



DTIE 1.05

PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN
INTERIOR DE LAS INSTALACIONES
DE AGUA

PATROCINAN

guldager[®]
electrolisis

REVISTA
el Instalador

EDITA

 Atecyr

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

DTIE 1.05: Prevención de la corrosión interior de las instalaciones de agua

Adrián Gomila Vinent

Ingeniero Industrial, Director de Guldager Electrolisis
Certificación AFNOR de nivel 3 en protección catódica interna y externa
Representante de AENOR en el CEN TC219 WG1
Vicepresidente del CEOCOR y miembro de NACE, EFC y CEFACOR

RELACIÓN DE MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DE ATECYR

Presidente: JOSÉ MANUEL PINAZO OJER

Vicepresidente: RICARDO GARCÍA SAN JOSÉ

Vocales: SANTIAGO AROCA LASTRA
JOSÉ MARÍA CANO MARCOS
ALEJANDRO CABETAS HERNÁNDEZ
MARÍA CUBILLO SAGÜES
JOSÉ FERNÁNDEZ SEARA
ARCADIO GARCÍA LASTRA
FELIPE CEBRIAN QUESADA
AGUSTÍN MAILLO PÉREZ
ANTONIO PANIEGO GÓMEZ
PAULINO PASTOR PÉREZ
PEDRO J. POZO GÓMEZ
JUAN JOSÉ QUIXANO BURGOS
FRANCISCO JAVIER REY MARTÍNEZ
JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ TARODO
ÁNGEL SÁNCHEZ DE VERA QUINTERO
VICTOR MANUEL SOTO FRANCÉS
RAFAEL ÚRCULO ARAMBURU
ALBERTO VITI CORSI
ANTONIO VEGAS CASADO
PEDRO G. VICENTE QUILES
ANTONIO GARCIA LAESPADA
SALVADOR SOLSONA
PEDRO TORRERO GRAS
JOSÉ B. PÉREZ-ALLUÉ
JUAN TRAVESÍ CABETAS
JOSE IGNACIO AJONA

© ATECYR

Edita: ATECYR
Navaleno, 9
28033 Madrid

Producción y realización:
ATECYR

Maquetación e impresión:
GRÁFICAS ELISA, S.L.

ISBN: 978-84-95010-29-2
Dep. Legal: M-57137-2008

* Queda prohibida la total o parcial reproducción del contenido de este documento salvo expresa autorización de Atecyr.

PRESENTACIÓN

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), una entidad sin ánimo de lucro fundada en 1974, agrupa a más de 1.700 ingenieros y profesionales relacionados con los sectores de calefacción, refrigeración, ventilación y Aire Acondicionado.

Los Estatutos que rigen nuestra Asociación definen como sus fines:

- *El estudio de la problemática y de la ordenación, reglamentación y protección de las técnicas de calefacción, refrigeración, ventilación y acondicionamiento de aire, frío industrial, fontanería, uso racional de la energía y aquellas otras actividades relacionadas o anexas con las mismas, considerando su particular circunstancia de especialidades en la ingeniería del medio ambiente.*
- *La creación, recopilación y divulgación de información científica relacionada con estas tecnologías en España respecto a dichas técnicas, cuyo objeto es el entorno ambiental del hombre y el desarrollo de la misma.*
- *Fomentar el interés por el diseño y equipamiento de este entorno, a fin de cumplir mejor su función social.*
- *La investigación, realización de estudios y análisis relativos a esta temática, así como la recomendación de planes de actuación.*

Para la consecución de sus fines, ATECYR lleva a cabo una intensa actividad de colaboración con entes públicos y privados como AENOR, mediante la participación en grupos de trabajo para la elaboración de distintas normas; Ministerios de la Vivienda, Ministerio de Industria y Comercio, como miembro de pleno derecho en la Comisión Asesora de Certificación Energética y del RITE, así como asesor técnico en casos de tanta relevancia como la normativa sobre la prevención de la Legionelosis; un gran número de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, gracias a la incansable actividad de las Agrupaciones Provinciales con que contamos; otras asociaciones, como la Asociación de Fabricantes Españoles de Climatización (AFEC), con la que se ha desarrollado un Plan de Calidad para las instalaciones de climatización que pronto será elevado a norma y con la Asociación de Fabricantes de Equipos y Generadores de Calor (FEGECA), así como EUROVENT CERTIFICATION COMPANY y el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros Industriales (CCOII) y el Consejo General de Colegios Oficiales de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales (COGITI).

En el campo normativo es digno de resaltar la participación en la elaboración del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), RD 1027/2007 publicado en el BOE del 29 de agosto de 2007.

Desde el punto de vista internacional es miembro de REHVA, asociación europea que agrupa a las asociaciones de técnicos del sector, y ASHRAE, su homónima americana, con la participación destacada de algunos de sus socios en los órganos de gobierno de las mismas.

En este ámbito, lo más destacado, en los últimos tiempos, es haber promovido, el Congreso Mediterráneo de Climatización CLIMAMED, en el que participan las asociaciones de Portugal, Francia e Italia. La segunda edición tuvo lugar en España en el año 2005, coincidiendo con el certamen CLIMATIZACIÓN 2005, la tercera edición en Lyon, Francia, la cuarta edición en Génova, Italia, en septiembre de 2007 y la próxima edición tendrá lugar en Lisboa, Portugal en abril del año 2009.

En sus más de treinta y cuatro años de vida, ATECYR no sólo ha participado en gran número de proyectos, sino que se ha convertido en un referente para todos los técnicos del sector de climatización y refrigeración.

Esto es, en gran parte, debido a la existencia de un grupo de socios comprometidos con los fines de la asociación, que han trabajado y trabajan de una forma desinteresada por mantener el nivel y el prestigio, de alguna forma heredado, evolucionando hacia las nuevas tendencias técnicas, tecnológicas y de mercado.

Una parte importante de este prestigio se debe a la labor del Comité Técnico de ATECYR compuesto por un grupo de expertos muy respetados en nuestro sector y que, de alguna manera, han marcado las tendencias y la forma de hacer las cosas en los últimos años, ya sea desde ATECYR o desde el desarrollo de su actividad profesional.

Como no podía ser de otra manera, el Comité Técnico de ATECYR viene trabajando desde hace años, en la elaboración de una ingente documentación de divulgación científico-técnica sobre temas relacionados con el sector de climatización y refrigeración.

Entre esta documentación, se encuentran traducciones de libros y artículos considerados de interés y bibliografía propia.

Dentro de la bibliografía propia nace la colección de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación (DTIE) como una respuesta a la necesidad detectada de agrupar y ordenar la información técnica sobre una serie de temas específicos mediante la elaboración de unas guías donde se reúna toda la información que el técnico precisa sobre ese tema para desarrollar su labor.

Se trata de ofrecer al técnico de una herramienta útil para la realización de su trabajo, sin tratar de condicionar su creatividad, incluyendo la última tecnología y tendencias, dejando a su interpretación las cuestiones normativas.

Como conclusión, esta colección de libros pretende constituirse como guías prácticas sobre temas de interés dentro del ámbito de la climatización y refrigeración, enfocadas a técnicos que trabajen o que tengan inquietudes en este ámbito.

Sólo queda agradecer su aportación a los patrocinadores de estas ediciones, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto.

Jaime R. Sordo González
Presidente

DTIE - DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN

SERIE 1: Instalaciones sanitarias

- *1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios
- *1.02 Calentamiento de agua de piscinas
- 1.03 Cálculo de redes de distribución de agua sanitaria
- 1.04 Cálculo de redes de evacuación y ventilación
- *1.05 Prevención de la corrosión interior de las instalaciones de agua

SERIE 2: Condiciones de diseño

- *2.01 Calidad del ambiente térmico
- *2.02 Calidad de aire interior
- *2.03 Acústica en instalaciones de aire

SERIE 3: Psicrometría

- *3.01 Psicrometría

SERIE 4: Tuberías

- *4 01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño. (Edición revisada)

SERIE 5: Conductos

- *5.01 Cálculo de conductos

SERIE 6: Combustible

- *6.01 Combustión
- 6.02 Diseño y cálculo de chimeneas
- 6.03 Redes de distribución de gas, diseño y cálculo

SERIE 7: Cálculo de carga, demanda y consumo

- *7.01 Cálculo de carga y demanda térmica
- 7.02 Cálculo de consumo de energía: simulación de sistema
- *7.03 Entrada de datos a los programas Lider y Calener VyP

SERIE 8: Fuentes de energía de libre disposición

- *8.01 Recuperación de energía en sistemas de climatización
- 8.02 Bomba de calor
- *8.03 Instalaciones Solares Térmicas para producción de Agua Caliente Sanitaria. (Edición revisada)

SERIE 9: Sistemas de acondicionamientos de aire

- *9.01 Tipos de sistemas
- *9.02 Aplicaciones a diferentes tipos de edificios
- *9.03 Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales
- *9.04 Sistema de suelo radiante

SERIE 10: Sistemas de calefacción

- 10.01 Tipos de sistemas
- 10.02 Aplicaciones para edificios residenciales
- *10.03 Calderas individuales
- *10.04 Piscinas cubiertas climatizadas con aire exterior como único medio deshidratante

SERIE 11: Control

- 11.01 Esquemas de control

***SERIE 12: Aislamiento térmico**

SERIE 13: Difusión de aire

SERIE 14: Acumulación de energía térmica

SERIE 15: Salas de máquinas

SERIE 16: Puesta en marcha, recepción y mantenimiento

SERIE 17: Varios

- 17.01 Análisis económico de sistemas
- *17.02 Responsabilidad Civil del Ingeniero

* Editadas

1. INTRODUCCIÓN	9
2. CAMPO DE APLICACIÓN	10
3. FUNDAMENTOS DE LA CORROSIÓN	11
3.1 Pilas de corrosión	12
4. MODOS DE LUCHAR CONTRA LA CORROSIÓN	15
4.1 Metales resistentes a la corrosión	15
4.2 Tratamiento del agua	15
4.3 Revestimientos superficiales	15
4.4 Protección catódica	16
5. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	17
6. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DE LOS METALES	19
6.1 Instalación	19
6.2 Características de los diferentes metales	19
6.2.1 Acero negro	19
6.2.2 Acero galvanizado en caliente	20
6.2.3 Cobre y sus aleaciones	25
6.2.4 Acero inoxidable austenítico	28
7. DUREZA DEL AGUA E INCRUSTACION	31
7.1 Descalcificación	33
8. CORROSIÓN EN CIRCUITOS CERRADOS	35
8.1 Tratamiento del agua en circuitos cerrados	37
8.2 Circuitos cerrados existentes	38
9. CORROSIÓN BAJO EL CALORIFUGADO	39
10. CORROSIÓN EN CIRCUITOS ABIERTOS DE CONDENSACIÓN POR AGUA	42
10.1 Tratamiento del agua de los circuitos de condensación	43
10.2 Circuitos de torres de refrigeración ya operativas	44
11. CORROSIÓN EN CIRCUITOS ABIERTOS DE AGUA FRIA SANITARIA	45
11.1 Detalles de instalación	46
11.2 Tratamiento del agua	47
11.3 Instalaciones existentes con procesos de corrosión	48
12. CORROSIÓN EN CIRCUITOS DE AGUA CALIENTE SANITARIA	49
12.1 Producción de ACS	49
12.1.1 Corrosión y protección de acumuladores de ACS	52
12.1.2 Acumuladores de acero inoxidable	52
12.1.3 Acumuladores de acero al carbono	53
12.1.4 Protección catódica de acumuladores de ACS	55
12.1.4.1 Protección catódica por ánodos de sacrificio	58
12.1.4.2 Protección catódica por corriente impresa y "sistemas standard"	58
12.1.4.3 Protección catódica por corriente impresa según UNE-EN 12499	59
12.1.5 Rehabilitación de acumuladores existentes	60
12.2 Distribución de ACS	61
12.2.1 Tratamientos de agua para controlar la corrosión en ACS	63
12.2.2 Instalaciones existentes con procesos de corrosión	63
13. MANTENIMIENTO	64

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este documento es el estudio y prevención de los fenómenos de corrosión e incrustación en las instalaciones interiores de agua de los edificios, planteando los conceptos fundamentales del fenómeno y aportando soluciones, tanto en la fase de diseño como para actuar, cuando ello sea posible, en instalaciones existentes.

El futuro comportamiento de una instalación frente a la corrosión depende esencialmente de la fase de proyecto y diseño, en la que se deben definir tanto los materiales a utilizar como las condiciones de funcionamiento y los métodos de protección a implementar.

Uno de los problemas más importantes que la corrosión de los metales provoca en instalaciones de suministro de agua para consumo humano, es la disminución de la calidad del agua. El Real Decreto 140/03 exige que los productos de construcción en contacto con el agua potable no deben disminuir su calidad. Si la compañía suministradora de agua entrega agua potable en la entrada del edificio, no es admisible que el deficiente estado de las redes interiores afecte a la potabilidad por el contacto con los diversos equipos, accesorios y tuberías.

Otro aspecto destacable es evitar que el mal estado de las instalaciones facilite la proliferación de la bacteria legionela. El desarrollo importante de la legionela se ve favorecido por temperaturas comprendidas entre 25 y 45 °C y por la presencia de suciedad y óxido, por lo que evitar la corrosión de determinadas instalaciones es una forma de disminuir el riesgo de generación y proliferación de la legionela. El Real Decreto 865/03 y la Guía Técnica del Ministerio de Sanidad que facilita su interpretación, indican claramente que deben minimizarse los riesgos de corrosión de las instalaciones, para lo que la citada Guía exige al proyectista el cumplimiento de las Normas UNE 112076 y UNE-EN 12499 que abordan la prevención de la corrosión y la protección catódica interna.

Además, una grave consecuencia de la corrosión en las instalaciones es la alteración de la eficiencia en la producción y el transporte de la energía térmica energética, así como el provocar desequilibrios hidráulicos.

Debe controlarse la corrosión de las instalaciones para aumentar su vida útil, limitar las averías y facilitar y abaratar el mantenimiento de las mismas.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

En este documento se abordan los problemas de corrosión interna de las instalaciones de agua de los edificios.

No se contemplan los problemas de corrosión externa de los equipos y tuberías en contacto con la atmósfera, tampoco se analizan los problemas de corrosión externa de las tuberías empotradas ni la corrosión de las tuberías o depósitos metálicos enterrados. El motivo es conseguir una mayor concreción en el análisis de la corrosión que se produce por el lado interior, lado del agua, que representa el mayor problema en las instalaciones hidráulicas.

La única excepción, en esta DTIE, es el análisis de la corrosión externa que se produce debajo del calorifugado de tuberías, por condensaciones superficiales u otras causas, debido a la gran trascendencia del tema y por tratarse de un problema clásico en las redes de agua enfriada, refrigerada y fría sanitaria.

Es importante destacar la gran diferencia existente entre circuitos cerrados y circuitos abiertos desde el punto de vista de la corrosión de las instalaciones y de los métodos para combatirla.

Un circuito cerrado es aquel en el que el consumo de agua para su funcionamiento es mínimo, siendo necesario tan solo aportar pequeñas cantidades para reponer las pérdidas que se producen por purgas de aire u otras circunstancias inevitables. En este caso no existe prácticamente renovación de agua, se produce una disminución en el contenido de oxígeno y es relativamente sencillo evitar los problemas de corrosión interna.

Ejemplos de circuitos cerrados son los sistemas de calefacción, los primarios de producción de agua sanitaria, los circuitos de agua enfriada de climatización y algunos sistemas de torres de enfriamiento.

Un circuito abierto es aquel en el que existe una aportación importante de agua en su funcionamiento. En estas condiciones el agua mantiene sus condiciones naturales y los problemas de corrosión son más frecuentes, graves y difíciles de resolver. Ejemplos de circuitos abiertos son los sistemas clásicos de condensador y torre de refrigeración abierta, los circuitos de agua fría sanitaria y los sistemas de ACS que incluyen los acumuladores, intercambiadores de calor y tuberías.

3. FUNDAMENTOS DE LA CORROSIÓN

La **corrosión** de los metales es un fenómeno natural, que provoca una degradación de los mismos, con pérdida de sus propiedades y destrucción gradual de su estructura. Los minerales representan el estado combinado estable de los metales en la naturaleza, por lo que estos, por los fenómenos de corrosión tienden a volver al estado combinado. La composición de los óxidos de hierro que aparecen tras un fenómeno de **corrosión**, es similar a la del mineral de hierro existente en las minas, habiéndose definido también la **corrosión** como el fenómeno inverso a la metalurgia.

El proceso de corrosión que afecta a las instalaciones es siempre un fenómeno electroquímico que se establece **entre** el metal y el medio agresivo que le rodea, generalmente el agua.

La **corrosión** se produce por la aparición en el metal de una zona anódica y una zona catódica, conectadas eléctricamente a través del metal y ambas en contacto con el mismo electrolito (medio agresivo, normalmente a base de agua).

El **ánodo** **es** aquella parte del metal en la que se producen las reacciones anódicas o de oxidación, con **disolución** del metal en el agua en forma de iones (ataque por corrosión) y liberación de electrones en el metal. **Estos** electrones se desplazan a través del metal hasta el cátodo en el que se producen reacciones catódicas **o** de reducción (el metal permanece normalmente inalterado).

El **circuito** eléctrico se cierra a través del agua mediante la circulación de iones. Los cationes (iones positivos como los protones o los iones de hierro, sodio, magnesio o calcio) se dirigen hacia el cátodo, mientras que los aniones (iones negativos como los iones cloruro o sulfato) se dirigen al ánodo.

Por lo tanto la degradación y desgaste del metal normalmente se produce tan solo en la zona anódica, permaneciendo la zona catódica inalterada.

Este efecto es claro en los casos de corrosión localizada en los que se pueden producir ataques profundos en ciertos puntos mientras otras zonas cercanas no se corroen.

La **corrosión** uniforme o corrosión generalizada se explica por comportarse ciertas zonas primero como ánodos, **con** lo que sufren un proceso de corrosión, mientras la zona vecina no es atacada al actuar catódicamente. La pequeña diferencia de potencial entre las dos zonas hace que el óxido formado en la parte inicialmente anódica hace que esta acabe siendo más catódica que la zona vecina, con lo que se invierte el proceso, con el resultado final de una corrosión generalizada.

La acidez del agua es importante en los fenómenos de corrosión, siendo el valor del pH el que nos permite cuantificarla. Si el pH es inferior a 7 estamos frente a un agua ácida, en el caso de pH 7 podemos decir que el agua es neutra y para valores superiores a 7 tenemos un agua básica o alcalina.

Cuando el medio agresivo tiene un pH ácido se produce la reacción catódica de reducción de los protones para formar hidrógeno. En presencia de un agua neutra, la reacción catódica principal consiste en la reducción del agua en presencia de oxígeno para formar iones OH-

Reacciones anódicas:

