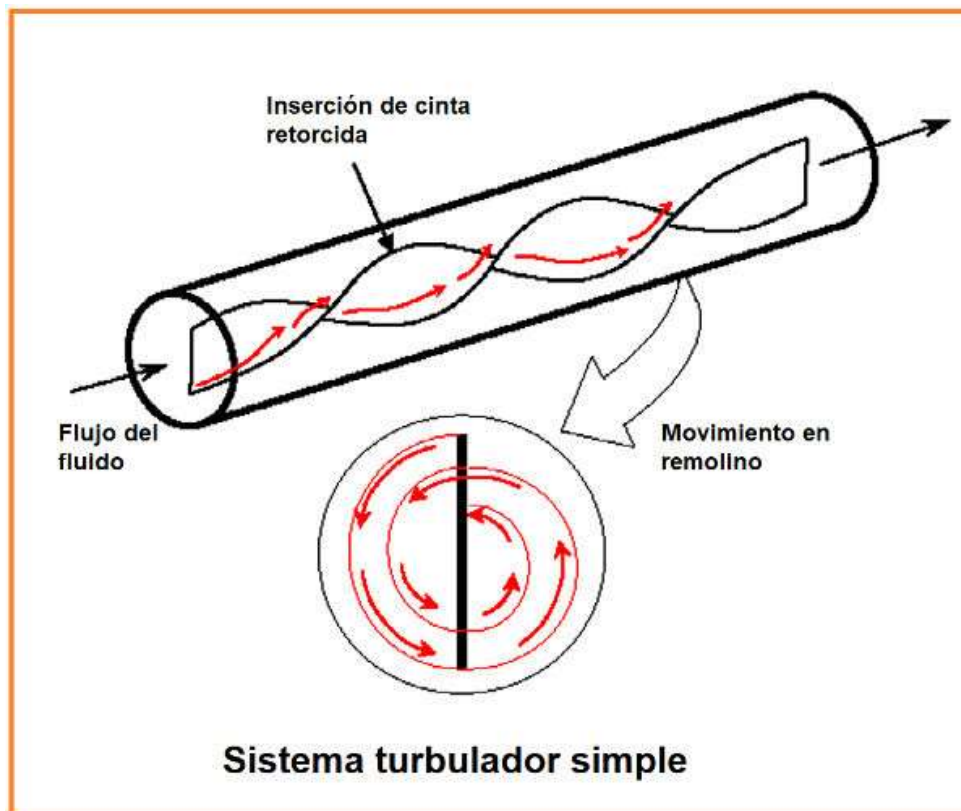
La caldera convencional es el elemento generador de calor más frecuente. Se utiliza para obtener agua caliente sanitaria y también agua caliente para calefacción. Las calderas que sólo proporcionan agua caliente sanitaria se conocen como calentadores. Las que proporcionan ACS y calefacción se conocen como calderas mixtas. Las calderas pueden utilizar distintos combustibles, sólidos, líquidos y gaseosos. Las más usadas son las de gas y gasóleo, y se clasifican en función de sus potencias caloríficas expresadas en kW. Las potencias pueden ser de pequeña potencia hasta 30 kW, de mediana potencia hasta 120 kW y de grandes potencias, a partir de ese valor. Las pequeñas son calderas domésticas. El resto son calderas para bloques de viviendas, procesos industriales o incluso calefacción de distrito.

2.1.- Clasificación de las calderas.

Las calderas se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios.

Dependiendo de los materiales

- ✓ Calderas de fundición. Están formadas por módulos de fundición gris. El tamaño es variable en función del número de módulos. Son calderas resistentes a la corrosión. Se utilizan para quemar cualquier tipo de combustible.
- ✓ Calderas de acero. Están fabricadas con chapa de acero soldadas formando un bloque único. El quemador debe introducir una cierta presión para vencer la resistencia al paso de los humos. Dentro de la caldera los humos discurren por un haz de tubos equipados por unos turbuladores. Éstos sirven para mejorar la transmisión de calor y aumentar el rendimiento de la caldera, pero dificultan el paso de los gases de combustión. Los rendimientos son elevados.



Dependiendo de su aplicación

- ✓ Usos domésticos: calefacción, ACS o mixtas.
- ✓ Generación de energía: plantas termoeléctricas y de cogeneración
- ✓ Generación de calor industrial: vapor o agua sobrecalentada en plantas industriales.

Dependiendo de la temperatura de salida de los humos

- ✓ Estándar: son aquellas cuya temperatura de servicio puede estar limitada por su diseño. Las temperaturas típicas de operación son 80 °C de impulsión y 60 °C de retorno.
- ✓ Baja temperatura: son aquellas que pueden funcionar de forma continua con temperaturas de retorno de entre 35 y 40 °C y en las cuales puede producirse, en algunas circunstancias, la condensación del vapor de agua contenido en los gases de combustión.
- ✓ Condensación: son aquellas concebidas para que una gran parte del vapor de agua contenido en los gases de combustión se condense permanentemente.

Calderas estándar.

Este tipo de calderas, debido a sus características constructivas (fabricadas con tubos de humos de simple pared o fundición negra tradicional), necesitan trabajar continuamente a temperatura constante elevada. Por una parte, unas temperaturas de retorno bajas provocan condensaciones en el interior de la caldera que corroen las superficies de intercambio en un corto espacio de tiempo. La temperatura mínima de retorno en esta tecnología suele ser de 55 ó 60 °C, y en cualquier caso superior al punto de rocío del combustible utilizado (57 °C en el caso del gas natural).

Por otra parte, aunque las calderas de fundición negra tradicional podrían contar con diseños que les permitan trabajar con temperaturas de retorno inferior, los cambios de temperatura en el funcionamiento provocarían fisuras.

Una consecuencia de esto es que de esta forma es imposible adaptar su temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación en función de las condiciones exteriores. La regulación debe hacerse mediante el uso de sistemas de regulación y control adicionales que realicen esta función. Debido a esto, el rendimiento estacional (medio anual) es reducido, ya que trabajar durante toda la temporada a temperatura superior a la necesaria genera elevadas pérdidas por disposición de servicio. Como sabrás la temperatura máxima de impulsión sólo debería utilizarse en las condiciones de proyecto, lo que sucede únicamente unos pocos días al año.

Calderas de baja temperatura.

Como has visto anteriormente, el mayor inconveniente de las calderas estándar para conseguir rendimientos estacionales elevados no es otro que su incapacidad para trabajar a bajas temperaturas que le impiden adaptar su funcionamiento a las necesidades reales de la instalación.

A raíz de la crisis del petróleo de la década de los 70, surgió la necesidad de diseñar calderas que redujesen considerablemente el consumo de combustible. Esta lucha por la optimización energética en las calderas de calefacción se enfocó, desde el principio, en conseguir calderas capaces de eliminar las pérdidas superfluas de mantenimiento de temperatura de seguridad contra condensaciones. Hacia finales de los 70 se desarrollaron las primeras calderas capaces de adaptar la temperatura de funcionamiento sin problemas de condensación al dotar a las calderas de superficies de intercambio de pared múltiple o de fundición gris especial. El ahorro energético con respecto a las calderas estándar que se consiguió de esta manera fue de alrededor de un 11 %.

La evolución en este tipo de calderas ha ido en el diseño especial de los tubos de humos para conseguir que la temperatura en el lado de humos se mantenga por encima del punto de rocío aún con temperaturas de retorno de agua bajas. Como consecuencia de esto el rendimiento estacional asciende hasta el 95%, consiguiendo ahorros energéticos frente a las calderas estándar de entre un 15 y un 20 %.



[Viessmann](#). Caldera baja temperatura (Todos los derechos reservados)

Caldera de condensación.

Tanto las calderas estándar como las de baja temperatura arrojan al exterior una cantidad considerable de calor. El vapor de agua escapa con los gases procedentes de la combustión. La cantidad de energía que se está desperdiciando es de hasta un 11 % en el caso del gas natural (diferencia entre poder calorífico superior y el poder calorífico inferior). En el caso del gasóleo baja hasta el 6 % en el caso del gasóleo ya que su composición química tiene menos átomos de hidrógeno que el gas natural.

El gas natural tiene unas características que lo hacen muy adecuado para su uso con calderas de condensación:

- ✔ No contienen azufre por lo que se evita las condensaciones ácidas.
- ✔ Está libre de partículas sólidas que favorecen la aparición de hollín.
- ✔ Bajo mantenimiento.
- ✔ Alta recuperación de calor, en parte debida al calor de condensación, un 11 % y otro 3 % por calor sensible al enfriar los humos hasta temperaturas de aproximadamente 10 °C superiores a la temperatura de retorno del agua a la caldera.



[Viessmann](#). Caldera de condensación (Todos los derechos reservados)

Para saber más

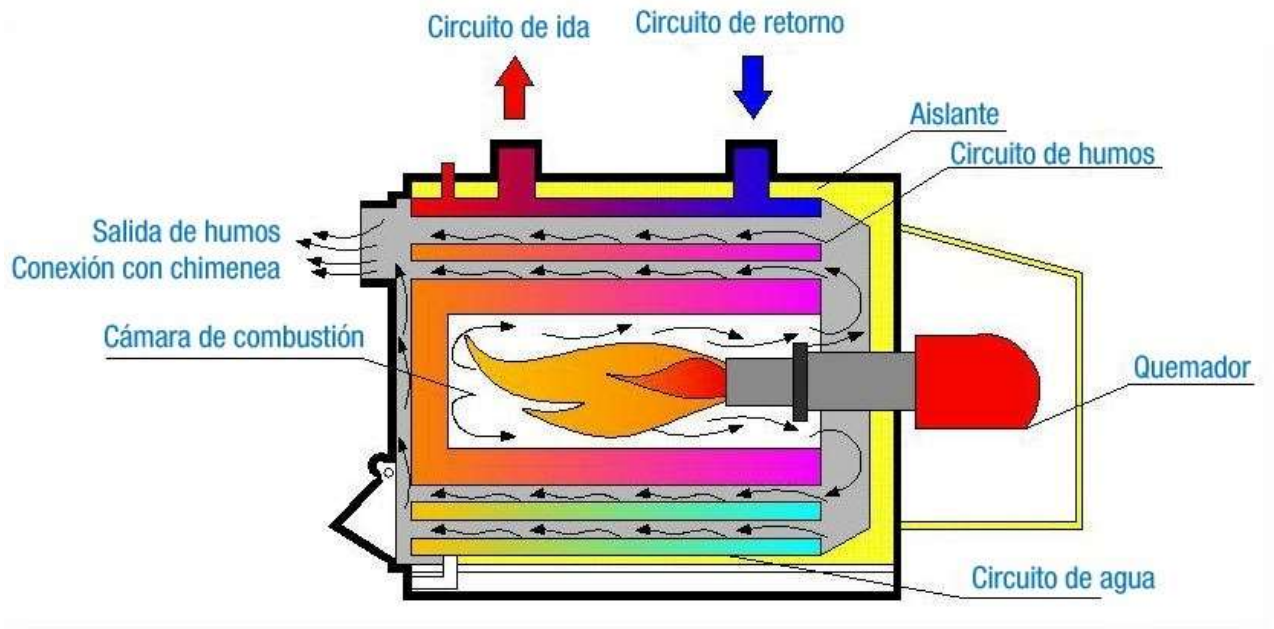
En el siguiente video vas a ver las partes y el funcionamiento de una caldera industrial. Aprovecha para hacerte con terminología en inglés muy útil.

<https://www.youtube.com/embed/qtFhLgti6gg?amp;showinfo=0&rel=0>

Caldera tubular

2.2.- Partes de una caldera.

Las partes fundamentales de una caldera convencional alimentada por combustibles líquidos o gaseosos son:



Partes de una caldera

Cámara de combustión (hogar). La cámara de combustión es la parte de la caldera donde se quema el combustible. La temperatura de flama es variable pero puede alcanzar los 1 800 °C.

Circuito de humos. Los humos se hacen pasar por un circuito más o menos sinuoso de manera que la transmisión de calor sea lo mejor posible.

Superficie de intercambio térmico. Es la superficie de calefacción de la caldera, y es la suma de la superficie de la cámara de combustión y del circuito de humos.

Caja de humos. Es la parte de la caldera donde confluyen los gases de la combustión en su recorrido final y mediante un tramo de conexión se conducen a la chimenea.

Quemadores. Los quemadores son los equipos que ponen en contacto el combustible con el comburente (oxígeno) posibilitando la combustión de manera estable, controlada y con un rendimiento adecuado.

Autoevaluación

¿En qué parte del dibujo anterior irán los turbuladores?

- ☐ En circuito de humos.
- ☐ En la cámara de combustión.

☐ En el circuito de agua.

Respuesta correcta, los turbuladores ayudan a que el humo fluyan con turbulencias.

Estás en un error, la llama crea de por si turbulencias.

No es correcto. Los turbuladores son para los humos.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto

2.3.- Calderas murales y sistemas híbridos

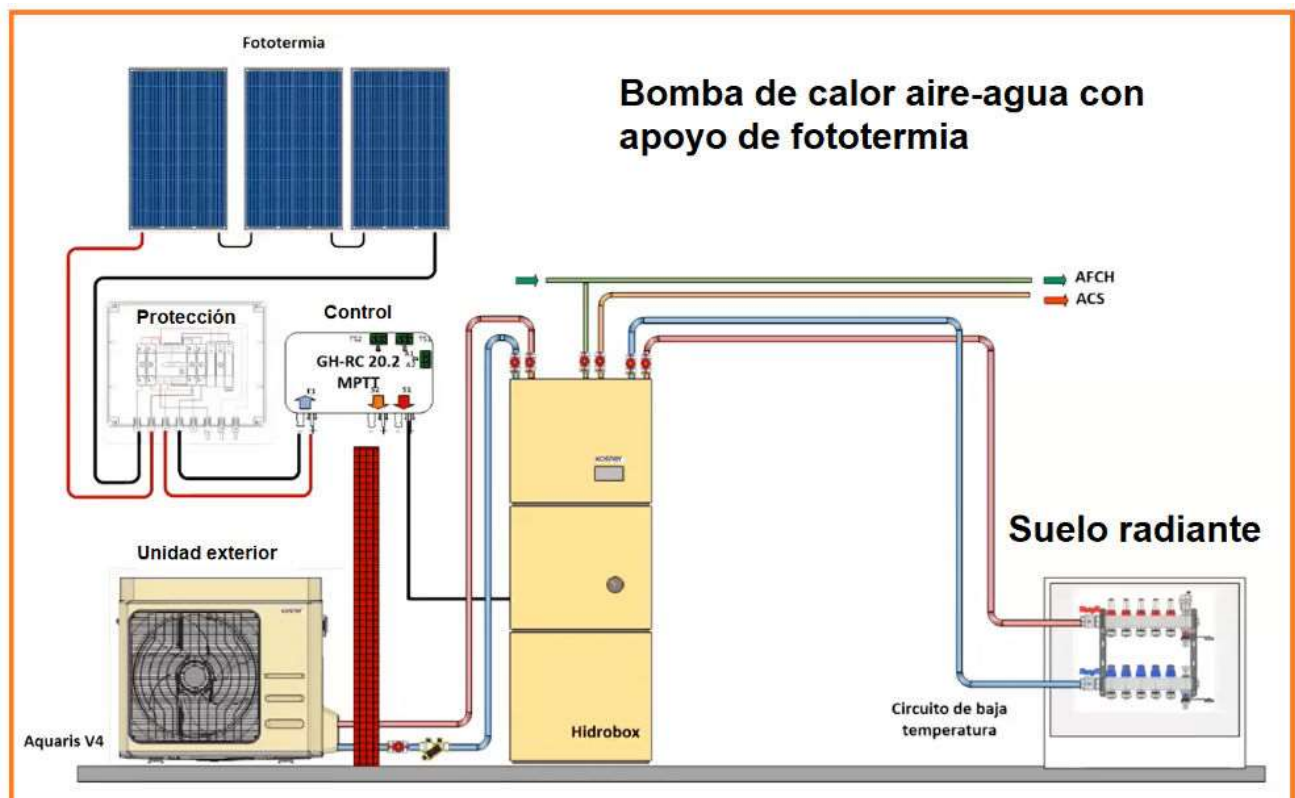
Posiblemente en tu casa tendrás una caldera individual. Las calderas que se colocan sobre una pared vertical se llaman murales y corresponden a equipos de tamaño relativamente reducidos, con potencia nominal inferior a 35 kw. Normalmente son calderas de gas, aunque existen en el mercado algunos modelos para gasóleo C.

Dentro de las calderas murales podemos encontrar los siguientes tipos:

- ✓ **De cámara abierta y tiro natural:** PROHIBIDA su instalación desde enero del 2010.
- ✓ **De cámara estanca y tiro forzado:** disponen de un doble conducto que permite evacuar los humos y llevar el aire del exterior hasta la cámara de combustión por lo que no necesita tomar el aire del local para la combustión.
- ✓ **De condensación:** mediante una adecuada circulación de los humos consigue condensar parte del vapor de agua recuperando su calor latente de condensación.

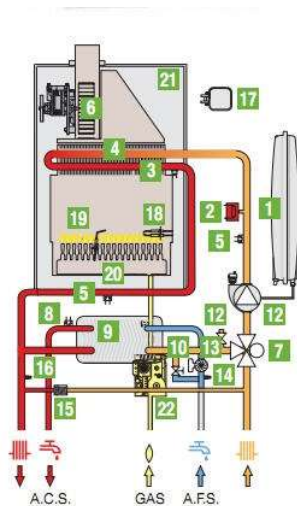
En estos momentos, la normativa obliga a que las nuevas calderas tengan bajas emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y a un grado de eficiencia al que, en la práctica, hace obligatorias las calderas de condensación.

Los **sistemas híbridos**, como lo son el uso combinado de calderas murales, como apoyo a sistemas de aerotermia, es muy ventajoso porque se consigue un alto rendimiento energético a la par que la seguridad en el suministro, cuando la bomba de calor se alimenta con paneles fotovoltaicos. Incluso, debido a la bajada del precio de las placas fotovoltaicas, se está utilizando la **fototermia**. En este caso, además, no es necesario un inversor, ya que la corriente continua de las placas fotovoltaicas puede transformarse directamente en calor. Un circuito de protección y un circuito de control (con un sistema MPTT para maximizar la potencia) son suficientes.



En la unidad interior tenemos el depósito de acumulación, la válvula mezcladora, el sistema de calentamiento fototérmico, bomba de circulación, separador hidráulico y otros elementos necesarios de la instalación que iremos viendo a lo largo de esta unidad.

En la siguiente imagen puedes ver el esquema hidráulico de una **caldera mixta estanca con microacumulación**. El despiece de este tipo de calderas lo vas a estudiar en los módulos de taller de este ciclo. Por el momento es interesante que veas que el circuito hidráulico no es muy complejo. También es importante que te fijes en la válvula de 3 vías. Una caldera mixta se llama así porque sirve para la producción de ACS y de calefacción. La válvula de 3 vías permite alternar entre un uso u otro. Por supuesto, la prioridad es para el ACS.



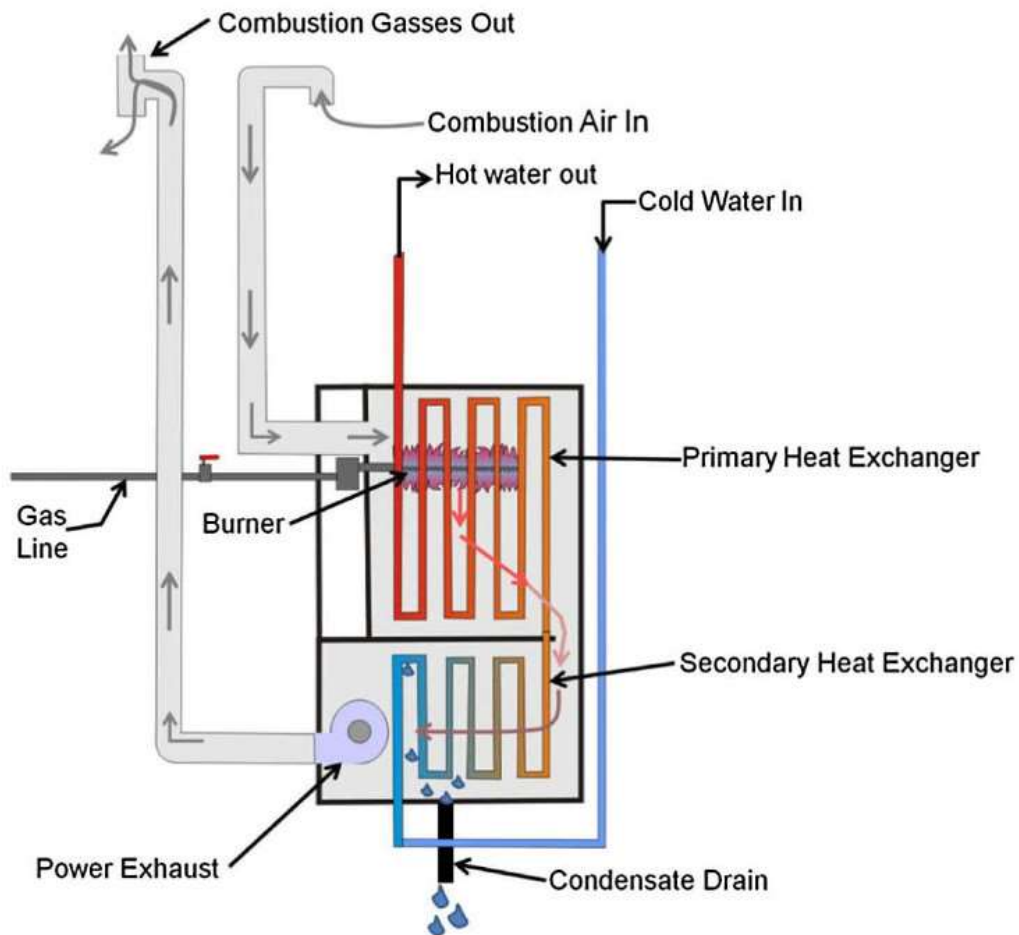
Esquema hidráulico

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1_ Vaso de expansión | 12_ Válvula de seguridad |
| 2_ Sensor de presión | 13_ Fluxómetro |
| 3_ Termostato de seguridad | 14_ Tapón de vaciado A.C.S. |
| 4_ Intercambiador principal | 15_ By-pass automático |
| 5_ Termistancia calefacción | 16_ Tapón de vaciado calefacción |
| 6_ Ventilador | 17_ Presostato de aire |
| 7_ Válvula de 3 vías motorizada | 18_ Bujías de incendio |
| 8_ Termistancia A.C.S. | 19_ Bujía de ionización |
| 9_ Intercambiador de placas aislado térmicamente | 20_ Doble quemador |
| 10_ Grifo de llenado | 21_ Cámara estanca |
| 11_ Bomba de circulación con purgador automático de aire | 22_ Válvula de gas |

[Fagor](#). Esquema hidráulico de una caldera mural (Todos los derechos reservados)

Ejercicio Resuelto

Explica el funcionamiento de esta caldera, a partir de lo visto hasta este momento.



Esquema de caldera de condensación (Dominio público)

Mostrar retroalimentación

Es una caldera de condensación donde se ven todas las partes esenciales y que se describen a continuación. Hay un sistema de calentamiento en dos fases, con dos intercambiadores para reducir la temperatura de combustión y, de este modo, bajar las emisiones de NOx, las cuales son tanto mayores cuanto más alta es la temperatura de combustión.

Power exhaust: ventilador de impulsión de humos

Condensate drain: desagüe de condensados

Primary heat exchanger: intercambiador de calor primario

Secondary heat exchanger: intercambiador de calor secundario

Burner: quemador

Gas line: entrada de gas

Cold water in: entrada de agua fría

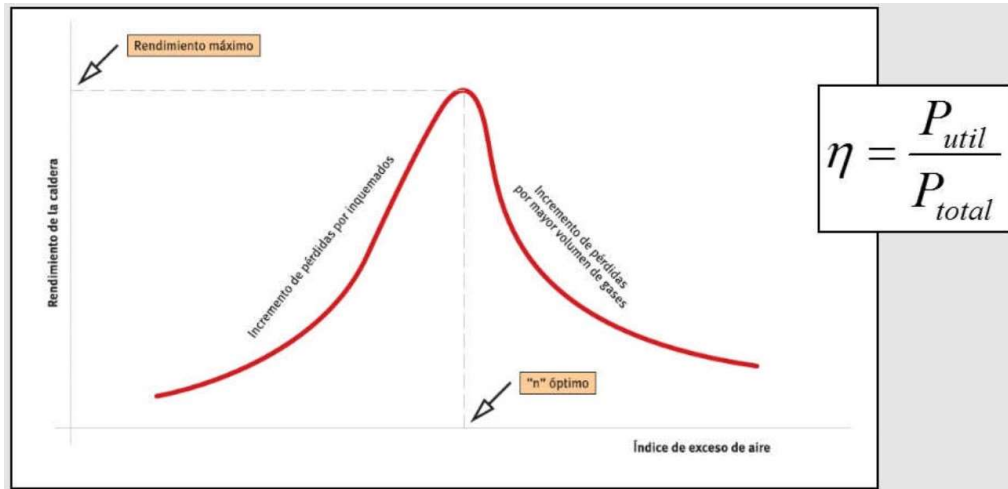
Hot water out: salida de agua caliente

Combustion air in: entrada de aire

Combustion gasses out: salida de humos de combustión

Tanto las calderas estándar como las de baja temperatura arrojan al exterior una cantidad considerable de calor. El vapor de agua escapa con los gases procedentes de la combustión. La cantidad de energía

que se está desperdiciando es de hasta un 11 % en el caso del gas natural (diferencia entre poder calorífico superior y el poder calorífico inferior). En el caso del gasóleo baja hasta el 6 % ya que su composición química tiene menos átomos de hidrógeno que el gas natural. Por otro lado, el punto de funcionamiento de la caldera se regula automáticamente, pero hay que realizar revisiones para garantizar que ello es así y el rendimiento es el máximo posible.



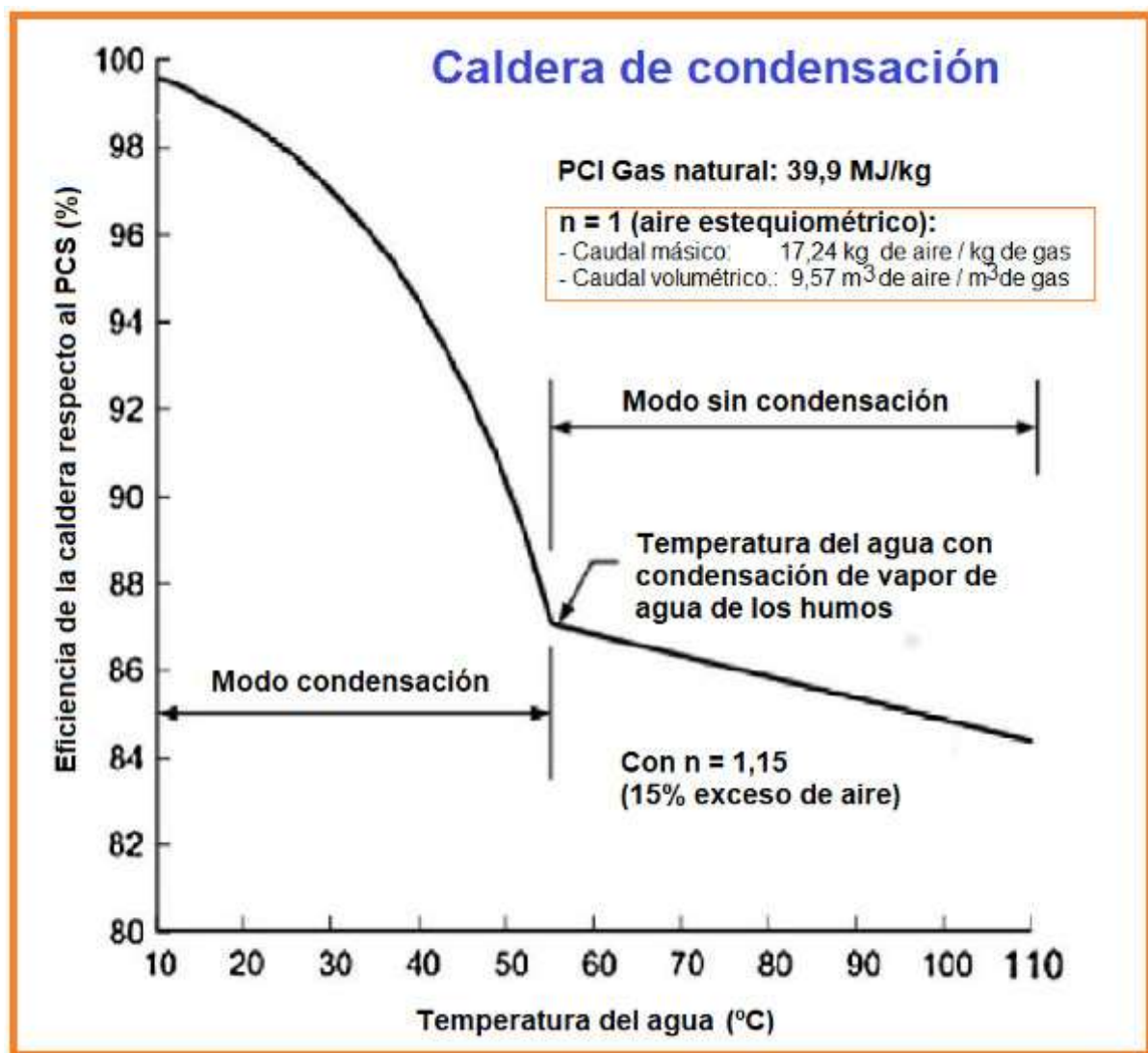
2.4.- Rendimiento de una caldera.

Si compruebas los catálogos de los fabricantes verás que en todos ellos se marca un rendimiento de la caldera. Pero este rendimiento se obtiene en unas circunstancias determinadas y muchas veces el valor obtenido en una instalación real se aleja bastante de esos valores.

Podemos distinguir tres mediciones de rendimientos: combustión, instantáneo y estacional. Cada uno de ellos incorpora pérdidas que no se han tenido en cuenta en los parámetros anteriores.

Rendimiento de la combustión: Las pérdidas consideradas son por calor sensible en los humos y por inquemados. El resultado se utiliza para determinar el correcto ajuste de un quemador y el estado de limpieza de las superficies de intercambio de la caldera.

Rendimiento instantáneo: A las pérdidas anteriores añade las producidas por radiación y convección con el quemador en marcha y con la caldera a una temperatura de funcionamiento determinada. Este rendimiento se expresa con porcentajes de carga de funcionamiento del quemador del 100 % y del 30 %, respectivamente. Es un porcentaje que nos permite comprobar el comportamiento energético de una caldera en marcha. Observa cómo una caldera de condensación tiene un rendimiento que varía en función de la temperatura de salida del agua. Cuando tenemos una caldera de condensación que funciona con temperaturas de salida de 70 °C, su rendimiento no es muy diferente del de una caldera cualquiera. La ventaja de la caldera de condensación es cuando funciona con temperaturas bajas (del orden de 50°C), lo cual se consigue con calefacción con suelo radiante y con bajas temperaturas de ACS.



Rendimiento estacional o rendimiento medio anual. El valor anterior nos va a dar una medida del comportamiento de la caldera cuando está en marcha. Sin embargo, en la realidad, la caldera pasa una gran parte del tiempo en disposición de servicio, en espera de ser utilizada. La caldera arrancará periódicamente para mantener esa disposición de servicio, aunque no haya demanda en la instalación. El rendimiento estacional permite hacer un cálculo real del consumo anual de una caldera ya que tiene en cuenta la cantidad de energía que consumiremos durante ese período llamando a estas pérdidas “pérdidas por disposición de servicio o de mantenimiento”.

El resultado de estos análisis conduce hasta el rendimiento estacional o rendimiento medio anual, que al contrario de lo que ocurre con los rendimiento de la combustión o instantáneo, este sí es directamente proporcional al consumo.

Las calderas estándar anteriores al año 1990 obtenían rendimientos estacionales aprox. del 75%. El rendimiento suele calcularse en base al PCI, en lugar de el PCS. Si lo hacemos frente al PCS, el rendimiento nunca será mayor del 100 %, mientras que si lo hacemos con el PCI, podemos obtener rendimientos mayores del 100%, como vemos en los valores habituales de rendimiento estacional en algunas calderas (actualmente las nuevas instalaciones deben tener calderas de alta eficiencia energética, como las de condensación):

- ✓ Calderas Estándar atmosféricas a gas: 75 %
- ✓ Calderas Estándar presurizadas a gas: 80 %
- ✓ Calderas Estándar presurizadas a gasóleo: 78 %
- ✓ Calderas de Baja Temperatura atmosféricas a gas: 93 %
- ✓ Calderas de Baja Temperatura presurizadas a gas: 95 %
- ✓ Calderas de Baja Temperatura presurizadas a gasóleo: 93 %

✔ Calderas de gas de Condensación: 106 %

El cálculo del consumo de combustible de una caldera viene dado, como fácilmente puedes deducir, por:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{PCI \cdot \eta}$$

Siendo:

$\dot{m}$: Caudal másico de combustible (kg/s)

$\dot{Q}$: Potencia útil de la caldera (kW)

PCI : Poder calorífico inferior (kJ/kg)

η : Rendimiento de la caldera-quemador, respecto a PCI (tanto por uno)

La potencia útil de la caldera se calcula a partir de la carga térmica, aumentando esta con un porcentaje de seguridad que oscila entre el 20% y el 30% de la carga térmica.

Ejercicio resuelto

1.- Calcula la potencia de una caldera que debe suministrar ACS instantánea con un caudal de 0,2 l/s de agua a 60 °C a partir del agua fría de la red que está a 10 °C. El rendimiento nominal de la caldera es del 93 %,.

Mostrar retroalimentación

En primer lugar hay que determinar la densidad y el calor específico del agua a 60 °C, que por tablas que ya hemos manejado con anterioridad es de, aproximadamente:

$$\rho = 983 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 4,19 \text{ kJ/kg K}$$

Sustituyen estos valores y los del enunciado, tenemos que:

$$\dot{Q}_{\text{útil}} = \dot{m} \cdot c_e \cdot (t_2 - t_1) = \frac{0,2 \cdot 983}{1000} \cdot 4,19 \cdot (60 - 10) = 41,19 \text{ kW}$$

Esta potencia teórica, debería aumentar en un cierto porcentaje, para mayor seguridad, por lo que la potencia útil que nos dé la caldera debería ser de, aproximadamente:

$$P = 41,19 \cdot 1,2 = 49,43 \text{ kW} \rightarrow \text{La potencia nominal de una caldera, raramente coincidirá con el valor de cálculo. En este caso,}$$

una caldera de 50 kW sería la adecuada

Fíjate que el valor del rendimiento no nos sirve para obtener el anterior valor. Otra cosa es que deseáramos calcular el consumo de esta caldera partiendo del dato de 41,19 kW y el PCI del gas natural.

Ejercicios para resolver

1.- Una caldera, que utiliza gas natural como combustible, alimenta un circuito de radiadores en una vivienda con una potencia térmica de 50 000 kcal/h; sabemos que la pérdida calorífica que se produce en las tuberías es igual a 2 200 kcal/h. Determina el gasto horario de combustible, si se utiliza gas natural con un PCI = 39,8 MJ/Nm³ y el rendimiento es igual al 92 %

Mostrar retroalimentación

Solución: $q = 5,968 \text{ m}^3/\text{h}$

2.- Una caldera calienta el agua que llega a 18 °C hasta los 82 °C. El combustible empleado tiene un PCI de 52 678 kJ/kg. El caudal de agua suministrada es de 5 m³/h. Si el rendimiento nominal de la caldera es del 89 %, determinar el consumo de combustible en kg/h.

Mostrar retroalimentación

Solución: $m = 27,74 \text{ kg/h}$ con un calor específico de 4,19 kJ/kg K y una densidad del agua de 970 kg/m³

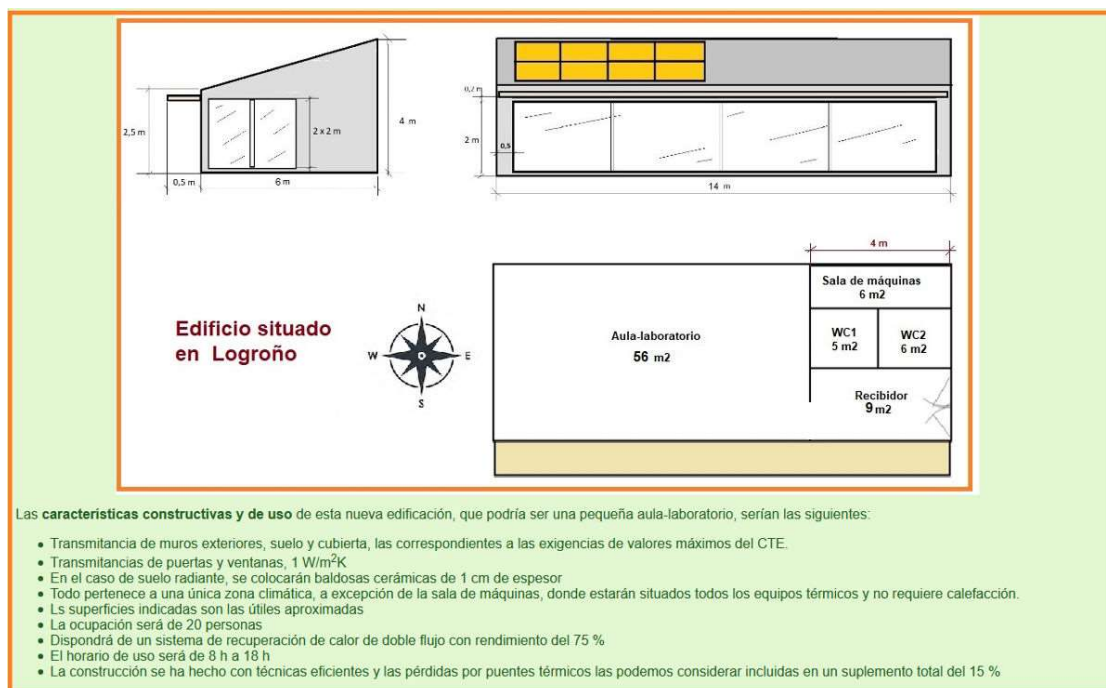
3.- Instalaciones de calefacción

Caso práctico: ¿cómo configurar la instalación?

El caso práctico que hemos planteado al inicio de la unidad y que vamos a ir resolviendo, dará lugar a una instalación de calefacción con una caldera o una bomba de calor (aerotermia) con apoyo fotovoltaico, que nos dará la energía térmica necesaria. Habrá también un sistema de distribución hidráulico que hará llegar este calor a los puntos necesarios y, finalmente, contaremos con unos terminales finales en los que se aportará este calor a los lugares necesarios en la cuantía que habremos calculado. En resumen, tenemos el siguientes esquema:



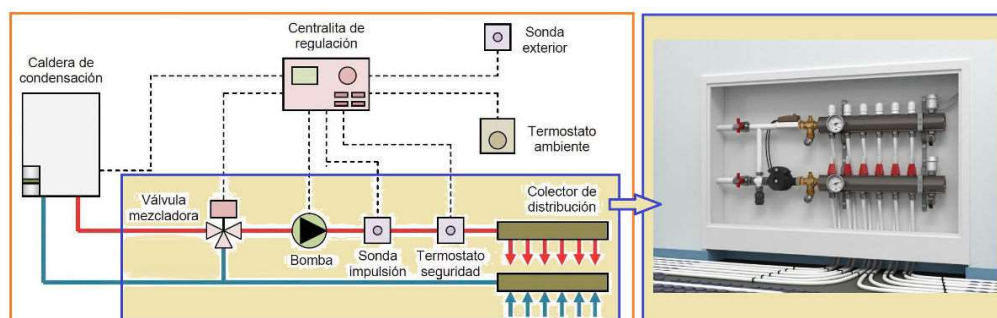
La cuestión es ¿cómo vamos a calcular todos los parámetros y equipos necesarios? La respuesta va a ser similar a la de la unidad anterior, vamos a emplear una de las herramientas de cálculo que ponen a nuestra disposición los fabricantes y distribuidores de material para instalaciones caloríficas y, posteriormente, entraremos en el detalle de algunos de los equipos que vamos a ver de forma global en este cálculo preliminar. En este caso, el fabricante Baxi, dispone de una herramienta de cálculo online denominada WICA, que nos va a facilitar este trabajo. Aunque sabemos que los productos seleccionados son suyos, algunos de los parámetros de cálculo son perfectamente transferibles a otros equipos y, lo más importante, si nuestro objetivo es aprender a configurar y calcular instalaciones caloríficas con apoyo de programas, el procedimiento es perfectamente transferible a otros programas más especializados y abiertos. No obstante, insistimos, este procedimiento de cálculo no debe impedir el que sepamos realizar cálculos manuales relacionados con algunos de los equipos que veremos en este apartado.



◀ 1 2 ▶

Caldera de gas y suelo radiante

La instalación, básicamente, se corresponde con el siguiente circuito hidráulico:



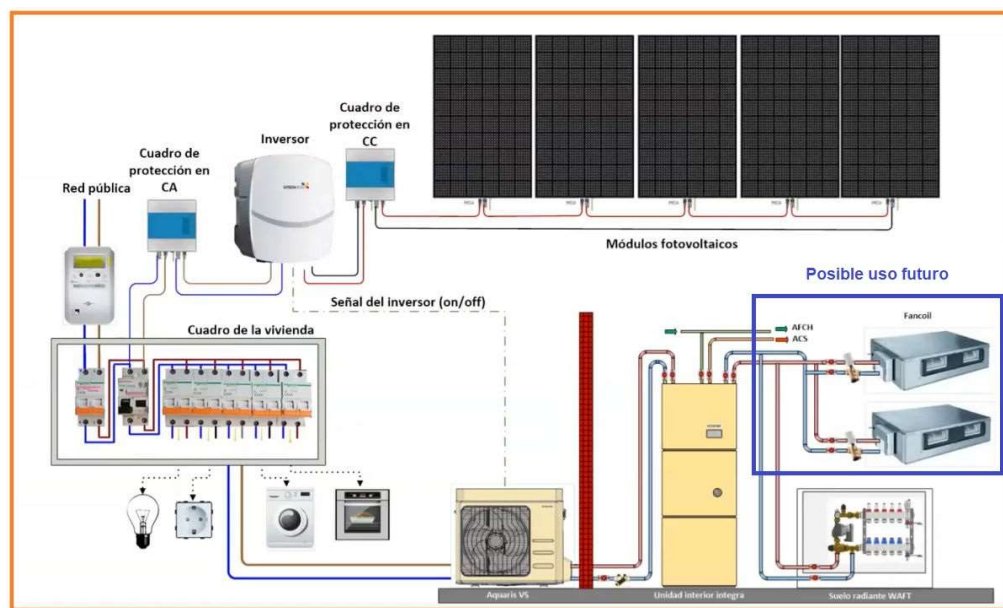
Circuito hidráulico y de control

Para configurarla, partiremos del enunciado del caso práctico del principio de la unidad, aunque de momento no aplicaremos un cálculo de cargas minucioso ni tendremos en cuenta el recuperador de calor. En una instalación de caldera de gas y suelo radiante, la carga térmica no es tan crítica como en el caso siguiente de una bomba de calor. El dimensionamiento de la potencia del sistema de calefacción con una caldera mural tiene una "red de seguridad": las potencias de las calderas murales parten de valores superiores a los 20 kW y esta potencia se puede modular fácilmente: sólo hay que aumentar o reducir el flujo de gas natural consumido.

Veamos como, con ayuda de WICA, podemos definir fácilmente la instalación:

Bomba de calor con apoyo FV y suelo radiante

La instalación, básicamente, se corresponde con el siguiente circuito. Observar que, en el futuro podría aprovecharse la instalación para refrigeración y podrían usarse también fancoils, además de ACS:



<https://www.youtube.com/embed/VEza0LWxMKo>

Recomendación

Para trabajar con el programa WICA puedes acceder a la web del fabricante y, tras registrarte, realizar los mismos pasos que se han explicado en el vídeo anterior. Recuerda que este programa ya lo utilizamos, de forma parcial, en el apartado 1.4 de la unidad 3 para el cálculo de cargas, y que los proyectos o

ejercicios que hagas los puedes archivar en la propia plataforma del programa, si lo deseas.



[BAXI](#). Programa WICA (Copyright (permiso del autor))

3.1.- Clasificación de los sistemas de calefacción.

Podemos clasificar los sistemas de calefacción de diversas formas, atendiendo a diversas características. Veamos las más utilizadas

Según el generador de calor.

Si nos referimos a la energía utilizada para generar calor, es decir, a la manera de producción de calor, tendremos:

- ✓ Energía eléctrica. Puede ser mediante radiadores eléctricos o por acumuladores que aprovechen la tarifa nocturna. La **fototermia** se utiliza cuando la energía eléctrica fotovoltaica se emplea para el calentamiento (normalmente de agua)
- ✓ Combustibles fósiles. Son las instalaciones más habituales. El combustible puede ser gas natural, GLPs, carbón, gasóleo.
- ✓ Biomasa. Cada vez se utiliza más este tipo de combustible. Se considera que la emisión de CO₂ es cero ya que el que se libera en la combustión previamente ha sido fijado de la atmósfera por la materia vegetal mediante fotosíntesis. El tipo de combustible más habitual son los pelets y la astilla de madera, aunque también se utiliza hueso de aceituna (huesillo) o cáscara de frutos secos.
- ✓ Bomba de calor. Una alternativa eléctrica con menor consumo de energía es la bomba de calor. La bomba de calor es reversible y puede utilizarse en verano para refrescar. La aerotermia se emplea cuando la bomba de calor es de pequeña potencia (20 o 30 kW máximo) y es de los tipos aire-aire o aire-agua. Posteriormente veremos esto en la siguiente unidad.
- ✓ Geotermia. La geotermia en realidad es una bomba de calor en la que el calor se extrae de la tierra en lugar del aire. Puede ser geotermia profunda (mediante un pozo de 100 a 200 metros de profundidad) o geotermia somera (mediante una red superficial extensa enterrada a profundidades entre 2 m y 10 m).
- ✓ Energía solar térmica. La energía solar térmica se utiliza fundamentalmente para la producción de ACS, aunque también se puede combinar con un sistema de calefacción de baja temperatura, como puede ser un suelo radiante.

Según el número de usuarios.

- ✓ Instalación individual. La producción de calor es independiente para cada usuario. La generación de calor se lleva a cabo para varios o emisores y corresponde a una sola unidad de consumo (vivienda, oficina, nave,... etc).
- ✓ Instalación centralizada. Son instalaciones en las que la producción de calor se realiza en una central desde la cual se aporta la energía térmica a diversas unidades de consumo (un edificio o varios edificios). Si la distribución se hace a múltiples edificios se conoce como district heating.

Según cual sea el fluido portador del calor.

Según el fluido encargado de distribuir el calor al recinto que se va a calentar, las instalaciones de calefacción se pueden clasificar en:

- ✓ Calefacción por aire.

- ✔ Calefacción por agua.
- ✔ Calefacción por vapor.
- ✔ Calefacción por fluidos caloportadores.

En las viviendas el sistema más utilizado es la calefacción por agua.

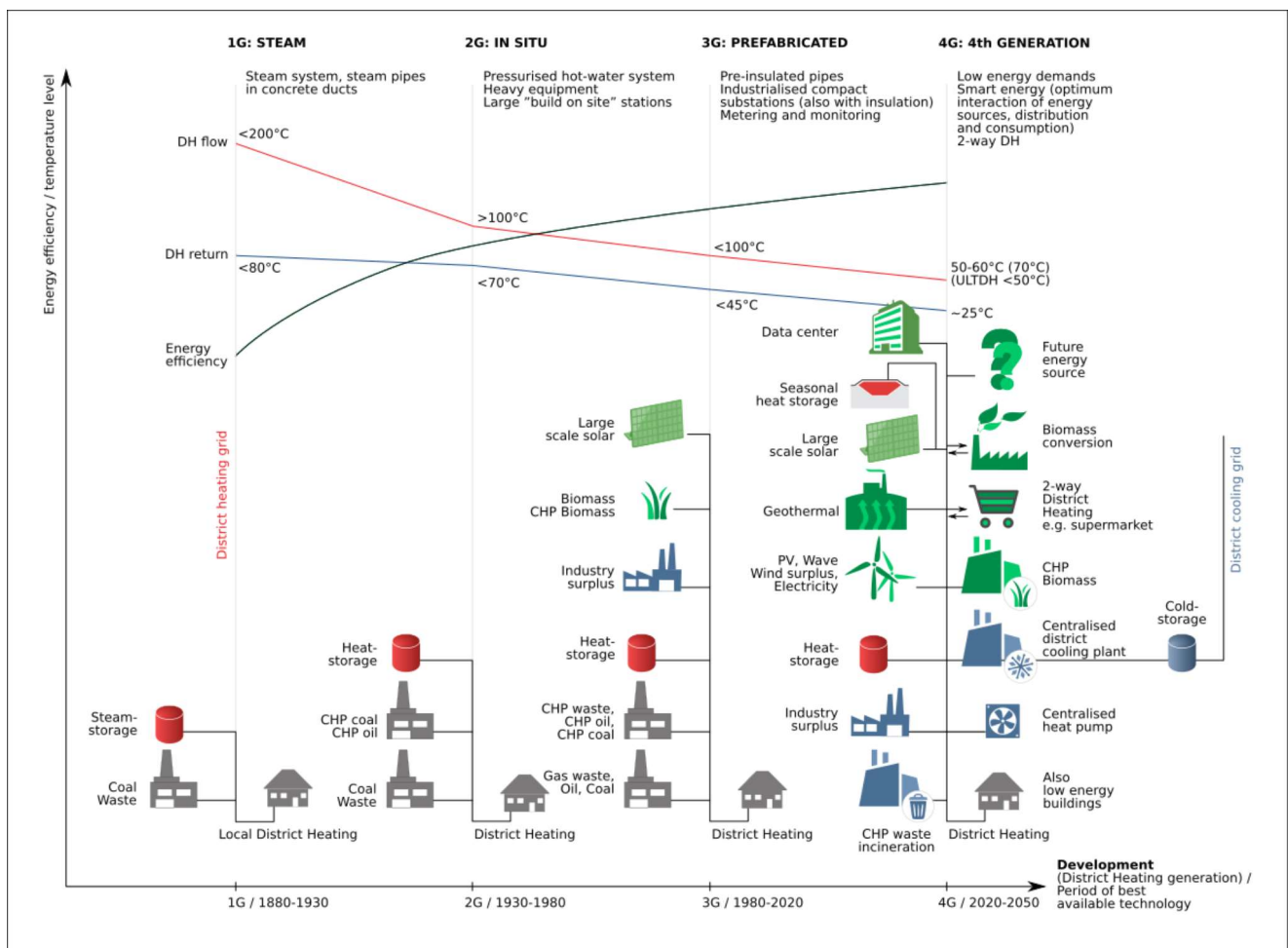
Según el tipo de unidad terminal de calor

Atendiendo a este concepto las instalaciones se clasifican en:

- ✔ Instalaciones de radiadores. Es un sistema de calefacción comúnmente utilizado que aprovecha la transmisión de calor, principalmente por convección, aunque el nombre de los elementos disipadores sean radiadores, no es tan importante el efecto de radiación de los mismos.
- ✔ Instalaciones de convectores. Como su nombre indica, estos sistemas basan su efectividad en la convección. Se basan en unos tubos metálicos con una gran capacidad de transmisión, a los cuales se les añade unas aletas para aumentar la superficie de intercambio de calor con el aire.
- ✔ Instalaciones de aerotermos. El principio de funcionamiento es similar al de las instalaciones de convectores, la única diferencia consiste en añadir un ventilador para forzar la ventilación del aire y así aumentar la efectividad del sistema. También se denominan ventiloconvectores o fan-coil (en inglés).
- ✔ Instalaciones de calefacción por suelo radiante. El fluido calefactor circula por un conducto situado bajo el suelo del local. El calor se transmite por conducción hasta la superficie del suelo y a todas las masas en contacto con este. Posteriormente, y por convección natural, al aire del local desde el suelo al techo. La sensación térmica que se percibe es muy agradable, ya que se evita tener focos térmicos de temperatura muy localizados y muy por encima de la temperatura ambiente. Utiliza una gran cantidad de agua de primario a baja temperatura, a unos 40 °C, para así trabajar con temperaturas bajas a nivel de suelo, ya que no se permite sobrepasar los 29 °C.

Según la temperatura de impulsión del generador de calor

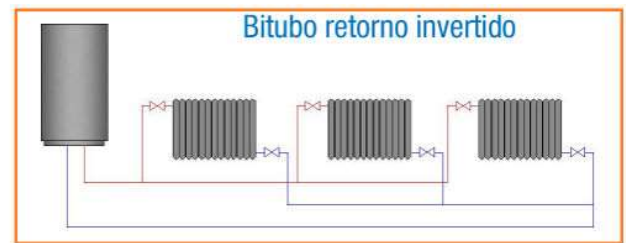
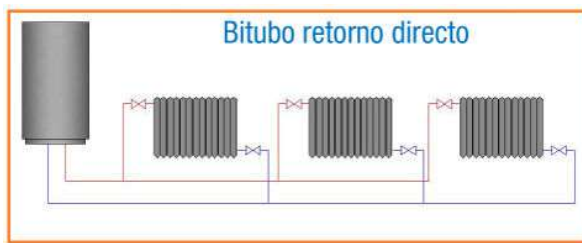
Normalmente se clasifican en instalaciones de alta y baja temperatura. La alta temperatura es cuando las unidades terminales caloríficas, usualmente radiadores y aerotermos, les llegan temperaturas de 60 °C o más. Cuando a las unidades terminales les llegan temperaturas más bajas, radiadores de baja temperatura o suelo radiante, suelen denominarse baja temperatura, Más o menos como en la clasificación de las calderas que hemos visto en el apartado anterior. La evolución de la temperatura ha sido hacia valores más bajos. Sabemos que, cuanto menor sea la temperatura, mayor será la eficiencia energética.



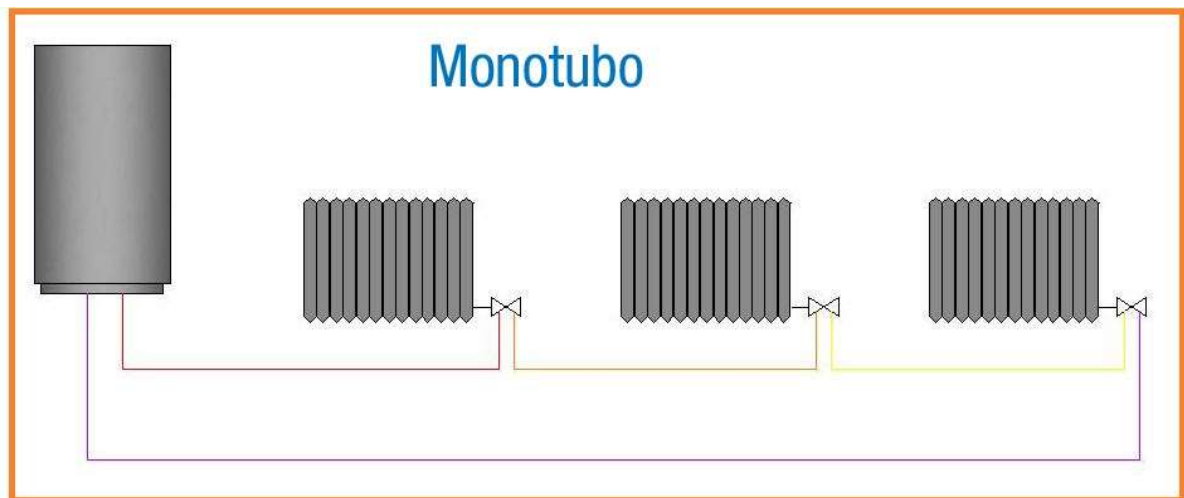
[Mrmw](#). Evolución de la temperatura de distribución de la red de calefacción ([CC0](#))

Según sea la red de conexión de los aparatos.

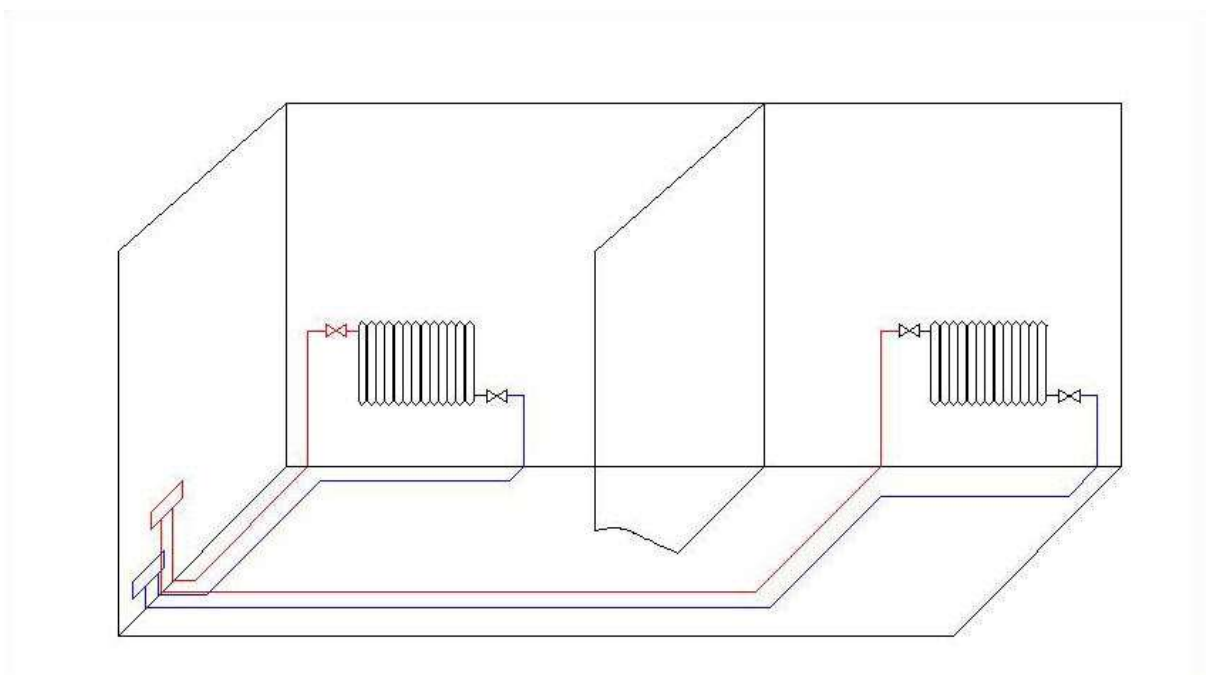
- ✓ Instalaciones bitubo. Este tipo de instalaciones se caracterizan por la existencia de dos tubos, uno de ida, que conduce el agua del generador hasta los emisores, y otra de retorno que va recogiendo el agua más fría de los radiadores y la devuelve al generador. En este sistema se distinguen dos variantes. Por un lado están las **instalaciones con retorno directo**. El tubo de retorno parte del radiador más alejado de la caldera y va recogiendo el agua de retorno de los radiadores para devolverla a la caldera. En estas instalaciones tenemos que tener cuidado con el equilibrio de la instalación ya que el primer emisor de la instalación presenta menos pérdida de carga que los emisores que se encuentran más alejados de la caldera. El recorrido del agua es menor en el primer emisor y va aumentando según nos alejamos de la caldera. Si no equilibramos la instalación vamos a tener un exceso de calor en los emisores más cercanos y un defecto en los más alejados. Más adelante vas a estudiar como hay que realizar ese equilibrio. Por otro lado la instalación se puede hacer con **retorno invertido**. En este tipo de instalación el recorrido que hace el agua es aproximadamente el mismo para todos los emisores. La instalación está equilibrada por si misma. La desventaja es que necesita más longitud de tubería y por lo tanto encarece la instalación.



- ✓ Instalaciones monotubo. En este tipo de sistemas se tiene una única tubería de distribución del agua caliente, formando un circuito cerrado de manera que el agua que circula por el circuito pasa por todos los radiadores, y, por consiguiente, la temperatura del agua va disminuyendo a medida que se acerca hacia el último radiador del anillo. En el diseño de la instalación hay que tener en cuenta este factor, ya que según vaya bajando la temperatura del agua el emisor será menos eficiente. El anillo no debe contener más de 5 emisores. Los últimos emisores deben ser aumentados para hacer frente a su menor capacidad. Si en la instalación se necesita más de 3 emisores es preferible realizar otro anillo.



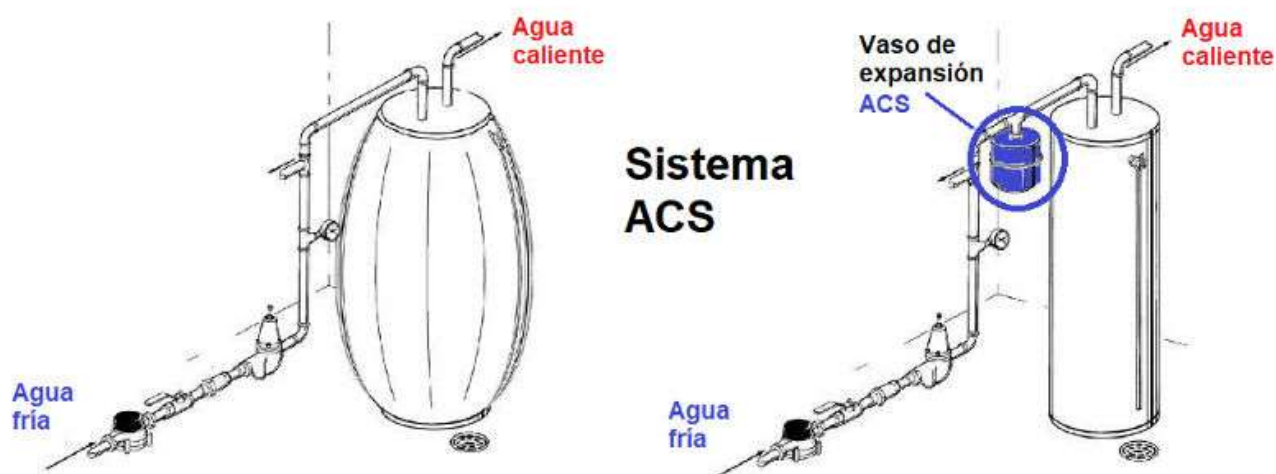
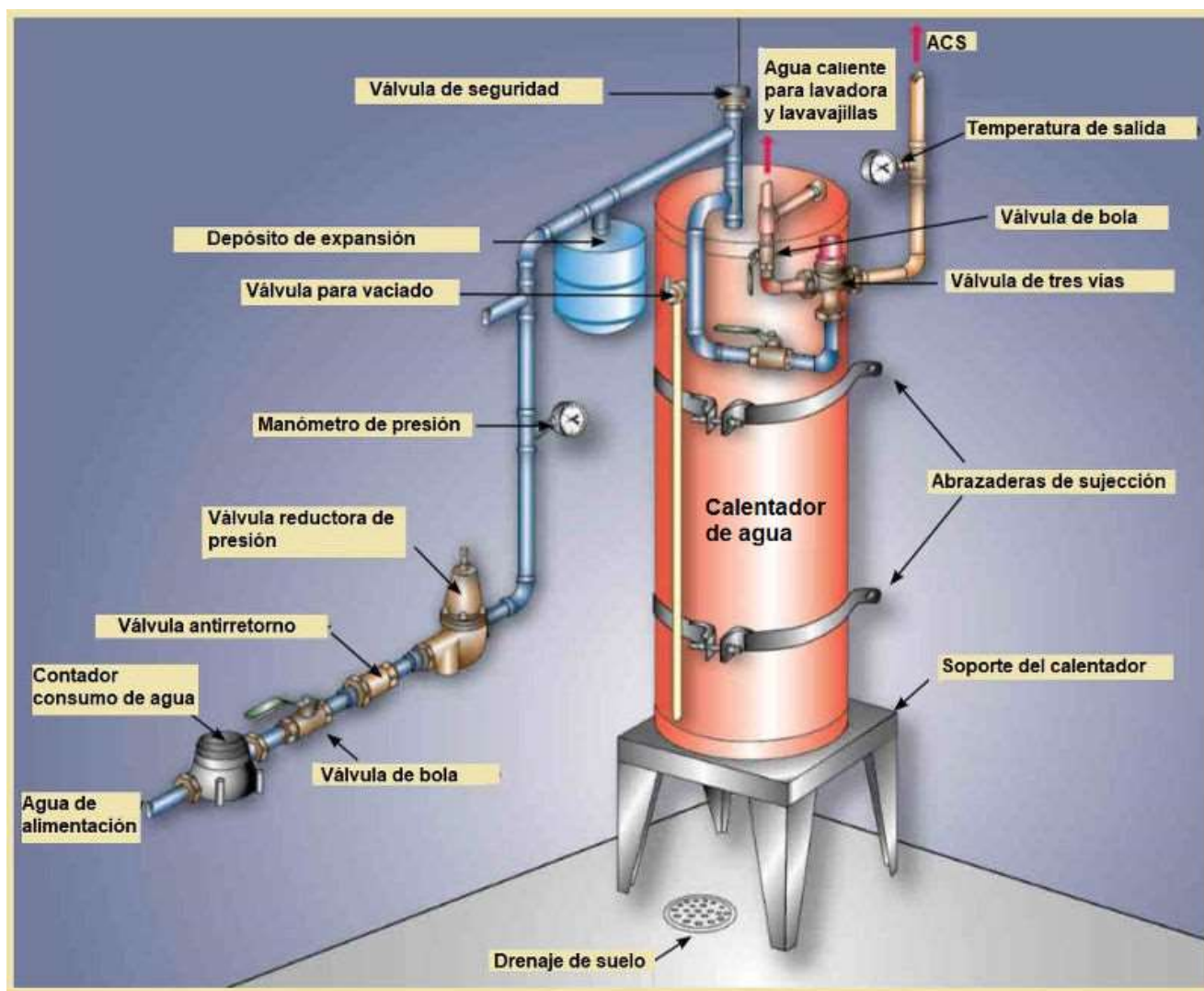
- ✓ Instalaciones por colectores. Este sistema consiste en instalar uno o varios juegos de colectores (ida + retorno), de forma que a partir de ellos se alimenta individualmente a cada emisor. Esta distribución consigue una perfecta distribución del rendimiento calorífico, ya que hace posible que la llegada del agua caliente a todos los radiadores sea prácticamente a la misma temperatura. Las pérdidas de carga en las tuberías son muy semejantes. En instalaciones domésticas es el sistema más usado.



3.2.- Circuito de expansión.

Una de las cuestiones más importantes que, por seguridad, no debes olvidar, es que el agua al calentarse aumenta de volumen y como consecuencia de este aumento de volumen, hay un incremento de presión dentro de la instalación. Por ello, en toda instalación en la que, en un circuito hidráulico cerrado donde exista un aumento de temperatura, se hace necesario instalar un vaso de expansión que recoja ese aumento de volumen.

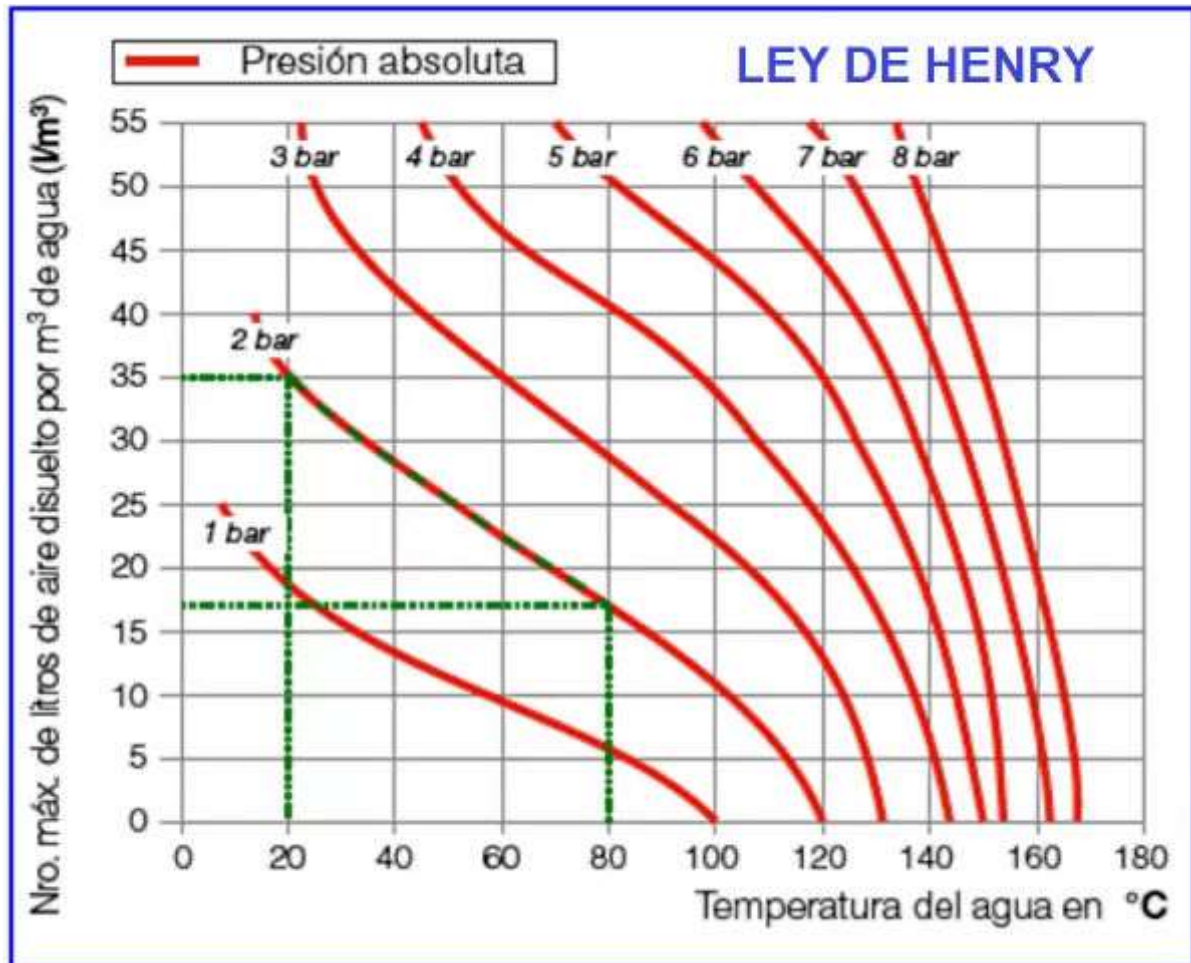
Tambiél el circuito de **ACS** debe contar con un vaso de expansión, que se coloca, como vemos en la imagen, a la entrada del agua fría. **La presión del vaso de expansión**, que viene regulada de fábrica a, aproximadamente 2 bar, **debe coincidir con la presión de la red de agua**, dejando sólo un pequeño volumen de reserva. En el caso de que tengamos una presión de la red de 4 bar, al estare tarado a inicialmente a 2 bar o menos, la propia presión de la red expandirá la membrana y se ocupará el volumen del vaso. En estas circunstancias el vaso no sirve de nada. A diferencia de los vasos de expansión en calefacción, que son rojos, en este caso son **azules** y deben estar constituidos con materiales de uso sanitario. El siguiente circuito hidráulico corresponde a un calentador de agua ACS



Importancia del vaso de expansión

Las variaciones de temperatura, además de ocasionar variaciones de volumen, van a generar aire en los circuitos. La cantidad de aire disuelto en el agua depende de su temperatura y a mayor temperatura menor solubilidad del aire en el agua. y, exactamente igual, el volumen de aire disuelto también depende de la presión. A mayor presión mayor cantidad de aire disuelto. Por eso, variaciones de presión y temperatura hacen que haya

que purgar siempre aire. Por ejemplo, al calentar agua a 20 °C hasta 80 °C crea 20 litros de aire por cada m³. Es la llamada Ley de Henry:

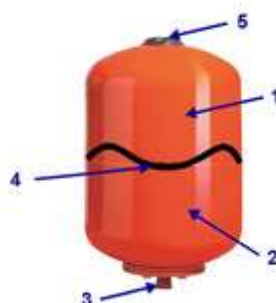


Ley de Henry

Respecto a este punto, el RITE establece que:

1. Los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas estarán equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.
2. Es válido el diseño y dimensiones de los sistemas de expansión siguiendo los criterios indicados en el capítulo 9 de la norma UNE 100155.

Los vasos de expansión cerrados de membrana consisten en un recipiente estanco (de acero) que, en su interior lleva una membrana elástica de caucho que separa el circuito de agua (cámara de expansión de agua), de una cámara de nitrógeno y que al deformarse absorbe las dilataciones del agua.



En estos recipientes, al elevarse la temperatura del agua, aumenta la presión en la cámara de agua (2), de tal forma que se ejerce una fuerza sobre la membrana de caucho (4) y el nitrógeno de la cámara (1) se comprime hasta quedar equilibradas las presiones de ambas cámaras.

Con respecto a la **instalación de un depósito de expansión** se deberán observar una serie de reglas importantes para su correcto funcionamiento, tales como:

- ✔ 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.
- ✔ Preferentemente debe instalarse en el conducto de retorno de la caldera, en la aspiración del circulador.
- ✔ La conexión del vaso de expansión al circuito se realizará de forma que se evite la formación de bolsas de aire.
- ✔ En algunos modelos es conveniente instalar una válvula de seguridad tarada a la presión máxima del depósito, que debe ser inferior a la máxima que permita la caldera.

3.3.- Dimensionamiento vaso de expansión.

El dimensionamiento de un vaso de expansión, teniendo en cuenta lo que hemos señalado, deberá tener en cuenta las variaciones de volumen y las de presión. Los valores de dilatación del agua con la temperatura, vienen dados en la tabla adjunta:

Valores de dilatación del agua C_e

Temperatura	Porcentaje dilatación
30	0,435
40	0,782
50	1,21
60	1,71
70	2,27
80	2,90
90	3,59

El volumen de un vaso de expansión cerrado para calefacción, con diafragma, viene determinado por la fórmula (según la norma UNE 100155):

$$V_{\text{vaso}} = 1,2 \cdot V \cdot C_e \cdot C_p$$

En donde el factor 1,2 aporta el 20% de margen de seguridad y el resto de variables son:

V_v : Volumen del vaso de expansión (litros)

V : Volumen de agua del circuito (tuberías, caldera, radiadores).

C_e : Coeficiente de expansión del agua, que depende de la temperatura (adimensional)

C_p : Coeficiente de presión, que depende de las presiones del circuito (adimensional) y se calcula según la siguiente fórmula:

Coeficiente de presión:

$$C_p = \frac{p_{\max}}{p_{\max} - p_{\min}}$$

En donde,

p_{max}: Presión absoluta máxima (la presión máxima manométrica + 1 bar debido a la presión atmosférica 1 bar ≈ 1 atm), tiene que ser ligeramente inferior a la presión máxima de tarado de la válvula de seguridad. Suele tomarse esta misma presión máxima de tarado + 1 bar.

p_{min}: Presión absoluta mínima (la presión mínima manométrica + 1 bar debido a la presión atmosférica). Depende de la altura manométrica de la instalación. Suele tomarse: (altura de la instalación en m cda/10) + 1 bar. Para instalaciones al mismo nivel se toma como mínimo 0,5 + 1 bar

En el caso de ACS podemos considerar, con cierta aproximación, que el volumen en instalaciones normales puede ser del 5% del volumen del depósito acumulador. En otros casos hay que calcularlo. Podemos decir, no obstante, que en instalaciones domésticas y de pequeña potencia el volumen siempre oscila entre los 5 y 10 litros, por lo que el estándar de 10 litros suele venir incluido en algunos sistemas de generación de ACS, gasóleo, aerotermia, etc.

Ejercicio resuelto

1.- Calcula el volumen de un vaso de expansión para una instalación que contiene 350 litros de agua para una temperatura de ida de 80 °C y 60 °C de retorno. La presión máxima de tarado es de 3 bar. La instalación tiene una altura de 9 metros.

Mostrar retroalimentación

Lo primero que hacemos es calcular el coeficiente de presión (a veces se denomina coeficiente de utilización). Las presiones, absolutas, son:

Si la válvula de tarado es de 3 bar, $p_{\max} = 2,9 + 1 = 3,9$ bar.

$p_{\min} = 0,9 + 1 = 1,9$ bar (por cada 10 metros de altura corresponde, aproximadamente, 1 bar → por 9 metros corresponde 0,9) por lo tanto:

$$C_p = 3,9 / 2 = 1,95$$

Por seguridad supondremos que tenemos toda la instalación a 80°C por lo que el coeficiente de dilatación es 2,9 % → $C_v = 0,029$

El volumen del vaso será:

$$V_v = 1,2 \cdot 350 \cdot 1,95 \cdot 0,029 = \mathbf{23,75 \text{ litros}}$$

Ejercicio para resolver

1.- Calcula el vaso de expansión cerrado que es necesario en una instalación de 15 m de altura, con una caldera de 40 000 Kcal/h. No disponemos de datos para evaluar el contenido de agua en el circuito. La temperatura de impulsión es de 80 °C. La presión de la caldera o presión de tarado es de 3 bar. Calcular el vaso de expansión con diafragma. Suponemos un contenido de agua en el circuito de 15 litros por 1 000 Kcal/h .

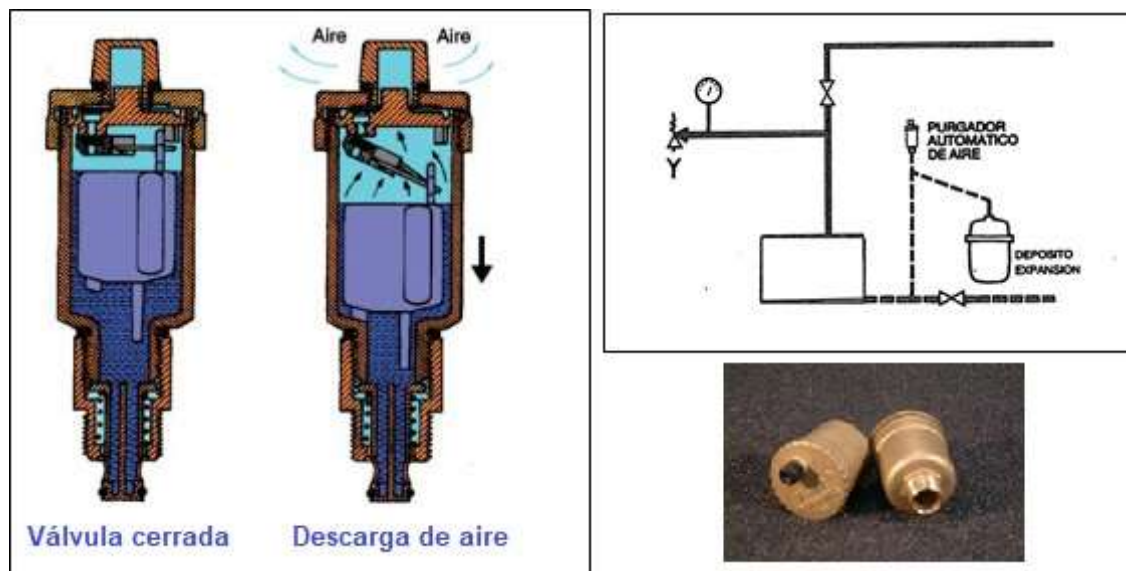
Mostrar retroalimentación

Solución: $V_v \approx 58$ litros $\rightarrow$ Tomaríamos un vaso de expansión comercial inmediatamente superior (60 litros - 80 litros)

3.4.- Purgadores y separadores de aire.

Como sabes, el aire es soluble en agua, un ejemplo son los peces, que absorben el oxígeno del agua mediante las branquias. La cantidad de aire que puede contener el agua, según la **Ley de Henry**, depende de la temperatura y de la presión. Cuanto mayor es la temperatura menos aire se disuelve en el agua. Por ello, cuando se llena una instalación y se purga en frío, después de calentarse a régimen hay que volver a purgar, porque aparece aire. **A menor presión** menos aire se disuelve en el agua y **menor corrosión, menos bolsas de aire y mayor rendimiento** de la instalación.

Si en tu casa dispones de radiadores sabrás que es importante purgar el aire de las instalaciones. La acumulación del aire en los radiadores situados en la parte alta de la instalación impide la circulación del agua inutilizando esos radiadores. Pero también tienen puede ocurrir que la acumulación del aire en la parte de las calderas provoca una lectura falsa del termostato con el consiguiente fallo a la hora de conectar y desconectar la misma.



Purgadores automáticos

Así con el objeto de eliminar el aire del circuito de agua en la calefacción, las instalaciones deben incorporar un sistema de purga de aire. Este puede ser un **purgador automático** de boya, que consiste en un flotador en el interior de una cubeta. Dentro contiene una válvula de aguja que comunica con el circuito de purga. Cuando en la instalación no existe aire la boya sube y cierra la palanca de salida. Cuando el aire se va acumulando en el purgador, la boya baja abriendo la salida del aire. Estos separadores se deben colocar en todas las partes altas de la instalación. En el caso de purgadores automáticos en las partes altas de las viviendas unifamiliares (áticos o desvanes que no son muy frecuentados), hay que asegurarse que se ponen purgadores de alta calidad. En caso contrario puede haber fugas y humedades acumulativas.

Otros elementos que sirven para eliminar el aire de la instalación son los **separadores de aire** que permiten la eliminación de micro burbujas de aire que existen en la instalación. Existen diferentes modelos en el mercado. Uno de ellos consiste en un equipo de mayor diámetro que la tubería, provisto de unas lamias por las que se obliga a circular el agua. Estas lamias hacen que el flujo de agua se lamine al pasar por ellas, favoreciendo la separación o desprendimiento del agua que circula por ella. A través de un purgador

automático instalado en su parte superior se expulsa el aire. En la siguiente imagen puedes ver como funciona este elemento.



Separadores de aire

Otros consiguen la eliminación del aire existente en la instalación gracias a la aplicación del principio de la fuerza centrífuga que se genera en su interior impulsando el agua hacia las paredes del recipiente permitiendo que el aire, al ser más ligero permanezca en el centro y ascienda hacia la parte superior donde es expulsado a través del purgador. Estos tipos de separadores deben instalarse a la salida de la caldera pues es donde tenemos más temperatura.

En las instalaciones individuales se utilizan purgadores instalados en los propios radiadores. Dichos purgadores pueden ser manuales o automáticos. Los primeros necesitan una llave que permite abrir la válvula hasta que sale todo el aire, y cerrándola cuando comience a salir el agua.

En muchas instalaciones son necesarios ambos elementos (purgadores y desaireadores). Cumplen funciones diferentes. Los purgadores nos ayudan a eliminar el aire de las bolsas que se crean al poner en marcha la instalación, mientras que los desaireadores eliminan las microburbujas que se van creando durante su funcionamiento (la eliminación de aire es continua). En las instalaciones de aerotermia y suelo radiante son necesarios ambos, aunque en una instalación convencional, con una caldera mural, podamos prescindir del desaireador.

3.5.- Sondas y termostatos.

Termostatos

Un **termostato** es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura. Los termostatos se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios:

Según su función.

- ✓ Termostatos de control: cuando manda sobre los órganos de control de una instalación.
- ✓ Termostatos de seguridad: cuando han de jugar un papel que asegure la seguridad de sus instalaciones.

Según el medio que controlan.

- ✓ De inmersión. Cuando están dentro de un recipiente en contacto con un fluido. Por ejemplo, un termostato cuyo sensor está en el interior de un depósito de agua.
- ✓ De contacto. Cuando la temperatura la capta por conducción. Por ejemplo, el termostato que está sujeto con una abrazadera a la tubería de impulsión de una caldera.
- ✓ De ambiente. Se activa cuando la temperatura del aire que le rodea alcanza un cierto valor.

Según el tipo de elemento térmico sensible.

- ✓ Termostato bimetal: están formados por dos láminas de metales diferentes, con distintos coeficientes de dilatación. Con lo cual, cuando la temperatura aumenta la bilamina se curvará utilizando este movimiento para accionar el sistema de contactos.
- ✓ Termostato de dilatación de sólido: utilizan el principio de dilatación lineal en función de la temperatura de un tubo metálico, en el interior del cual se halla un vástago no dilatante.
- ✓ Termostato de dilatación de líquidos: incluye un fuelle de dilatación mecánica con o sin capilar y terminados en un bulbo, todo este conjunto se encuentra lleno de un líquido de gran coeficiente de dilatación. La variación del volumen del líquido por efecto de las variaciones de temperatura provocan la deformación del fuelle y esta deformación se aprovechará para accionar el sistema de contactos. Su diferencia suele oscilar sobre los 2 °C.
- ✓ Termostato de tensión de vapor: Su principio de funcionamiento es similar al de los de tensión de líquidos; es decir, incorporan un fuelle con o sin capilar y bulbo, pero el sistema está lleno de gas a la presión atmosférica normal.
- ✓ Termostatos con regulación electrónica: en estos termostatos los detectores están constituidos por un elemento sensible, cuya resistencia eléctrica varía con la temperatura.

Según el tipo de señal.

- ✓ Analógico
- ✓ Digital

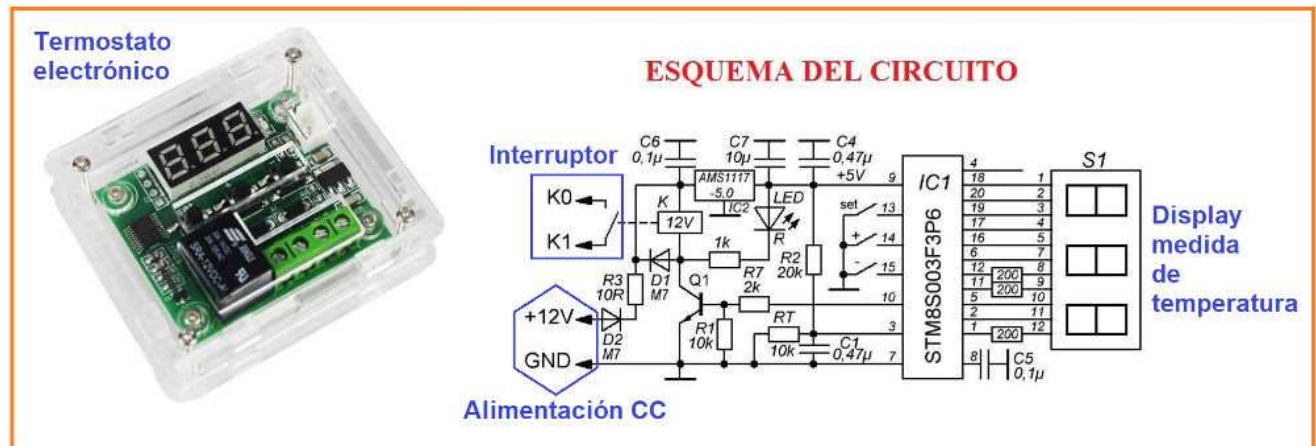
Según el sistema de transmisión de la señal

- ✓ Cableado

- ✓ Inalámbrico.

Según el grado de control final

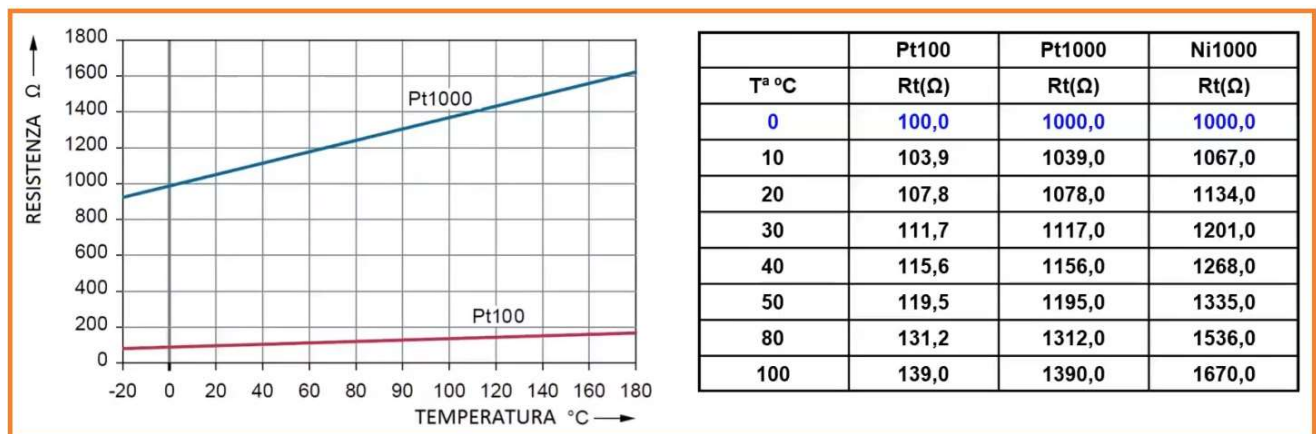
- ✓ Acción todo-nada. Un interruptor se abre o se cierra al alcanzar cierta temperatura. Son los termostatos más usuales, aunque están los sistemas de acción flotante, proporcional, integral,... pero en estos casos más que termostatos son sistemas de control.



Termostato electrónico

Sondas de temperatura

La principal función de una **sonda o sensor**, es detectar variaciones de temperatura y transformarlas en señales eléctricas que afectan a otros componentes del sistema. Para ello se utilizan termorresistencias, resistencias NTC (coeficiente negativo de temperatura), PTC (Coeficiente positivo de temperatura),... que no son otra cosa que elementos electrónicos pasivos que, cuando varía la temperatura, también lo hace su resistencia interna. Esto lo podemos ver en una sonda Pt100 (muy utilizada), cuyas siglas nos indican que es de platino y que a 0° C tiene 100 Ohmios y conforme aumenta la temperatura también lo hace su resistencia.



3.6.- Intercambiadores de calor.

La función de un intercambiador de calor es de trasladar el calor de un circuito primario a otro secundario, realizando un intercambio térmico, pero manteniendo un aislamiento físico de los fluidos de ambos circuitos. Por ejemplo, la energía del primario, originada por una caldera, unos paneles solares o un pozo de geotermia, se transfiere a un circuito secundario constituido por un sistema de ACS o suelo radiante. Con lo cual, podemos decir que los intercambiadores de calor son aparatos de transferencia térmica entre dos fluidos, el primario y el secundario, **sin que se lleguen a mezclar ambos fluidos**.

El intercambiador consta de dos circuitos independientes con una zona común, que es la superficie de intercambio. La cantidad de calor transferido, de un circuito a otro, depende de las dimensiones de dicha superficie y de su coeficiente de transferencia térmica, aparte de los valores de caudal y temperatura.

Los intercambiadores han de cumplir una serie de requisitos:

- ✓ Compatibles con los fluidos que circulan por ellos.
- ✓ Resistentes a las altas temperaturas de dichos fluidos.
- ✓ Buenas propiedades de transferencia térmica.
- ✓ Bajas pérdidas térmicas.
- ✓ Baja pérdida de carga
- ✓ Solidez mecánica.

Los materiales utilizados en la construcción de los intercambiadores para la producción de ACS principalmente son de cobre y acero inoxidable e incluso en algunos casos de titanio. Fundamentalmente se distinguen dos tipos de intercambiadores:

- ✓ Intercambiadores de haz tubulares.
- ✓ Intercambiadores de placas.

Los **intercambiadores tubulares** consisten en una envolvente en cuyo interior existe un haz tubular. Pueden ser de dos tipos, de varios pasos o de dos pasos en contracorriente. En intercambiador en varios pasos el agua del primario (circuito que conexas con la caldera) circula por el haz de tubos mientras que el agua a calentar (circuito secundario) circula entre el cuerpo de intercambiador y el exterior de los tubos. Una serie de deflectores verticales hacen que mejore el intercambio. En el intercambiador de dos pasos en contracorriente sólo se tiene un deflector en posición longitudinal en vez de transversal. El agua de la caldera circula por el interior del haz, y el agua sanitaria por el exterior del haz. Ambas corrientes siguen sentido contrario, por lo que se dice que trabaja en contracorriente.

En la siguiente animación puedes ver un intercambiador tubular de gran potencia, frecuentemente utilizado en la industria y en grandes instalaciones térmicas. Su funcionamiento es bastante simple y llegan a alcanzar elevados rendimientos.

<https://www.youtube.com/embed/4ZV8MgZ0Yiw?start=10&end=151&showinfo=0&rel=0>

Los intercambiadores de placas, están formados por placas laminares montadas sobre un bastidor. Los flujos de agua fría y caliente, circulan a contracorriente por ambas caras de las placas intercambiando el calor. Como puedes ver en la figura, se forman dos canales de flujo independientes, uno para el fluido caliente y otro para el frío. Las placas pueden ser desmontables o soldadas.



[Sedical](#). Intercambiador de placas (Todos los derechos reservados)

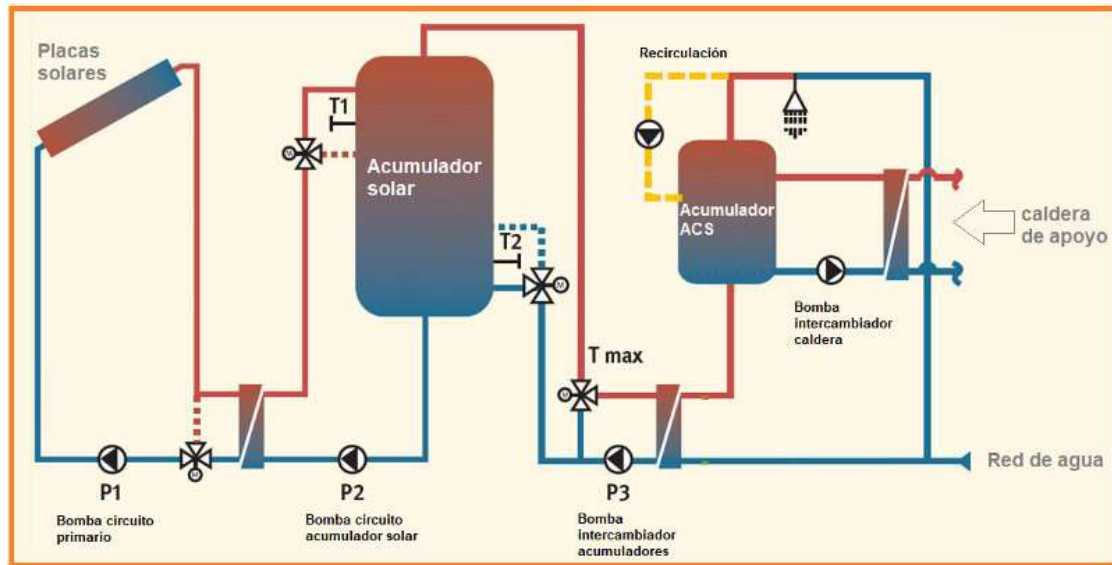
En los **Intercambiadores de placas con juntas desmontables** las placas están estampadas con igual geometría, siendo independientes entre sí, consiguiéndose la estanqueidad mediante juntas. La presión máxima de trabajo para este tipo de intercambiadores es de 10 bar.

En los **intercambiadores de placas soldadas**, las placas están fabricadas en acero inoxidable y están montadas en forma de espina de pescado. Cada una de las placas se gira 180 ° respecto a la anterior formando un enrejado de puntos de contacto.

Caso práctico

A continuación, vemos el circuito simplificado de una instalación solar térmica. Como podemos apreciar, tenemos tres intercambiadores de placas. El primero separa el circuito primario (el de la producción de calor a través de los colectores solares) del circuito secundario (el acumulador que almacena el agua caliente obtenida). El segundo intercambiador, transfiere el calor

almacenado en el acumulador solar al sistema de ACS, ya que es un sistema abierto y, lógicamente, no podemos utilizar el agua caliente almacenada en el depósito solar, ya que es un circuito cerrado. El tercer intercambiador permite transferir el calor del sistema de respaldo constituido por una caldera, cuando la energía solar térmica no es suficiente.



Instalación solar térmica para ACS

3.7.- Acumuladores e interacumuladores.

Los sistemas por acumulación de ACS. se caracterizan porque con independencia de que exista o no consumo, tenemos un cierto volumen acumulado de agua caliente preparada ya para ser consumida. Esa acumulación puede hacerse mediante **Acumuladores** o **Interacumuladores**

Interacumuladores

Los interacumuladores tienen integrado el sistema de calentamiento en el depósito de acumulación. Hay dos tipos de interacumuladores, de doble pared y de serpentín. Los **interacumuladores de doble pared** constan de dos recipientes, uno de ellos introducido en el otro no existiendo conexión hidráulica entre ellos, por ello a este tipo de interacumuladores, se le conoce como "Tank in Tank". En el depósito interior se almacena el ACS. (circuito secundario); mientras que el agua de la caldera (circuito primario) circula por el espacio existente entre ambos depósitos; son interacumuladores de calentamiento exterior. Pueden tener también un serpentín.

Los **interacumuladores de doble serpentín** tienen un único recipiente en cuyo interior va instalado el serpentín (intercambiador). El agua caliente sanitaria está almacenada en el interior del recipiente, mientras que por el serpentín circula el agua del circuito primario.

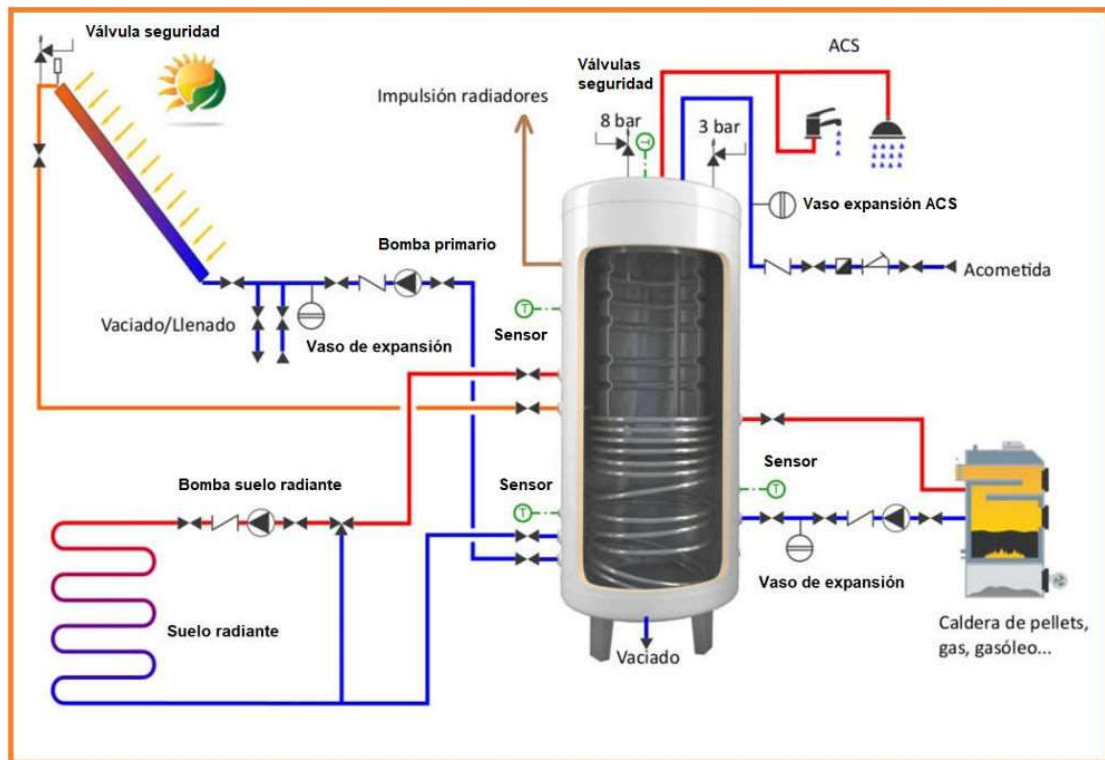
Acumuladores

El **acumulador**, a diferencia del interacumulador, sirve únicamente para contener el ACS. **El calentamiento es externo, mediante un intercambiador de placas.** Para grandes acumulaciones merece la pena utilizarlos, a pesar de tener que instalar una bomba suplementaria que mueva el agua entre el acumulador y el intercambiador. Los acumuladores están vacíos, sin serpentines interiores, lo que facilita su limpieza, mantenimiento y protección. Para evitar las pérdidas de calor los acumuladores deberán estar aislados térmicamente. Los depósitos acumuladores deben estar dotados de una boca auxiliar para su limpieza, dicha entrada situada en uno de los laterales del depósito y cerca del suelo permitirá acceder fácilmente al interior del depósito, por lo tanto ha de estar completamente libre de tubos para poder abrirla con comodidad. En la parte inferior de los acumuladores debe instalarse una **válvula de purga y limpieza** de apertura rápida suficientemente dimensionada.

Caso práctico

En el siguiente circuito, podemos ver una instalación en la que se ha empleado un interacumulador de doble depósito, con serpentín. Aquí se ve un equipo concreto que transfiere el calor generado en la instalación solar a un depósito interior para aprovechar el calor para ACS. En este caso, el depósito interacumulador, además dispone de una caldera de respaldo, ya que los días en los que no hay sol o por las noches, puede ser necesario un aporte energético exterior. El calor de la caldera, a través del serpentín, calienta el agua del depósito. La instalación de calefacción es de suelo radiante y también tiene una salida para radiadores. Observa que hay vasos de

expansión en cada uno de los circuitos (solar, ACS y caldera). Observa también, que tiene sensores de temperatura en la parte alta y baja del depósito para conseguir una mejor regulación.



[Coballes](#). Circuito energía solar con acumulación (Todos los derechos reservados)

Ejercicio Resuelto

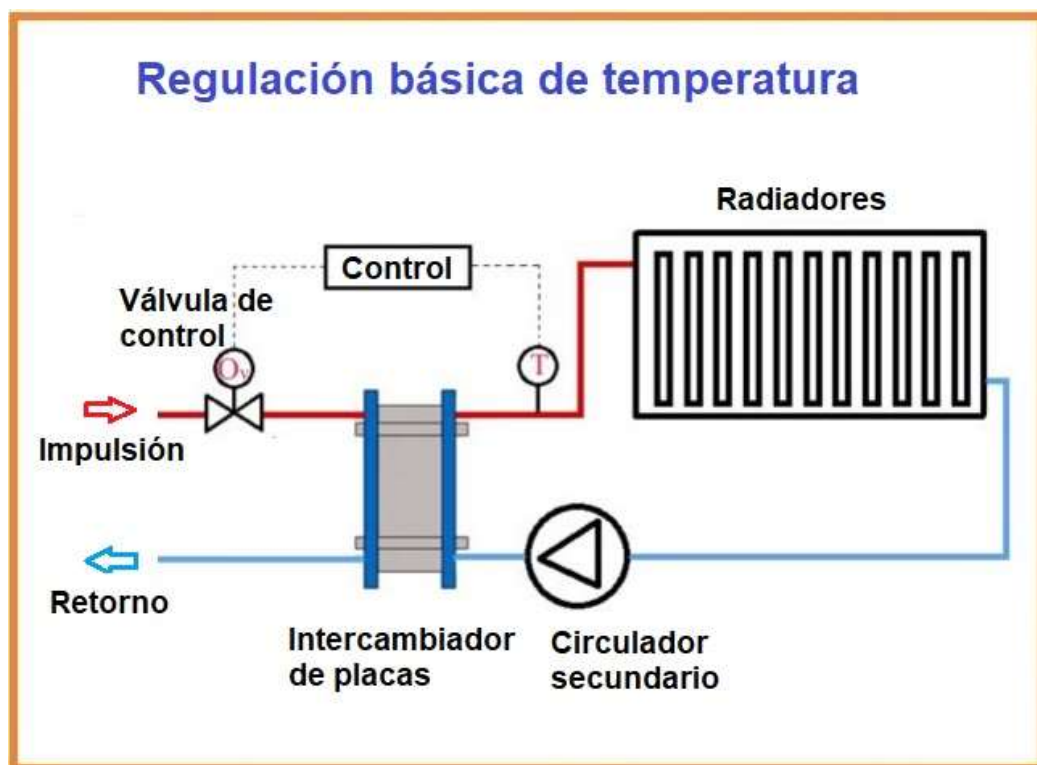
1.- Si en el circuito hidráulico del caso práctico anterior, el depósito interacumulador es el modelo DS20-740, de la marca Coballes, [descárgate el catálogo del fabricante](#) y contesta a las preguntas siguientes.

- 1) ¿Qué diferencia hay entre el modelo D20 y el DS20?
- 2) ¿Qué capacidad total, en litros, tiene el interacumulador del circuito? ¿Y su capacidad en ACS?
- 3) ¿Cuánto pesa el depósito y cuál es la presión máxima de trabajo del circuito primario del interacumulador?
- 4) ¿Qué pérdida de carga se produce en el serpentín si el caudal de agua que circula por él, a 50°C, es de 3 m³/h?
- 5) Explica en qué consiste la opción de un kit eléctrico

- 1.- El modelo DS20 incorpora serpentín interior
- 2.- Capacidad total: 740 litros y capacidad ACS: 200 litros
- 3.- Peso vacío: 177 kg y Presión máxima del circuito primario: 4 bar
- 4.- Pérdida de carga: 2,40 mca
- 5.- Posibilidad de montaje de kit eléctrico como apoyo o para garantizar la producción de ACS como fuente de calor principal.

3.8.- Sistemas de control

El control de las instalaciones es fundamental para conseguir una mayor **eficiencia energética**. Toda instalación de calefacción ha de incluir un sistema de regulación automática de temperatura o caudal que, de una forma más o menos eficaz, sirva para evitar el derroche de energía que tiene lugar cuando no hay control sobre la temperatura y la pérdida de carga y, en consecuencia, la emisión de calor no se ajusta con las necesidades reales de energía calorífica. En una instalación individual es obligatorio disponer de un termostato en un lugar representativo de la vivienda que controle el encendido de la caldera. Es el sistema más simple de control. Si añadimos, por ejemplo, una regulación proporcional del caudal de agua para garantizar una determinada temperatura o una determinada cantidad de calor, estamos ante un sistema regulado, como el que vemos en el siguiente circuito.



Sistema básico de control

Sin embargo, en un bloque de viviendas, o en un edificio industrial o de oficinas, el control es más complejo, y debe hacerse mediante una centralita. Las pérdidas de calor de un edificio están generadas tanto por las pérdidas de transmisión como las pérdidas de ventilación, que es lo mismo que decir que dependen:

- ✓ De la construcción del edificio
- ✓ Del volumen de aire de infiltración
- ✓ La temperatura exterior
- ✓ De la temperatura ambiente deseada, que según reglamento estará comprendida entre 20 °C – 23 °C

Si el proceso de cálculo ha sido correcto se obtendrá una temperatura ambiente de 20 °C, en las condiciones de proyecto, es decir para una temperatura mínima definida por el

percentil, tal como vimos en el cálculo de cargas térmicas. En ese momento la instalación estará funcionando impulsando el agua a la temperatura máxima prevista en el proyecto y con el salto térmico previsto. Pero esas condiciones de proyecto no se cumplen la mayor parte del tiempo, ya que normalmente la temperatura exterior es más elevada que la más desfavorable.

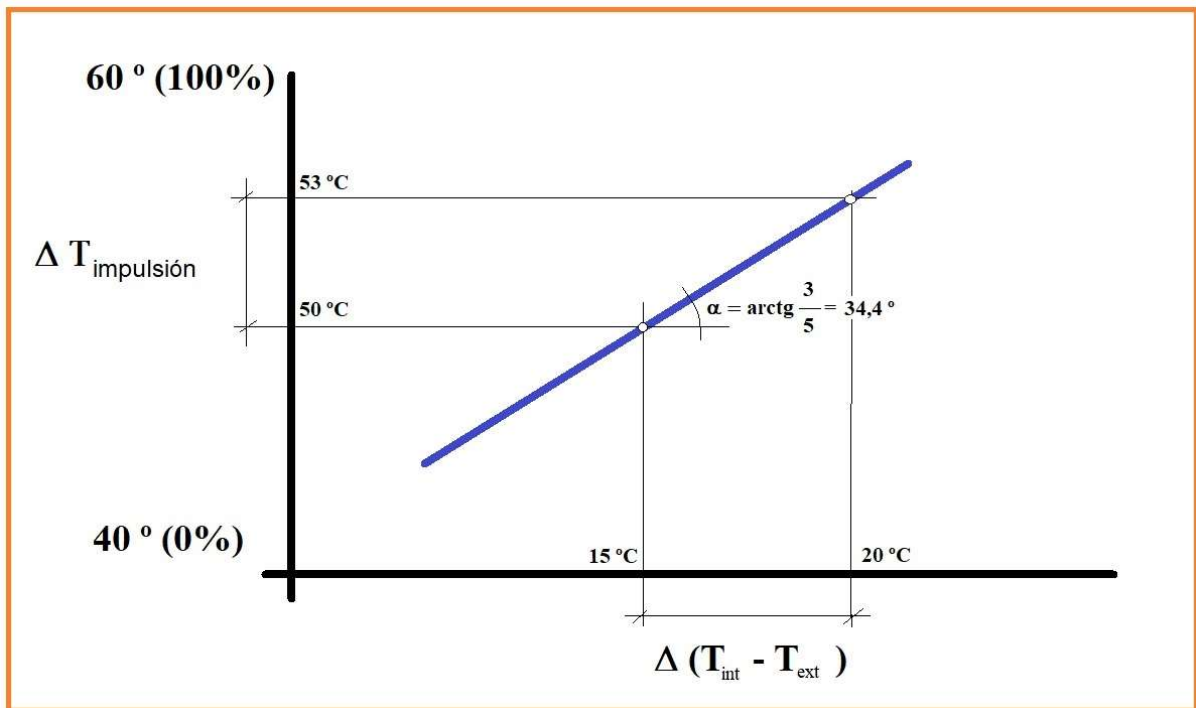
Las **centralitas de regulación** son capaces de captar las variaciones de la temperatura exterior y regular la temperatura de impulsión de agua en función de ella. Los elementos fundamentales que componen un sistema regulado por una centralita de regulación son:

1. Centralita de regulación.
2. Sonda de ida (temperatura de impulsión).
3. Sonda exterior (temperatura ambiente exterior).
4. Válvula mezcladora.
5. Termostato ambiente (temperatura interior deseada).

La centralita de regulación recibe continuamente, por medio de la sonda exterior, los datos referidos a la evolución de la temperatura exterior y, por medio de la sonda de ida, los que corresponden a la temperatura del agua de impulsión a los emisores. Cuando empieza a bajar la temperatura exterior pierde más calor el edificio y hace falta que los radiadores emitan más calor y entonces hay que aumentar la temperatura de impulsión (o el caudal, o ambos). Para ello la centralita abre más la vía que comunica con los radiadores y cierra la vía que comunica con el retorno de la caldera. Y cuando empieza a aumentar la temperatura exterior, ocurre al revés.

Si se representa en un eje de coordenadas la temperatura exterior y la temperatura de impulsión hacia los radiadores, la relación entre ambas es una recta inclinada. Se llama **pendiente de la recta de regulación** a la relación entre incremento de la temperatura de ida y la diferencia entre temperatura ambiente y la temperatura exterior.

$$\text{Pendiente} = \frac{\Delta T_{\text{impulsión}}}{\Delta(T_{\text{interior}} - T_{\text{exterior}})}$$



Recta de regulación

La colocación de la sonda también es muy importante, cuando solamente exista una regulación para todo el edificio, ésta debe satisfacer las zonas más frías; por tanto, la sonda debe situarse sobre la fachada más fría del edificio, norte o nordeste, no viéndose afectada por el calor de la chimenea, ventanas o cualquier efecto ajeno a la climatología. Para que la regulación sea más eficaz, se puede fraccionar la instalación en varias zonas y regular cada zona según una regulación independiente, situando en la fachada correspondiente la sonda de temperatura exterior.

En instalaciones colectivas, donde la producción de calor está centralizada, es conveniente, que en cada vivienda exista la posibilidad de regular la calefacción, es decir, que en cada vivienda se pueda decidir si se quiere o no se quiere calefacción y a que temperatura se desea tener la vivienda, independientemente de que la producción de calor esté centralizada. Para ello se utilizan las válvulas de zona de dos y tres vías que, accionadas mediante un termostato ambiente colocado en la vivienda, permite tener o no tener calefacción y pagar dependiendo del uso que se de a la misma al colocar un contador de calorías o un contador horario.

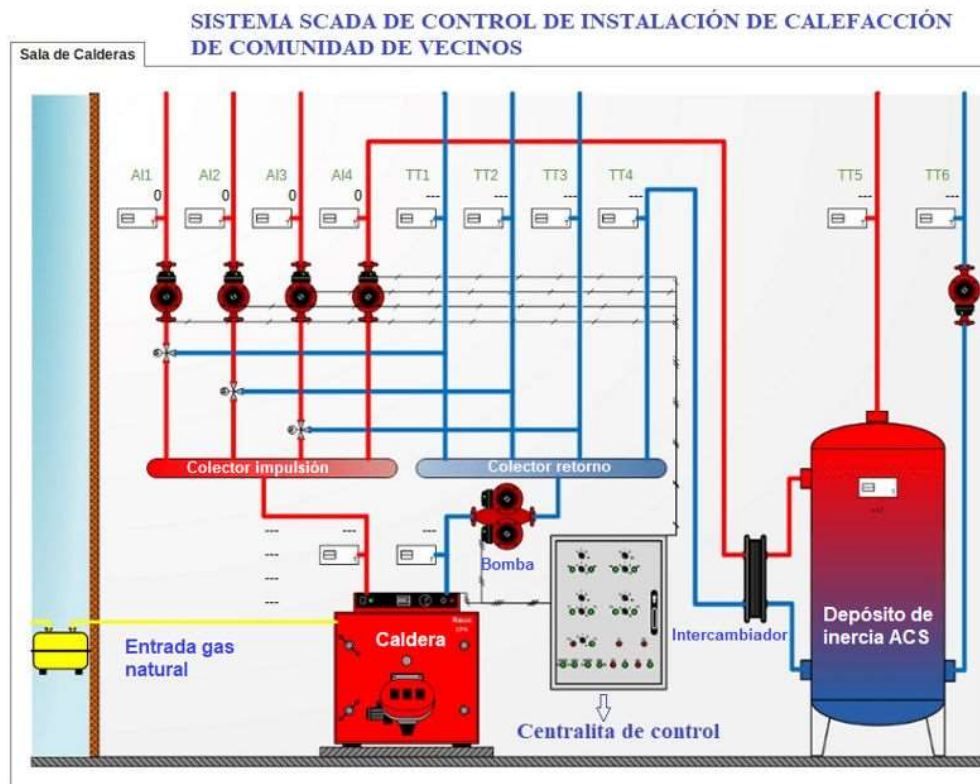
En los últimos años, además, se están imponiendo los sistemas SCADA de monitorización y control de instalaciones térmicas. Un paso más allá es el que se está produciendo en la actualidad hacia los sistemas 5G que permiten la interconectividad de máquinas y sistemas:

Internet de las cosas.

Debes conocer

Sistema de calefacción centralizado

En el siguiente circuito puedes ver un sistema de calefacción centralizado, controlado mediante un programa SCADA. Una imagen sinóptica simplificada facilita la visualización y el control de la instalación. La centralita de control está ubicada en la sala de calderas y, mediante los permisos de red correspondientes, puede telecontrolarse.



Control manual y control automático

El control y la regulación de un sistema de calefacción no es muy diferente de los sistemas empleados en otros ámbitos. La particularidad es que el control se ejerce, normalmente, sobre parámetros de los dos fluidos más utilizados: el aire y el agua. Por ello, en los equipos de control, es necesario actuar sobre diversos tipos de válvulas. Los diferentes tipos de válvulas ya han ido apareciendo a lo largo del curso.

En cuanto a los sistemas de control, podemos diferenciar dos grandes tipos de control: **manual y automático**. En el **control manual**, la persona observa el comportamiento de una máquina o sistema y actúa sobre distintos dispositivos de accionamiento o regulación manual, hasta que los resultados coinciden con lo deseado. En un **sistema automático de control**, por el contrario, la decisión de las

correcciones a realizar en una máquina o instalación, las determina el sistema de control automático. Por ejemplo, un sistema manual de regulación de la temperatura cuando nos duchamos, nos obliga a abrir y cerrar sucesivamente los grifos del agua caliente y fría hasta que encontramos el caudal y temperatura adecuadas. Sin embargo, un grifo termostático, nos automatiza la operación de encontrar la temperatura deseada sin más que abrir el grifo para obtener el caudal deseado y el control mecánico (con una simple válvula termostática) se encarga de graduar la cantidad de agua caliente y fría necesaria, una vez fijado el caudal deseado. El valor de la variable de referencia, en el ejemplo anterior la temperatura, se denomina **set point o consigna**.

El anterior sistema es de tipo mecánico, pero en la mayoría de casos se utilizan otros sistemas de control más eficaces. Si los clasificamos en función de la energía empleada, estos pueden ser de tipo:

Hidráulico. Cuando el control se realiza mediante un fluido líquido (usualmente aceite) y los elementos de control y de actuación correspondientes.

Neumático. Cuando el control se realiza mediante aire y los elementos de control y de actuación correspondientes.

Eléctrico o electrónico. En este caso, el fluido de control es la energía eléctrica

Realmente, en muchos casos se utilizan **sistemas híbridos** (integrados por dos o más de los anteriores tipos). Por ejemplo, si lo que se desea es un control y regulación de alta automatización y registro de datos, la única alternativa será recurrir a circuitos electrónicos y eléctricos de control. Pero si, además de lo anterior, se necesita una elevada presión de actuación (por ejemplo en una prensa), la etapa final del sistema, conocida como actuador, será de tipo hidráulico.

Si nos centramos en los sistemas automáticos, estos pueden ser de diferentes tipos, aunque no vamos a extendernos en su clasificación y sí indicar que pueden ser todo-nada o con regulación, diferenciando, en esencia, tres partes:

Sensores: Son los elementos que van a detectar la variable termodinámica (presión, temperatura, caudal,...), tanto a la entrada del sistema como a la salida. Cada sensor o sonda, traduce estas variables en una señal eléctrica que es proporcional al valor de las variables.

Controladores: Las señales que se reciben, procedentes de un sensor, de un interruptor o de cualquier dispositivo de entrada, se introducen en un circuito de control que se encargará de compararlas con el valor predeterminado o programado, realizando las correcciones necesarias para que las salidas, que van a los actuadores, ajusten los valores necesarios. Actualmente, los nuevos sistemas permiten el registro y monitorización de datos, el empleo de conexiones wifi o la programación mediante dispositivos móviles.

Actuadores: En sistemas de fluidos, los actuadores suelen ser las válvulas motorizadas, los contactores, cilindros neumáticos,.... o

En el circuito siguiente podemos ver un automatismo simple que controla el nivel de un depósito de agua. El sensor Low, que deja de estar en contacto con Vcc cuando el depósito está casi vacío (cualquier tipo de agua, que no sea destilada-pura, no es conductora), envía una señal al chip IC 555, el cual manda corriente al relé, que cierra el contacto abierto y hace funcionar la bomba de llenado del depósito. Esta bomba no se para hasta que no están en contacto las sondas Low, Up y Vcc. Cosa que ocurre cuando el depósito está lleno.



En el siguiente gráfico vemos un sistema automático de hace más de cien años, que regulaba automáticamente la velocidad de una máquina de vapor. Cuando el vapor salía con mayor velocidad presión de la caldera y se había prefijado una velocidad, el dispositivo formado por las dos esferas giratorias, debido a su inercia, hacía subir el mecanismo que, a su vez, cerraba la válvula de salida de vapor y, por tanto, disminuía la velocidad de la máquina hasta la velocidad predeterminada.

[Wilgengebroed](#) on Flickr. *Internet de las cosas* (CC BY-SA)

El nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), de previsible aprobación en 2020, establece un conjunto de requisitos de automatización de instalaciones que puedes ver en el siguiente borrador de texto y de próxima vigencia.

Sistemas de automatización y control de instalaciones según el RITE

3.9.- Contabilización de consumos.

En los edificios dotados de calefacción central es obligatorio proceder al reparto de los costes de la misma de acuerdo a los consumos reales de cada usuario. De esta forma se consigue que cada copropietario de la comunidad pague realmente de acuerdo a su consumo. Si has vivido en un edificio antiguo con calefacción central sabrás que el gran tema de controversia entre los copropietarios era el horario de encendido de la calefacción. Por un lado están los inquilinos que pasan la mayor parte del tiempo fuera de casa a los que no les interesa que se encienda durante todo el día y por otro los que están la mayor parte del día en casa que se quejan de frío durante las horas de apagado.

El RITE ha corregido esta disfunción de la calefacción central, que la había hecho impopular, a pesar de los grandes ahorros de energía que se pueden conseguir con una generación centralizada de calor. En un de sus Instrucciones Técnicas plantea la necesidad de la contabilización individual de consumos y, en el borrador del nuevo RITE, pendiente de aprobación, entra muy de lleno en este tema y regula diferentes aspectos del mismo. Puedes ver la Recomendación siguiente y acceder al borrador del nuevo RITE (de previsible vigencia en 2021).

Recomendación

El borrador del RITE plantea en la contabilización de consumos algunas ideas que puedes ver a continuación.

Contabilización de consumos según el RITE

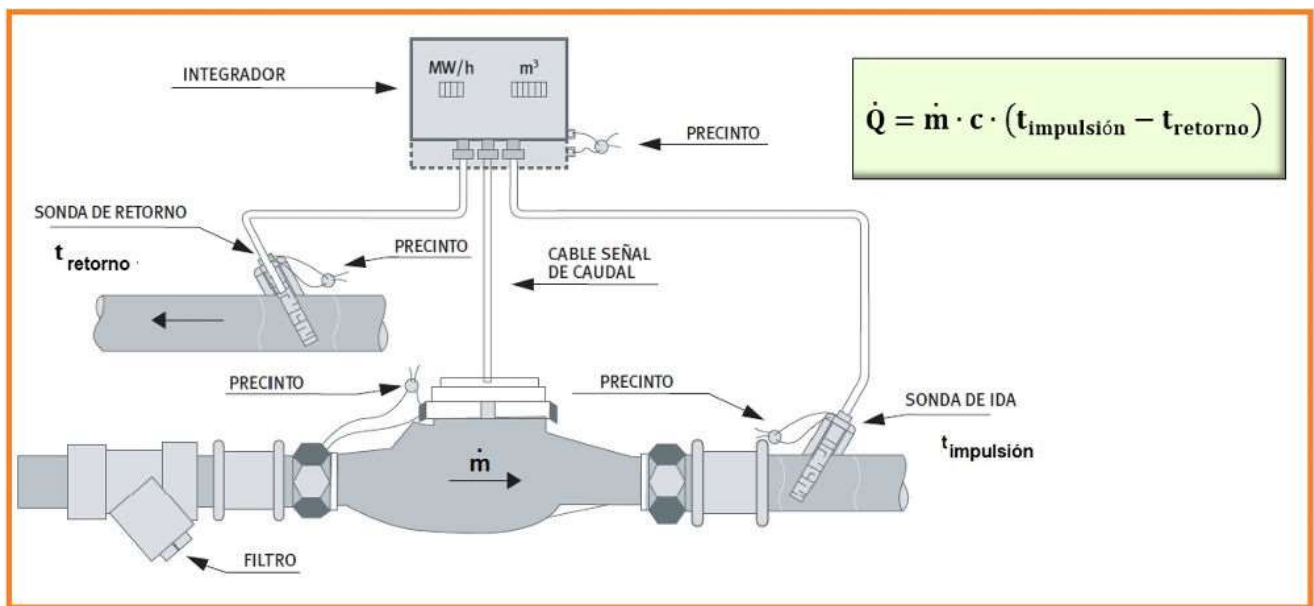
Contadores de energía térmica. Calorímetros

Actualmente existen en el mercado existen varios sistemas de medición del consumo de calor que permiten individualizar el gasto energético de acuerdo al consumo individual de cada usuario. Los calorímetros son aparatos cuya función consiste en la medición de la cantidad de calor absorbida o cedida por un sistema. A veces se conocen popularmente con el nombre de “contadores de calorías”. Básicamente se componen de los siguientes elementos:

- ✓ Un sistema de medición del caudal del fluido caloportador similar al de un contador de agua (tipo volumétrico o de turbina) de un material resistente a la temperatura. Junto a dicho medidor se incorpora un transductor de impulsos que transforma la medida de caudal en una señal analógica o digital preparada para ser procesada.
- ✓ Dos sondas de temperatura (por ejemplo tipos Pt-100, Pt- 500), preparadas para ser colocadas en los circuitos de ida y de retorno para la medición de las respectivas temperaturas.

- ✔ Una pequeña central electrónica que recibe las señales procedentes del medidor de caudal y de las sondas termométricas y a partir de las mismas procede al cálculo de la potencia térmica cedida al sistema y a través de la integración de la misma calcula la energía térmica o calor consumido durante un cierto período de tiempo (por ejemplo, durante un mes o toda la temporada de calefacción). La central electrónica puede estar adosada al medidor o bien situarse separada del mismo, en una sala centralizada de contadores para todo el bloque de viviendas, de forma similar a los contadores de electricidad.

El siguiente esquema muestra la disposición del contador, junto con la ecuación que nos da la potencia térmica. Esta potencia instantánea multiplicada por el tiempo, nos da la energía. Esta operación la realiza el contador mediante el denominado integrador, que no es otra cosa que la suma de todas las potencias instantáneas por el tiempo. Los intervalos de tiempo son de microsegundos, o milisegundos, dando resultados de bastante precisión.



[IDAE](#). Contadores de energía térmica (Dominio público)

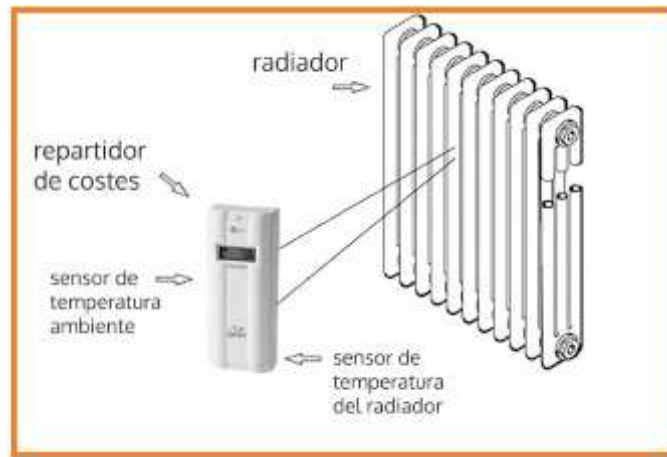
En las instalaciones de energía solar hay que prestar atención a la elección del caudalímetro, debiendo soportar éstos una temperatura de, al menos, 120 °C. Se deberán instalar en el sistema de energía solar los dispositivos que impidan que el líquido caloportador que circule por el caudalímetro supere dicha temperatura.

Repartidores de costes

Además de los contadores de energía térmica, se dispone también de los denominados repartidores de costes, que miden en cada unidad terminal (radiador). Los repartidores de coste de calor miden unidades adimensionales proporcionales al calor emitido por cada radiador en relación al consumo total registrado en todo el edificio y, según estos valores, reparten el coste del consumo en la proporción correspondientes.

Este sistema se emplea cuando las tuberías generales de distribución (montantes) están dispuestas por columnas verticales, que de abajo a arriba, conecta los radiadores del edificio sin existir unión entre los distintos radiadores de la vivienda. La instalación también de válvulas con cabezal termostático, hacen que de forma individual se fije la temperatura deseada en cada habitación. La medición del consumo en este caso, se realiza con

repartidores de costes instalados en cada radiador junto a válvulas termostáticas, midiendo así el consumo de forma individual con el considerable ahorro de costes y energía en las calefacciones comunitarias. Se evalúa el reparto de costes como son el combustible gas o gasóleo, electricidad, costes de mantenimiento de la caldera y se repercuten los costes reales con fórmulas precisas, que hace que el reparto en la factura sea justo y real para todos los propietarios. Se instalan en 5 minutos, permiten lectura vía radio sin necesidad de acceder a las viviendas. Económicos y con una larga vida útil (batería de Li, más de 10 años).

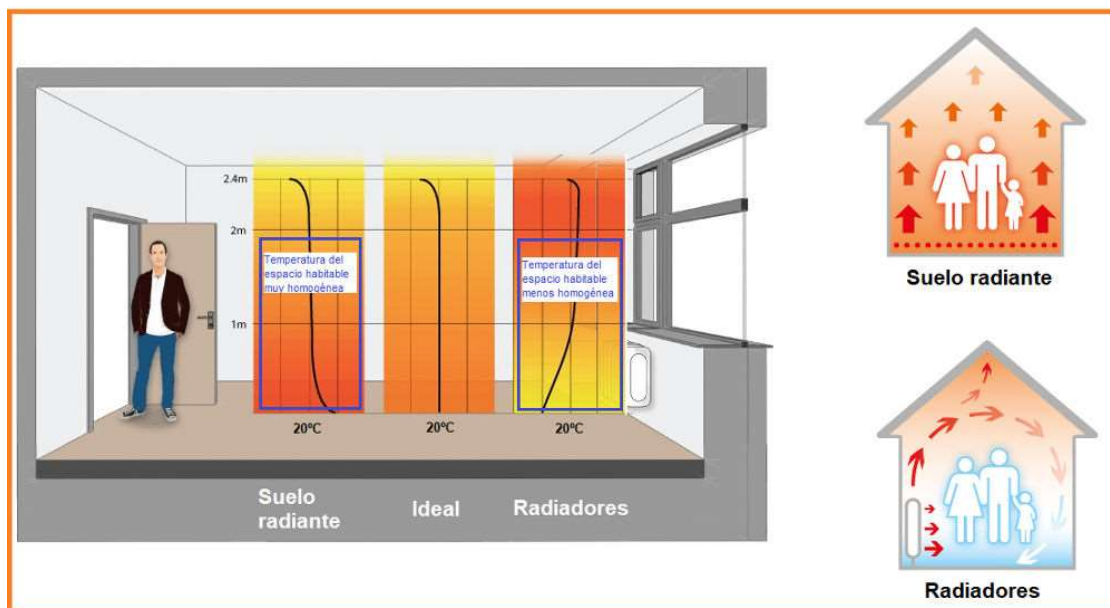


Dispositivo repartidor de costes de calefacción

4.- Emisores de calor.

Caso práctico: confort y tipo de emisores de calor

En nuestro aula-laboratorio del caso práctico hemos planteado como opción la colocación de suelo radiante, tanto con caldera de condensación como con bomba de calor. El **suelo radiante** tiene muchas ventajas y algún inconveniente. Una de las mayores ventajas es el **grado de confort térmico**. Seguro que te acuerdas del grado de disconformidad térmica del que hablábamos en la unidad 2, cuando veíamos lo difícil que es que todas las personas estén conformes con el ambiente térmico. Pues bien, las sistemas de calefacción con suelo radiante son los que suscitan un mayor grado de acuerdo entre usuarios. La explicación es sencilla: la temperatura de la zona habitable es más homogénea y existen menos corrientes de aire debido a la convección. Esto lo podemos ver en la siguiente figura:



Confort térmico y tipo de emisores

Piensa que los radiadores calientan, esencialmente, el aire, mientras que el suelo radiante lo hace sobre las masas. En el primer caso, la transmisión del calor es, sobre todo, por convección, mientras que en el segundo es, básicamente, por conducción. Pero en esta ventaja está también su inconveniente. La inercia térmica del aire es mucho menor que la de las masas (suelo, paredes, muebles, etc.), por eso es importante una buena regulación y programación del suelo radiante.

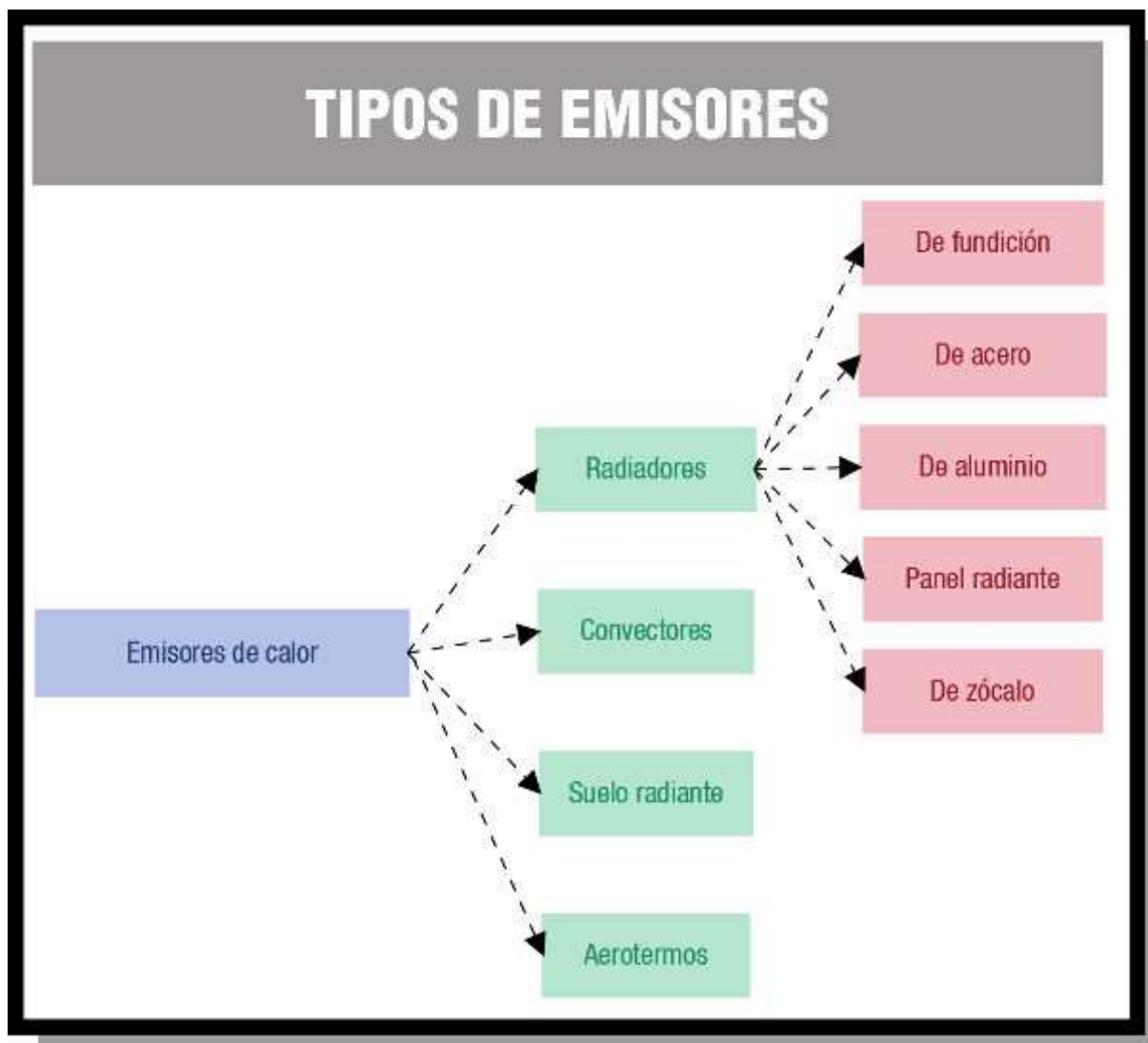
Como sabes, la emisión o transmisión de calor se puede realizar de tres formas diferentes: convección, conducción, y radiación. Los equipos encargados de transmitir el calor

generado al ambiente se conocen como **superficies calientes** o **emisores de calor**. Sus principales características son:

- ✓ La emisión del calor al medio se realiza con facilidad, suavemente y de una manera uniforme.
- ✓ Las temperaturas de operación son relativamente bajas
- ✓ Tienen posibilidad de regulación del calor a nivel local.
- ✓ Su mantenimiento es sencillo y económico.

En el nuevo RITE, de próxima aprobación, se introduce en una de sus Instrucciones Técnicas: *Con objeto de fomentar el uso de generadores térmicos de alta eficiencia y/o renovables, los emisores térmicos se dimensionarán para temperaturas de entrada en calefacción inferiores a 60°C y de entrada en refrigeración superiores a 7°C. A efectos de mejorar la eficiencia energética de las instalaciones, las temperaturas de generación deberán aumentarse en refrigeración y disminuirse en calefacción, cuando las demandas sean inferiores a las de diseño (medidas por demanda o por temperatura exterior).*

Hay diferentes tipos de emisores de calor como puedes ver en el siguiente esquema. Los más habituales son los radiadores, aunque el suelo radiante comienza a tener una presencia cada vez más importante. Los convectores y aerotermos se utilizan para grandes superficies.



4.1.- Radiadores.

Los radiadores son emisores de calor que transmiten el calor al ambiente, principalmente por convección, aunque también una parte se hace por radiación y por conducción. En su funcionamiento, se generan pequeñas corrientes de convección como consecuencia del aire en contacto con la superficie del emisor. Por ello, se fabrican con la mayor superficie en contacto con el aire, de ahí sus formas.

Se componen de **varios elementos** ensamblados mecánicamente o soldados, de bastante altura en relación a su anchura. Cada elemento está formado por una pieza de fundición, chapa de acero o de aluminio, con un colector superior y otro inferior en los que se encuentran las conexiones. Disponen de columnas en número variable (2, 3, 4, 5 ó 6), según el tipo de radiador.

Los radiadores se definen según:

- ✓ **Su material.**

- ✓ **Su superficie total de radiación**, la cual depende de:

- Su forma
- Su altura, longitud y profundidad.
- Sus dimensiones guardan relación con el número de columnas y el de elementos.

- ✓ **Radiador de fundición.**

Se caracteriza por:

- Tener una gran duración ya que presenta una elevada resistencia a la corrosión.
- Tener gran inercia térmica.
- Una buena radiación.

- ✓ **Radiador de acero.**

Se fabrica con chapa de acero estampada, de poco espesor, lo que conlleva a ser mucho más ligero que el de fundición, teniendo por tanto menor masa y una menor inercia térmica, lo que permite una puesta en régimen mucho más rápida. Por el contrario su resistencia a la corrosión es inferior a la fundición y en consecuencia su duración es menor.

- ✓ **Radiador de aluminio.**

Se caracterizan porque:

- Trabajan básicamente por convección.
- Ocupan muy poco espacio.
- Presentan el inconveniente que el aluminio se descompone e ioniza el agua provocando que el hidrógeno y oxígeno del agua se separe y se forme aire.

- ✓ **Paneles radiantes.**

También se conocen como radiadores de panel. Están contruidos por dos chapas soldadas eléctricamente por puntos, que al unirse forman unas columnas por las que circula el agua, resultando así una superficie de calefacción de poco espesor, al que a veces se añade una superficie adicional para aumentar la emisión de calor, en este caso se denomina paneles convectores. Así dentro de este grupo de paneles radiantes o radiadores de panel los podemos encontrar.

- Panel simple: se designan con la letra P.
- Panel simple con convector: se designa por letra Pc.
- Panel doble con convector: se designan por la letra PccP.



[Baxi](#). Tipos de radiadores (Todos los derechos reservados)

De zócalo.

Estos emisores de calor, transmiten el calor al ambiente como consecuencia de la circulación de agua caliente en el interior de tubos aleteados a la altura de los zócalos de los locales a calefactar. También nos podemos encontrar paneles a lo largo del perímetro. Este sistema de calefacción perimétrica tiene el inconveniente que depende de la longitud disponible de los locales que muchas veces es escasa teniendo en cuenta la ubicación de muebles y puertas. Un inconveniente añadido de este tipo de emisores es que al estar muy próximos del suelo, la acumulación de polvo en esta zona es mayor, y éste, es arrastrado como consecuencia de las corrientes de convección. Su principal ventaja reside en la uniformidad de distribución del calor en el ambiente.



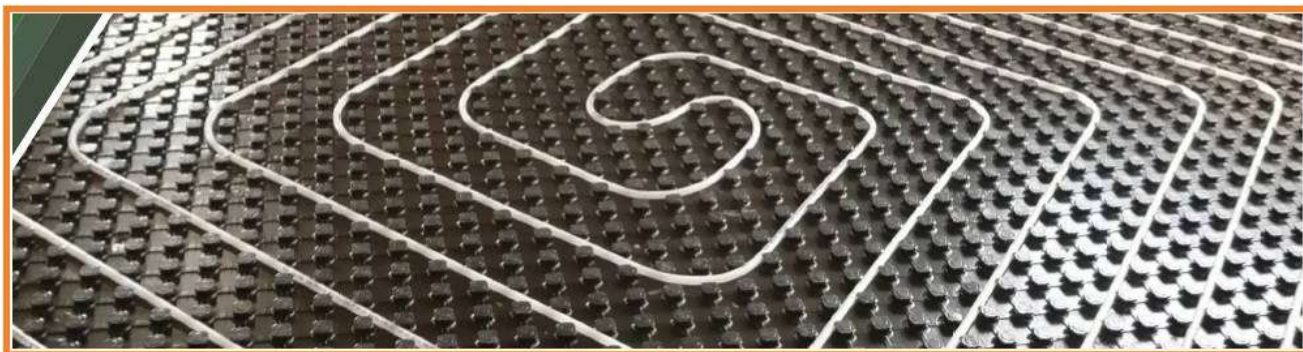
[John Siegenthaler, JLC Journal](#). Zócalo radiante (Todos los derechos reservados)

4.2.- Suelo radiante

El suelo radiante tiene varias ventajas. No hay a la vista ningún aparato, la transmisión de calor se hace a temperatura baja, la distribución de calor es la más adecuada para el confort ambiental, se aprovecha más el espacio. Además, las calderas empleadas son iguales a las de calefacción mediante agua caliente y radiadores, sin embargo la temperatura de impulsión oscila alrededor de los 40 °C para que la temperatura en la superficie del suelo no supere los 29 °C.

Es obligatoria una válvula mezcladora general con el agua del circuito de vuelta para disminuir la temperatura de llegada en el suelo de los locales, en caso de avería de dicha llave existirá un dispositivo de seguridad que impida el paso del agua a excesiva temperatura a los tubos del suelo radiante.

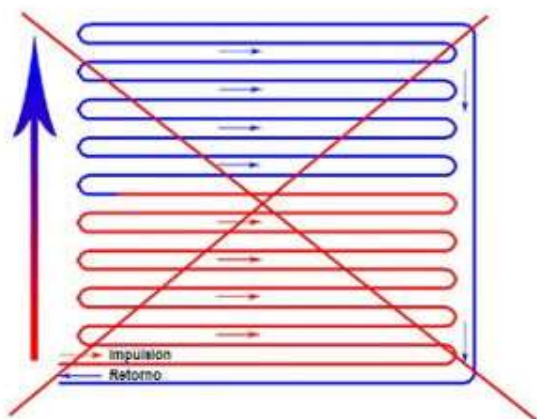
Un sistema de suelo radiante puede construirse de muchas formas distintas. Es importante seguir las indicaciones del fabricante. Cada habitación tiene su propio control, y todos los circuitos deben estar equilibrados para que tengan la misma pérdida de carga. La pérdida de carga del circuito mas largo (nunca mas de 120 m) se utiliza para dimensionar la bomba. La gran pérdida de carga y la baja temperatura diferencial de un sistema de suelo radiante (no más de 6 °C), requiere una bomba mas grande que un sistema tradicional de radiadores para un edificio del mismo tamaño. El caudal será variable, suministrado con una bomba con control automático de velocidad.



Suelo radiante en espiral

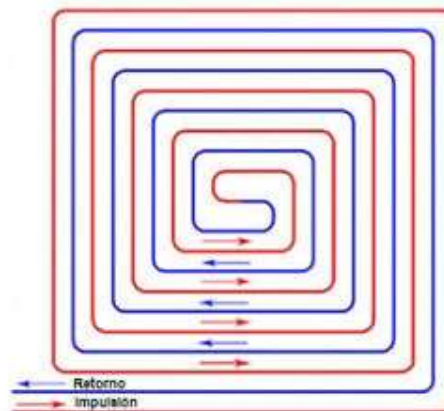
La selección de la forma del circuito, espiral, serpentín, doble serpentil, etc, así como su longitud y caudal, se realizan mediante cálculos que dependen del tipo de tubo empleado, del propio aislamiento del suelo y de la temperatura que se desea en el fluido (normalmente alrededor de 40 ° y en el suelo entre 20°C y 29 °C). Hay programas simples de cálculo, que algunos fabricantes o distribuidores, suministran de forma gratuita y otros programas más especializados que facilitan mucho estos cálculos.

Respecto a la forma del suelo radiante, la figura con la que se consigue una mejor adaptación a las habitaciones irregulares y que, además, consigue una mayor uniformidad térmica, es la espiral.



SERPENTÍN SIMPLE

Diferencias de temperaturas



ESPIRAL

Buena homogeneidad t6rmica

4.3.- Elementos auxiliares para instalaciones.

Los elementos auxiliares que se necesitan para conexionar el radiador a la instalación van a depender del tipo de conexión a la instalación que se tenga, es decir, si es bitubo, monotubo o por colectores.

Instalaciones bitubulares

Para las instalaciones bitubulares se utilizan los siguientes elementos auxiliares.

Válvulas de reglaje. Pueden ser de reglaje simple o de doble reglaje. Las de **reglaje simple** son válvulas manuales de tipo de asiento y están concebidas para controlar manualmente el caudal del agua, que pasa por el radiador. Las de **doble reglaje** permiten que su apertura máxima pueda limitarse mediante una actuación interna, permitiendo así regular la entrada máxima de agua al radiador. Por una parte actúa igual que la de simple reglaje, regulando la entrada de caudal de agua hacia los radiadores, pero tiene la particularidad de disponer de un mecanismo independiente al accionamiento principal que fija la máxima apertura posible que se puede conseguir con el volante exterior. Este mecanismo permite que el instalador haga una regulación para un equilibrado de la instalación. En la siguiente imagen puedes ver una llave de reglaje simple.

Válvulas termostáticas. Van colocadas en los radiadores y han sido concebidas para controlar la temperatura ambiente de la habitación, regulando el caudal de agua en cada radiador. Esta regulación la efectúa automáticamente según la temperatura ambiente del local que se ha elegido. Para realizar esta función las válvulas termostáticas están formadas de los siguientes elementos:

- ✓ Detector de temperatura, que es un fuelle lleno de un aceite o gas sensible a la temperatura que produce el cambio de dimensión del fuelle. Dicha variación del fuelle provoca el movimiento mecánico de eje solidario con el obturador.
- ✓ Un comparador, que normalmente es un muelle que ejerce una presión contraria al detector de temperatura. Si la presión ejercida por el fuelle lleno de aceite es mayor que la ejercida por el comparador o muelle se cierra la válvula impidiendo el paso de agua.
- ✓ Un elemento de consigna, que es elemento de ajuste que fija la tensión del comparador o muelle. Este lleva impreso una numeración y que corresponderá a la temperatura que se desee obtener.
- ✓ Cuerpo de la válvula, que aloja el elemento obturador.

En la siguiente imagen puedes ver una cabeza termóstatica.

El el nuevo RITE se indica: *En los sistemas de calefacción por agua en viviendas se instalará una válvula termostática en cada una de las unidades terminales de los locales principales de las mismas (sala de estar, comedor, dormitorios, etc.), siendo así necesario adaptar la instalación para mantener el caudal mínimo de la bomba.*

Detentor:

Los detentores son válvulas de asiento sin volante, que se instalan a la salida de los radiadores y que en combinación con la válvula de entrada permite aislar el radiador de la

instalación y poder desmontarlo en caso de avería, sin necesidad de vaciar el agua de la instalación. Asimismo puede completarse la regulación primaria realizada en la válvula de entrada. En la siguiente imagen puedes ver un detentor.

Purgador de aire:

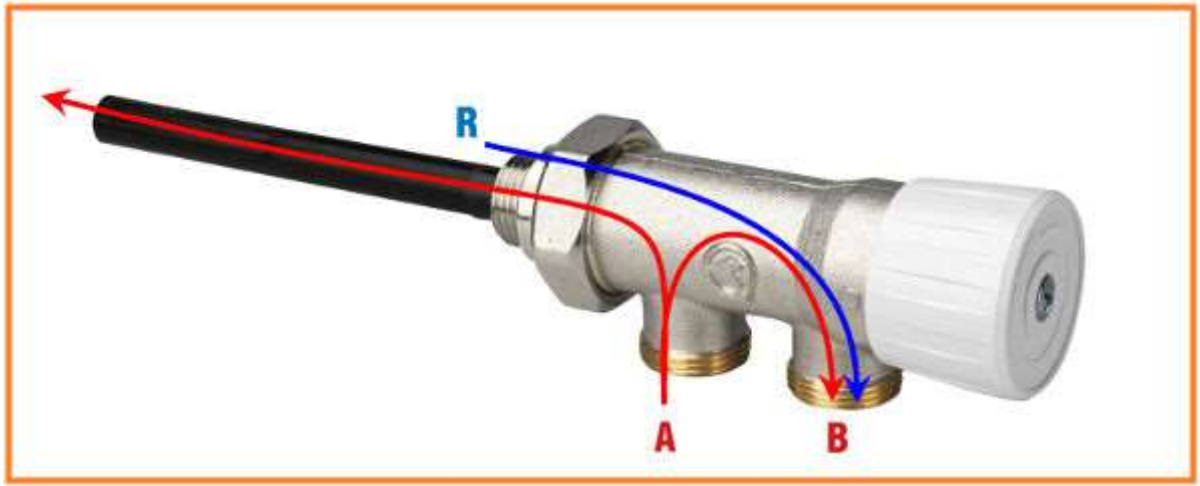
Es conveniente colocar un purgador de aire para eliminar el aire en la instalación; siempre que la tubería tenga una pendiente inferior a 1,5 %; para así mejorar la transmisión de calor, estos pueden ser de accionamiento manual o automáticos. En la siguiente imagen puedes ver un purgador.



[Orkli](#). Accesorios radiadores (Copyright (permiso del autor))

Instalaciones monotubulares

Como has visto con anterioridad en este tipo de instalación se instala un sólo tubo. De esta forma la salida o retorno del agua de un radiador se aprovecha para alimentar al próximo y así sucesivamente. Para llevar a cabo la regulación en una instalación monotubo se utiliza una válvula específica conocida como llave monotubo. El agua entra en la llave por A, a la temperatura de entrada; una parte de esta agua se distribuirá por todo el emisor, mientras que el resto va directamente al retorno B produciéndose una mezcla con el agua de salida del emisor R. El agua del retorno B, que se encuentra a menor temperatura, alimentará el próximo emisor. Es decir el agua entra al radiador a través del perímetro de la llave, retornando por la parte inferior a través del tubo distribuidor, después de haberse repartido uniformemente por todo el radiador. El caudal que entra al emisor se ajusta mediante el tornillo de regulación.



[Orkli](#). válvula de regulación (Todos los derechos reservados)

El sistema monotubo con paneles, dispone de una llave específica para acoplarse a éstos, siendo necesario un distribuidor que provoque que el caudal de ida se desplace hacia arriba recorriendo todo el panel y retorne por la parte inferior. En los paneles dobles, el agua entra por un panel y retorna por el otro, repartiéndose uniformemente. Según cuál sea la regulación de la llave, pasa más o menos agua al panel o al radiador. Este caudal será como máximo 35 % en paneles y 40 % en radiadores aproximadamente.

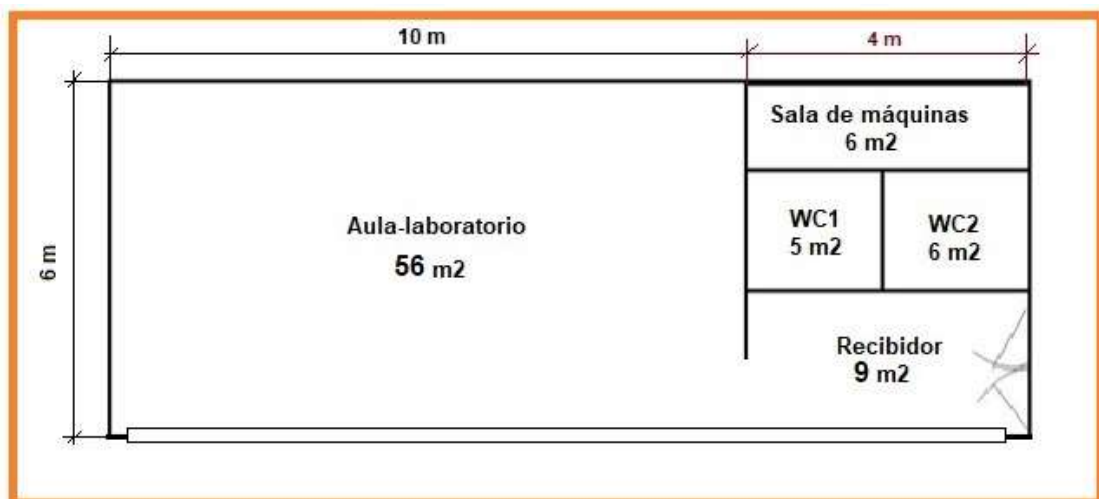
4.3.- Cálculos de Instalaciones.

En la Unidad 3 has calculado las necesidades térmicas de calefacción de una vivienda. Ese es el primer paso a la hora de diseñar una instalación. Lo siguiente que tienes que hacer es calcular el número de elementos a instalar en cada una de las habitaciones y, posteriormente, el calcular el diámetro de las tuberías por las que circulará el agua, tal como viste en la Unidad 4.

Como los conocimientos ya los tienes, de unidades anteriores y de esta misma unidad, vamos a hacerlo con el caso práctico del Aula-laboratorio, que hemos planteado al principio de esta unidad, en el siguiente ejercicio resuelto.

Ejercicio resuelto

Calcula los radiadores y las tuberías necesarias, en plástico multicapa, para la calefacción del aula-laboratorio del plano siguiente. La caldera será de condensación y queremos que funcione a bajas temperaturas, el circuito será bitubular y las cargas térmicas se calcularán con el programa CLIMA, a partir de los datos que aparecen en el caso práctico al principio de esta unidad. Determinar, también, los parámetros para la selección del circulador.



[Mostrar retroalimentación](#)

Cargas térmicas

Las cargas térmicas ya han sido calculadas con anterioridad, pero se consideraba una única zona climática y con suelo radiante para toda ella. En este caso, hay que determinar la carga térmica de los diferentes espacios. Con cierta aproximación, sabiendo que una superficie de 76 m² útiles tienen una carga térmica de 4 650 W,

podemos aplicar la proporción de esta carga en función de la superficie de cada espacio, obteniendo los resultados de la tabla (recuerda que se ha calculado con un recuperador de calor de rendimiento 75%).

Espacio	Superficie (m ²)	Carga térmica (W)
Aula-laboratorio	56	3 426
WC1	5	306
WC2	6	367
Recibidor	9	551
TOTAL	76	4 650

Radiadores

Vamos a optar por una radiadores de aluminio de, alrededor de 70 cm de alto. El modelo Dubal de Baxi podría servirnos y vamos a seleccionarlos de dos maneras diferentes: con el programa WICA y con el catálogo de características y los datos que tenemos en nuestro proyecto.

Resuelto con el programa WICA

Resuelto analíticamente

Cálculo de tuberías