*Desde el mismo momento en que se diseña una caldera de gas de condensación, es importante elegir el material que reúna el mayor número posible de ventajas para la fabricación del intercambiador de calor. Hoy en día, el aluminio-silicio es el material con las características más favorables para responder a los retos de la fabricación de calderas monobloque de mediana y gran potencia.*

# EL ALUMINIO

## EL MATERIAL DEL FUTURO PARA LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LAS CALDERAS DE GAS DE CONDENSACIÓN DE ALTA POTENCIA

El aluminio es un metal cuyo descubrimiento, atribuido al danés Christian Oersted, es relativamente reciente (siglo XIX). En 1827, Friedrich Wöhler (1800-1882) produjo aluminio puro por primera vez reduciendo el clorito de aluminio con potasio.
Tras varias purificaciones sucesivas, el aluminio fue presentado como un nuevo metal en la Exposición Universal de Paris en 1855.

Es el metal que con mayor frecuencia se encuentra en la corteza terrestre, y el que por sus características sigue despertando el interés de los sectores industriales más diversos (embalaje, aeronáutica, automoción, pirotecnia, pinturas antioxidantes).

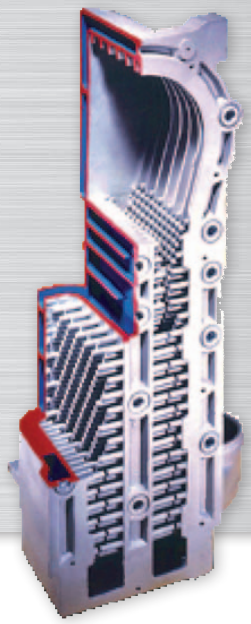
La industria del embalaje aprovecha especialmente su capacidad de dilatación para fabricar láminas de envasado con un grosor de 0,004 mm (laminado), e incluso 0,0004 mm (martillado) para envolver tabletas de chocolate.
La aeronáutica, la industria del automóvil y otras explotan las ventajas de su ligereza (2,702 g/cm3), ya sea en forma pura o como aleación, que permite obtener piezas en torno a tres veces menos pesadas que si estuvieran hechas de acero o de cobre.
Dependiendo del uso que se le vaya a dar y de las características que se busquen, existen aleaciones a base de zinc, cobre, silicio o magnesio.

### >> EL ALUMINIO-SILICIO Y LA CALEFACCIÓN

De entre las aleaciones antes citadas, el aluminio-silicio presenta características especialmente favorables para aplicaciones en el sector de la calefacción.

Estas aleaciones del grupo del AlSi (aluminio-silicio) tienen una composición casi eutéctica que las hace especialmente idóneas para la fundición. Un eutéctico es una mezcla de dos cuerpos puros que se funde y se solidifica a una temperatura constante, a diferencia de lo que ocurre con otras mezclas. Desde el punto de vista de la fusión, esta aleación se comporta de hecho como un cuerpo puro, y su colabilidad es especialmente buena.

Una de las aplicaciones de esta idoneidad para la fundición es la fabricación de cuerpos de caldera con una geometría compleja que aumenta las superficies de intercambio y mejora la circulación del fluido caloportador. El objetivo es favorecer la transferencia de calor en un volumen muy compacto.



## >> EXCELENTE COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD

| MATERIALES | (W.M-1.K-1) VALORES PARA UNA TEMPERATURA DE 20 °C |
|---|---|
| Acero | 46 |
| Acero inoxidable (18% de cromo, 8% de níquel) | 26 |
| Aluminio (99,9% de pureza) | 237 |

El coeficiente de transmisión de calor del aluminio es 5 veces mejor que el del acero y 7 veces mayor que el del acero inoxidable.

El aluminio conduce mucho mejor el calor, y el uso de este material permite reducir de manera importante las superficies de intercambio manteniendo la misma transmisión de potencia al circuito de calefacción.

A potencias equivalentes, los cuerpos de caldera de aluminio son mucho más compactos.

## >> PESO REDUCIDO

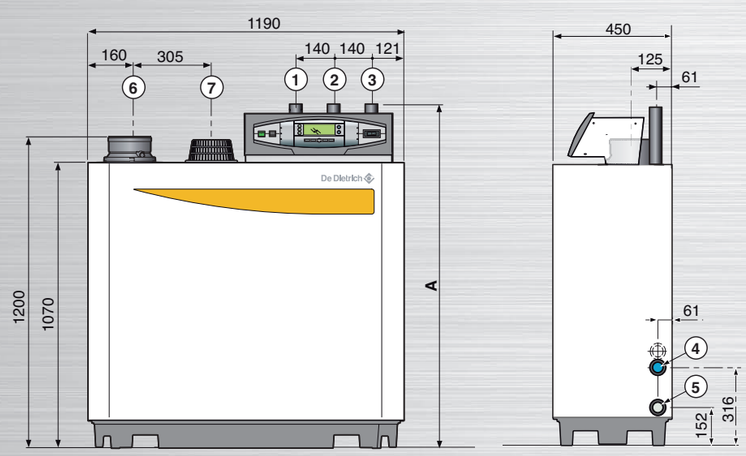
| MATERIALES | DENSIDAD (G/CM3) |
|---|---|
| Acero | 7,3 |
| Acero inoxidable | 8 |
| Aluminio (aleación) | 2,7 |

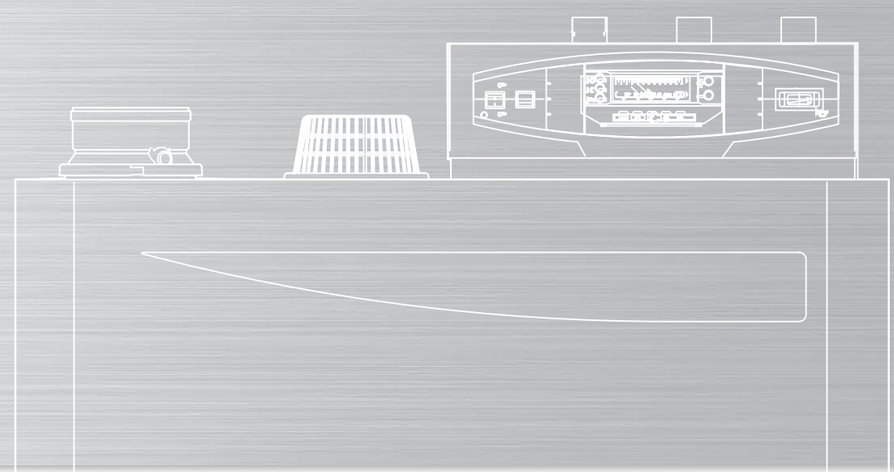
Por su ligereza, el aluminio se suele utilizar en la industria aeronáutica y en automoción para reducir el peso de los equipamientos, ya que es 3 veces más ligero que el acero inoxidable o el cobre.

Además de poder fabricar intercambiadores de aluminio más compactos gracias a la buena conductibilidad térmica del material, también es una ventaja la importante reducción de peso que se consigue con respecto a otros materiales. Ello permite diseñar calderas, ya sean de pared o de pie, poco voluminosas y con un peso muy reducido, y proporciona una mayor libertad a la hora de configurar la instalación de una sala de calderas.

## >> EJEMPLO DE DIMENSIONES Y PESO DE LA GAMA C 230 ECO DE DE DIETRICH

0,54 m de pie
Peso neto = 200 kg / 217 kW
Es decir, menos de 1 kg por kW



## >> UNA RESISTENCIA FÍSICA INSUPERABLE

### LARGA DURACIÓN DEL CUERPO DE LA CALDERA AL NO EXISTIR PUNTOS DÉBILES

En la fabricación de cuerpos de caldera de acero o acero inoxidable, las partes ensambladas con soldadura, plegadas, embutidas, etc., son zonas sensibles que sufren las tensiones producidas por el funcionamiento de la caldera.
Los cambios de temperatura relacionados con el funcionamiento de la caldera son los que provocan tensiones en los materiales. Estas tensiones físicas, que afectan especialmente a las soldaduras y a los engarces, debilitan los metales.

Un cuerpo de caldera hecho de elementos de aluminio-silicio con un grosor homogéneo carece de partes plegadas y soldaduras y, por consiguiente, tiene una resistencia a la corrosión especialmente favorable para aplicaciones de condensación. Esto se valora aún más si se tiene en cuenta que el principio de condensación conlleva un contacto entre las superficies metálicas y los condensados, estos últimos de naturaleza ácida y por ello especialmente corrosivos para los metales, sobre todo si están sometidos a esfuerzos o debilitados.

### RESISTENCIA MECÁNICA IDEAL PARA OPTIMIZAR EL PRINCIPIO DEL RETORNO A BAJA TEMPERATURA

La homogeneidad y la flexibilidad del material de AlSi permiten mantener una diferencia de temperatura importante (de hasta 30 K) entre la salida y el retorno de la caldera, sin riesgo de que el material se fatigue por los reiterados choques térmicos durante la estación de calefacción, y que podrían provocar roturas de los elementos.

Esta diferencia de temperatura entre la salida y el retorno suele deberse a los cambios de caudal en los circuitos secundarios producidos a diario por la apertura y cierre de válvulas de tres vías durante el funcionamiento de una instalación.

Esto permite explotar al máximo el rendimiento de la caldera: al tolerar los choques térmicos se pueden utilizar retornos de baja temperatura que favorecen la condensación de los gases de combustión en el interior del intercambiador, y con ello el efecto de recuperación del calor.

### UNA RESISTENCIA QUÍMICA QUE LA HACE IDÓNEA PARA LA CONDENSACIÓN

En una caldera de condensación, los distintos puntos están más expuestos en la medida en que están en contacto con los condensados ácidos y especialmente corrosivos para los metales.

La buena resistencia del aluminio a la corrosión se debe a que su superficie se comporta de manera pasiva, es decir es inerte a la corrosión. El contacto con el agua o el oxígeno forma de manera natural una capa protectora de óxido de aluminio que no es porosa: la alúmina o “capa de pasivación”.

Esta propiedad del aluminio es la que protege la superficie de intercambio del cuerpo de la caldera en contacto con los humos de la agresividad de los condensados, y lo convierte en un metal idóneo para el principio de condensación. En la fase de condensación, la caída de los condensados sobre la superficie de intercambio produce una autolimpieza del cuerpo de AlSi, evitando que se depositen restos y residuos de la combustión que podrían afectar a la transferencia de calor, y preservando al mismo tiempo la capa autoprotectora del aluminio que garantiza su buena resistencia a la corrosión.

Además de ello, el aluminio es poco sensible a la corrosión por picado, que suele aparecer cuando se usa agua con un alto contenido de minerales para llenar la instalación. Al acero inoxidable, por ejemplo, le afectan las concentraciones de cloruros superiores a 100 mg/l (dependiendo del tipo). Por su parte, al cobre le afectan especialmente los sulfatos, que producen perforaciones muy rápidamente.

El aluminio también es inerte al aire, y la capa de alúmina lo protege eficazmente de la oxidación producida por el oxígeno.

# LA CALDERA DE ALUMINIO-SILICIO Y LA CALIDAD DEL AGUA DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Para poder funcionar de manera óptima, una caldera necesita un agua limpia y de calidad compatible para estar en contacto con los metales de la misma. Esto se aplica a todas las calderas que utilizan agua como fluido caloportador, cualquiera que sea el principio de funcionamiento (clásico, agua sobrecalentada, vapor, condensación, etc.) o el material del que estén hechas (acero, acero inoxidable, cobre o aluminio).

Para medir la calidad del agua de una instalación de calefacción se emplean diversos parámetros, entre ellos:

- El pH (nivel de acidez o alcalinidad del agua)
- La dureza (concentración de caliza disuelta)
- La conductibilidad (una estimación del contenido total de minerales)
- La concentración de cloruros, sulfatos, etc.

Estos elementos pueden variar en función de la región, de la forma de abastecerse de agua (red de abastecimiento pública, perforación, agua de lluvia...) y de los materiales y el estado de las conducciones de transporte.

Ciertos parámetros deben comprobarse regularmente independientemente del material de fabricación de la caldera (ausencia de partículas abrasivas en suspensión, evitar el agua demasiado calcárea, etc.). En contraposición, la comprobación del pH es esencial pero los valores prescritos varían. De manera general los metales se corroen en presencia de ácidos, pero cada metal tiene una resistencia específica y un intervalo de pH que es necesario mantener para evitar que se corroa de forma rápida e irreversible.

| Material | Zona de pH 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hierro/acero | | | | | | | | | | | | | | |
| Cobre | | | | | | | | | | | | | | |
| Bronce | | | | | | | | | | | | | | |
| Aluminio | | | | | | | | | | | | | | |

En este cuadro se puede apreciar por qué es habitual instalar un sistema de tratamiento de agua como medida de protección en una red de calefacción: el acero y el hierro fundido, típicamente utilizados en fontanería y calefacción, se corroen fácilmente en contacto con el agua, y el pH del agua de la red urbana (comprendido entre 6,5 y 9 por motivos de potabilidad, pero que raramente supera un nivel de 8,5) no es demasiado compatible con estas aleaciones.

Por el contrario, el aluminio es bastante resistente a los pH neutros e incluso ácidos. Es uno de los metales más resistentes a la corrosión, con un intervalo muy a amplio de tolerancia al pH. Soporta bien el contacto con el agua, incluso aunque no se someta a ningún tratamiento.

No obstante, el uso de aluminio y el principio de recuperación de calor por condensación son avances técnicos recientes. Las recomendaciones de utilizar valores de pH altos, ancladas en los hábitos de explotación y en los textos de buenas prácticas, se establecieron antes de estas orientaciones técnicas y no han podido tenerlas en cuenta.

La recomendación de un pH superior a 9,7 -criterio fácil de comprobar y de poner en práctica (añadiendo sosa al agua de la red, por ejemplo)- es sin embargo incompatible con el aluminio: su capa de pasivación se disuelve a un pH superior a 8,5, por lo que se vuelve sensible a la corrosión y comienza a degradarse, más deprisa cuánto más alcalino sea el medio. **Así pues, intentando proteger a los demás materiales de la instalación de calefacción, se acaba debilitando al aluminio, llegando a veces a perforarlo.**

Afortunadamente, el método ancestral de tratar las redes de calefacción con soda o taninos ya está obsoleto. Se han producido diversos avances técnicos en materia de tratamiento de agua, entre ellos, inhibidores de corrosión mucho más eficaces para las aleaciones de hierro (hierro fundido, acero...) y para el cobre. Por otra parte, las instalaciones modernas son cada vez más «multimateriales», y los tratamientos han evolucionado en ese sentido. Las moléculas de hoy en día, como los fosfatos y los molibdatos, ahora tan extendidas, son totalmente compatibles con un cuerpo de caldera de aluminio.

**Tratar el agua que se va usar en una caldera de aluminio-silicio sigue siendo por tanto una buena recomendación:**

- Como con cualquier otra caldera, un agua que no sea muy dura y con un contenido medio de minerales evitará que se formen depósitos que obstaculicen el intercambio térmico.
- En cuanto a la corrosión, este tipo de equipos soporta perfectamente el agua sin tratar, pero no así los demás metales de la red. Simplemente basta con escoger un tratamiento que sea compatible con el aluminio (no aumentando el pH del agua).
- Para una instalación en una red ya existente conviene comprobar la compatibilidad del tratamiento (simplemente midiendo el pH). Si es superior a 8,5 basta con vaciarla y reacondicionarla, algo que en cualquier caso siempre conviene hacer para no enlodar la nueva caldera con las partículas y los residuos que pueda tener la instalación antigua.

Si se aplican las reglas del oficio, se podrán aprovechar al máximo las ventajas de una instalación eficaz con un generador de aluminio-silicio.

Conclusiones
Las principales propiedades que hacen del aluminio-silicio un material de elección son su baja densidad, su resistencia mecánica, su resistencia a la corrosión, su durabilidad, su ductilidad, su conformabilidad y su conductividad. Por otra parte, la posibilidad de reciclarlo prácticamente hasta el infinito y sin que pierda sus propiedades, viene a completar a toda una serie de características especialmente ventajosas para el intercambio de calor, y de manera muy especial para la tecnología de la condensación de gas.

## EL ALUMINIO PRESENTA **UNA BUENA RESISTENCIA A LOS PH NEUTROS E INCLUSO ÁCIDOS**

Por esta combinación única de propiedades, muchos fabricantes de calderas antaño fieles a otros materiales han comenzado a utilizarlo.
Se trata sin lugar a dudas de uno de los materiales del futuro en el mundo de la calefacción.

