



INFORMACIÓN TÉCNICA ITSI-03

CALIDAD DEL AGUA DE CALDERAS

**Versión 1.00**

enero de 2018

*Sistemas Industriales de Calderas, S.L.*

# 1 AGUA DE CALDERAS

## 1.1 Tratamiento del agua

El agua de alimentación es uno de los aspectos más importantes que afectan a los generadores de vapor, tanto en su vida como en su funcionamiento.

Las aguas naturales contienen las siguientes impurezas:

- Gases en disolución (gas carbónico, oxígeno, etc.).
- Compuestos minerales (sales de calcio, de magnesio, de sílice y de sodio).
- Partículas inorgánicas en suspensión.
- Sustancias orgánicas en determinadas ocasiones

Principales impurezas del agua y sus efectos			
Impureza		Forma	Efectos
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	Gas	Corrosión
Oxígeno	O <sub>2</sub>	Gas	Corrosión
Materias en suspensión	-	Sólidos no disueltos	Corrosión
Materias orgánicas	-	Sólidos disueltos y no disueltos	Depósitos, espumas y arrastres
Aceites y grasas	-	Coloides	Depósitos, espumas y arrastres
Acidez	H <sup>+</sup>	-	Corrosión
Dureza	Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup>	Sales disueltas	Incrustaciones
Alcalinidad	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> , OH <sup>-</sup>	Sales disueltas	Espumas, arrastres, desprendimiento de CO <sub>2</sub> , fragilidad cáustica
Salinidad (TDS)	-	Sales disueltas	Depósitos, espumas y arrastres
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	Sales disueltas	Aumento de salinidad y corrosividad
Sílice	SiO <sub>2</sub>	Sales disueltas	Incrustaciones
Hierro, Manganeseo	Fe, Mn	Sales disueltas o partículas	Depósitos
Cobre	Cu	Sales disueltas o partículas	Depósitos y corrosión

Estas impurezas pueden causar tres tipos de incidentes:

- Incrustaciones: Sobre las superficies de calefacción como hogar, placas, tubos, etc., dificultando la refrigeración del acero y, en consecuencia, la ruptura de algunos de estos elementos. Asimismo, disminución del intercambio de calor y por tanto pérdida de rendimiento y aumento del gasto de combustible.
- Corrosiones: Ataques químicos sobre las paredes, sobre todo en los lugares de poca circulación de agua, debido al oxígeno, ácidos, etc.

Versión 1.00

- Arrastres: De agua con el vapor que sale de la caldera.

Estos incidentes se pueden prevenir de la siguiente forma:

- Eliminando las sustancias nocivas contenidas en el agua.
- Añadiendo al agua reactivos capaces de convertir éstas en sustancias solubles e inofensivas.
- Controlando minuciosamente y detalladamente cada día la calidad del agua de alimentación y de la caldera.

## 1.2 Control

El análisis del agua de alimentación debe determinarnos:

### Título Hidrotimétrico (TH) o grado de dureza.

Nos indica la dureza del agua. El agua es muy dura cuando contiene sales de cal y de magnesio (en forma de bicarbonato) a la temperatura de ebullición (50 a 100°C).

Para evitar estas incrustaciones, es necesario que el Título Hidrotimétrico del agua de alimentación sea inferior a 1 TH (grado francés), que corresponde a 10 gr. de carbonato de calcio ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ), por metro cúbico de agua.

### Título Alcalimétrico (TA) (p).

Indica el grado de alcalinidad en el agua bajo forma de carbonato de sosa ( $\text{CO}_2\text{Na}$ ) o sosa caustica,  $\text{NaOH}$ . Este análisis se reemplazará ventajosamente por el TAC.

ITA= 50ppm  $\text{NaOH}$ =5 p

### Título Alcalimétrico completo (TAC) (m).

Mide el valor de la alcalinidad total del agua de la caldera y su concentración. El valor del TAC determina el porcentaje de purgas que deben efectuarse con objeto de evitar el fenómeno de arrastre y corrosión.

Para una caldera a presión de trabajo de 8  $\text{Kg/cm}^2$ , el TAC no debe sobrepasar los 1.400 mg/l. Cuanto más elevada es la presión, más bajo debe ser el TAC.

1 TAC = 50 PPM  $\text{CO}_3\text{Ca}$  = 5m

### Potencia de Hidrógeno (pH).

Es el número de iones de hidrógeno libres que hay en disolución, e indica la mayor o menor basicidad o acidez de ella. Así pues:

- Un pH <7, es ácido.
- Un pH=7, es neutro.
- Un pH>7, es alcalino.

A una temperatura de 25°C de la disolución.

El agua de la caldera deberá ser muy alcalino (ver tablas para valores exactos)

**Salinidad (T.S.D.).**

Expresa la concentración total de sales disueltas en el agua. Su unidad es el miligramo por litro, mg/l (1 mg/l = 1ppm).

**1.3 Valores recomendables del agua de alimentación**

Los valores de las concentraciones más altas admisibles de un cierto número de impurezas y de las concentraciones máxima y mínima de agentes químicos que se añaden con el fin de minimizar la corrosión, la formación de lodos y los depósitos, deben estar de acuerdo con las tablas 5-1 y 5-2 y con las figuras 5-1 y 5-2.

**Tabla 5-1** Agua de alimentación para calderas de vapor (excepto el agua de pulverización del desrecalentador) y calderas de agua caliente

Parámetro	Uds.	Agua de alimentación para calderas de vapor		Agua de relleno para calderas de agua caliente
Presión de servicio	bar	> 0,5 a 20	> 20	intervalo total
Apariencia	-	clara, libre de sólidos en suspensión		
Conductividad directa a 25 °C	µS/cm	no especificada, sólo hay valores guía correspondientes al agua de caldera, véase la tabla 5.2		
Valor del pH a 25 °C	-	> 9,2 <sup>b</sup>	> 9,2 <sup>b</sup>	> 7,0
Dureza total (Ca + Mg)	mmol/l	< 0,01 <sup>c</sup>	< 0,01	< 0,05
Concentración de hierro (Fe)	mg/l	< 0,3	< 0,1	< 0,2
Concentración de cobre (Cu)	mg/l	< 0,05	< 0,03	< 0,1
Concentración de sílice (SiO2)	mg/l	no especificada, sólo hay valores guía correspondientes al agua de caldera, véase la tabla 5.2		-
Concentración de oxígeno (O2)	mg/l	< 0,05 <sup>d</sup>	< 0,02	-
Concentración de aceite/grasa (véase la Norma EN 12953-6)	mg/l	< 1	< 1	< 1
Concentración de sustancias orgánicas (como COT)	-	véase nota <sup>e</sup> al pie de tabla		

a. Con aleaciones de cobre en el sistema, el valor del pH debe mantenerse en el intervalo 8,7 a 9,2.  
 b. Con agua ablandada de valor de pH > 7,0 debería considerarse el valor del pH del agua de caldera de acuerdo con la tabla 5-2.  
 c. A presión de servicio < 1 bar debe ser aceptable una dureza total máxima de 0,05 m mol/l.  
 d. En lugar de observar este valor, en funcionamiento intermitente o en funcionamiento sin desaireador, deben utilizarse agentes que forman película y/o un exceso de reductor de oxígeno.  
 e. Las sustancias orgánicas son generalmente una mezcla de varios compuestos diferentes. La composición de tales mezclas y el comportamiento de sus componentes individuales en las condiciones de funcionamiento de la caldera son difíciles de predecir. Las sustancias orgánicas pueden descomponerse para formar ácido carbónico u otros productos de descomposición ácida que aumentarán la conductividad ácida y causarán corrosión o depósitos. Esto puede llevar también a la formación de espuma y/o de arrastres de agua con el vapor que deben mantenerse tan bajos como sea posible.

Versión 1.00

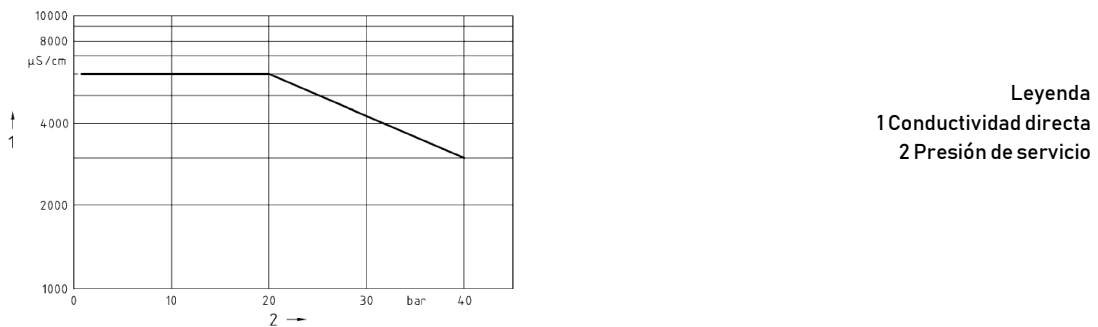
**Tabla 5-2** Agua de la caldera para calderas de vapor y calderas de agua caliente

Parámetro	Unidad	Agua de la caldera para calderas de vapor que utilizan			Agua de la caldera para calderas de agua caliente
		Agua de alimentación de conductividad directa >30 µS/cm	Agua de alimentación de conductividad directa ≤ 30 µS/cm	Agua de alimentación de conductividad directa >30 µS/cm	
Presión de servicio	bar	> 0,5 a 20	> 20	> 0,5	intervalo total
Apariencia	–	clara, sin espuma estable			
Conductividad directa a 25 °C	µS/cm	< 6000 <sup>a</sup>	véase la figura 5-1 <sup>a</sup>	< 1500	< 1500
Valor del pH a 25 °C	–	10,5 a 12,0	10,5 a 11,8	10,0 a 11,0 <sup>b,c</sup>	9,0 a 11,5 <sup>d</sup>
Alcalinidad compuesta	mmol/l	1 a 15 <sup>a</sup>	1 a 10 <sup>a</sup>	0,1 a 1,0 <sup>c</sup>	< 5
Concentración de sílice (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	dependiente de la presión, según figura 5-2			–
Fosfato (PO <sub>4</sub> ) <sup>e</sup>	mg/l	10 a 30	10 a 30	6 a 15	–
Sustancias orgánicas	–	véase la nota <sup>f</sup> al pie de tabla			–

a. Con recalentador se considera como valor máximo el 50% del valor más alto indicado.  
 b. El ajuste del pH básico se hace por inyección de Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, y una inyección adicional de NaOH sólo si es el valor del pH < 10.  
 c. Si la conductividad ácida del agua de alimentación de la caldera es < 0,2 µS/cm, y si su concentración de Na + K es < 0,010 mg/l, no es necesaria la inyección de fosfato. Alternativamente puede aplicarse AVT (tratamiento totalmente volátil, agua de alimentación con pH ≥ 9,2 y agua de la caldera con pH ≥ 8,0) cuando la conductividad ácida del agua de la caldera es < 5 µS/cm.  
 d. Si en el sistema hay presentes materiales no ferrosos, por ejemplo, aluminio, puede requerir un valor inferior del pH y de la conductividad directa; sin embargo, la protección de la caldera tiene prioridad.  
 e. Si se utiliza un tratamiento de fosfato coordinado; considerando todos los demás valores, son aceptables concentraciones de PO<sub>4</sub> más altas.  
 f. Véase e en la tabla 5-1.

Versión 1.00

**Fig. 5-1** Conductividad directa máxima admisible del agua de la caldera en función de la presión; conductividad directa del agua de alimentación > 30 µS/cm



**Fig. 5-2** Contenido de sílice máximo admisible (SiO<sub>2</sub>) del agua de la caldera en función de la presión



## 1.4 Otros requisitos

Las condiciones de funcionamiento de una caldera y/o la elección de ciertos materiales o un diseño especial pueden originar una limitación adicional para algunos de los parámetros especificados en las tablas o requerir consejo de un especialista para ajustar los nuevos parámetros de control.

Tales consideraciones especiales incluyen:

- Grietas y/o límites de separación de fase sometidos a flujo térmico;
- Funcionamiento a presiones muy inferiores a la presión de diseño;
- Materiales distintos de los aceros al carbono, por ejemplo, acero inoxidable.

El agua de pulverización del desrecalentador para el control de la temperatura del vapor debe ser agua desmineralizada y/o condensados sin contaminar dosificados únicamente con agentes químicos volátiles. La calidad requerida para el vapor no debe verse afectada negativamente.

El uso al que se destinará el agua calentada o el vapor debe necesitar limitaciones de calidad adicionales. Si se aplica, por ejemplo, en la industria alimentaria o farmacéutica o para alimentar turbinas de vapor, pueden ser necesarios requisitos especiales para la calidad el vapor. Deben cumplirse los requisitos más estrictos de la aplicación individual.

Los valores fijados deben aplicarse para el funcionamiento continuo. Durante el arranque, la parada o los cambios importantes de funcionamiento, algunos valores pueden desviarse del valor normal durante un breve periodo de tiempo y hasta un alcance limitado dependiendo de los parámetros de funcionamiento y del tipo de caldera. El fabricante debe especificar el alcance o magnitud de cualquier desviación posible.

Los valores deben llevarse dentro de los límites de funcionamiento continuo tan pronto como sea posible.

Cuando los valores especificados se desvían durante el funcionamiento continuo, esto puede deberse a:

- Un tratamiento defectuoso del agua de relleno;
- Un acondicionamiento insuficiente del agua de alimentación;
- Contaminación del agua originada por la entrada de fugas de impurezas procedentes de otros sistemas, por ejemplo, condensadores, intercambiadores de calor;
- Corrosión de ciertas partes de la instalación.

Para garantizar un funcionamiento correcto deben hacerse inmediatamente las modificaciones apropiadas. Por ejemplo, los condensados reciclados para la alimentación no deben afectar negativamente la calidad del agua de alimentación y deben ser purificados, si es necesario.

La composición química del agua de caldera en las calderas de tambor (calderín) puede controlarse dosificando los productos químicos de acondicionamiento así como por la purga continua o intermitente de una proporción del volumen de agua, que debe hacerse de tal manera que puedan eliminarse ambas impurezas: las disueltas y las que están en suspensión.

## 1.5 Ensayo de la composición química

### 1.5.1 Generalidades

Para garantizar que prevalecen las condiciones químicas apropiadas, los parámetros de la calidad deben comprobarse periódica y/o continuamente.

El agua de pulverización del desrecalentador, el agua de alimentación y el agua de caldera en las calderas de vapor y el agua de caldera en las calderas de agua caliente deben comprobarse en lo que respecta a los parámetros correspondientes, tales como pH, conductividad directa, conductividad ácida, dureza y oxígeno o reducción de oxígeno.

El fabricante de la caldera debe especificar la frecuencia de tales ensayos en las instrucciones de funcionamiento.

NOTA – Si se utilizan analizadores fiables de registro continuo puede reducirse la frecuencia de las comprobaciones manuales de la calidad del agua.

### 1.5.2 Muestreo

El muestreo del agua y del vapor del sistema de caldera debe realizarse de acuerdo con la Norma ISO 5667-1 y la preparación y manipulación de las muestras de acuerdo con la Norma ISO 5667-3.

### 1.5.3 Puntos de muestreo

Los puntos de toma de muestras deben situarse en emplazamientos representativos del sistema.

Emplazamientos típicos de puntos de muestreo son:

- Agua de alimentación de la válvula de entrada;
- Agua de caldera de un tubo de descenso o de una línea de purga continua;
- Agua de relleno aguas debajo de la instalación de tratamiento del agua de relleno o de los tanques de almacenamiento;
- Condensados de la salida del condensador, si lo hay; en caso contrario, el condensado debe muestrearse en un punto lo más próximo que sea posible al tanque de alimentación.

## 1.6 Análisis

### 1.6.1 Generalidades

La prueba de que se cumplen los valores que se dan en las tablas 5.1 a 5.2 debe proporcionarse de acuerdo con procedimientos escritos que aplican los métodos de análisis descritos en el apartado 7.3, cuando sea posible.

Si los análisis se realizan de acuerdo con otras normas o por métodos indirectos, deben hacerse las calibraciones para dichos métodos.

NOTA 1—En algunos tipos de agua, la cantidad de materia disuelta puede estimarse a partir de la conductividad. Para el agua totalmente desmineralizada, es posible obtener un valor del pH a partir de la correlación entre las conductividades directa y ácida.

NOTA 2—Preferentemente, deberían instalarse monitores de funcionamiento continuo para los parámetros principales. Las comprobaciones periódicas de laboratorio son esenciales y, en ocasiones, constituyen el único ensayo posible.

### 1.6.2 Criterios visuales

Los cambios en la apariencia o aspecto del agua en relación con los sólidos en suspensión, color o espuma pueden indicar que se han producido cambios incontrolados o que están a punto de ocurrir en la instalación.

### 1.6.3 Métodos de análisis

La comprobación de los parámetros debe hacerse de acuerdo con las normas siguientes, cuando sea aplicable:

Capacidad ácida	EN ISO 9963-1
Conductividad	ISO 7888
Cobre	ISO 8288
Hierro	ISO 6332
Oxígeno	ISO 5814
pH	ISO 10523
Fosfato	ISO 6878-1
Potasio	ISO 9964-2
Sílice	Hasta ahora no se dispone de norma europea o internacional correspondiente; véase por ejemplo la Norma DIN 38405-21 Métodos normalizados alemanes para el examen del agua, agua residual y lodos; aniones (grupo D); determinación del silicato disuelto por espectrometría, (D 21).
Sodio	ISO 9964-1
COT	ISO 8245 Alternativamente, la determinación del índice de permanganato de acuerdo con la Norma ISO 8467 puede medirse si se han especificado los valores.
Dureza total (Ca + Mg)	ISO 6059



Conductividad ácida	Debe medirse en forma de concentración de iones hidrógeno de forma continua, de la misma manera que la conductividad después de que la muestra haya pasado a través de un intercambiador catiónico fuertemente ácido con un volumen de, al menos, 1,5 l. El intercambiador debe estar situado en un cilindro con una relación diámetro–altura de 1:3 o inferior y con el medio intercambiador ocupando, al menos, tres cuartos de cilindro. El intercambiador de iones debe regenerarse cuando se ha vaciado en sus dos terceras partes; esto puede verse utilizando un intercambiador con un indicador de color y un cilindro transparente.
---------------------	--

## 1.7 Necesidad de purgar la caldera

Aunque la caldera sea alimentada por agua ablandada en un descalcificador, con éste agua entra a la caldera una gran cantidad de sales minerales, ya que en el descalcificador sólo se realiza una transformación iónica que evita que las sales disueltas en el agua (carbonato cálcico y carbonato sódico) se adhieran a las paredes de la caldera.

Al no adherirse a las paredes de la caldera, estas sales minerales se acumulan en el fondo de la caldera, formando lodos que son necesarios eliminar con las purgas.

Estas sales disminuyen la transmisión térmica del acero al agua, lo que produce a su vez un aumento de la temperatura del hogar y de los tubos de la caldera, lo que podría producir una pérdida de la resistencia mecánica de los mismos y una reducción considerable del rendimiento del equipo.

Estos inconvenientes se eliminan realizando purgas frecuentes durante la jornada de trabajo (es decir, con la caldera presurizada), y que en general serán las siguientes:

- Al comenzar la jornada, una purga de 5 segundos por la válvula de fondo y de 2 segundos por las purgas de los accesorios (niveles, botellón de nivel, etc.)
- Cada dos horas, repetir el proceso
- Al finalizar la jornada de trabajo, repetir el proceso

Aun siguiendo estas indicaciones, el régimen de purgas podría ser insuficiente, ya que depende en gran medida de la calidad del agua de abasto y del perfil de consumo de vapor.

En este caso, es necesario tomar muestras periódicas del interior de la caldera y medir su salinidad, modificando la periodicidad de las purgas para mantener los valores marcados por la normativa vigente e indicada en el presente anexo.

No se recomienda vaciar completamente la caldera si la misma ha trabajado recientemente y todavía se encuentra por encima de la temperatura ambiente, ya que se podría producir un endurecimiento de los lodos e incrustaciones interiores que dificultarían su extracción posterior.