

# DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

## DTIE 2.02

### CALIDAD DE AIRE INTERIOR

EDITA

 **Atecyr**

PATROCINA



**Saunier Duval**

---

# **DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE**

---

## **DTIE 2.02 CALIDAD DE AIRE INTERIOR**

**Edición:** ATECYR

**Redacción:** Paulino Pastor Pérez

**Coordinación:** Comité Técnico de ATECYR

**Producción y realización:** Editorial EL INSTALADOR y ATECYR

---

## **Perfil del autor:**

### **D. Paulino Pastor Pérez**

Ingeniero Industrial; Presidente del Comité 100 de Climatización de AENOR; Presidente del Subcomité 171.3 de Calidad Ambiental en Interiores, Inspección y Auditoria; Director de AMBISALUD.

## **RELACIÓN DE MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DE ATECYR**

**Presidente:** JOSÉ MANUEL PINAZO OJER

**Vicepresidente:** FELIPE CEBRIÁN QUESADA

**Vocales:** SANTIAGO AROCA LASTRA  
PABLO BLANCO CÓRDOBA  
JOSÉ MARÍA CANO MARCOS  
ALEJANDRO CABETAS HERNÁNDEZ  
MARÍA CUBILLO SAGÜES  
JOSÉ FERNÁNDEZ SEARA  
ARCADIO GARCÍA LASTRA  
RICARDO GARCÍA SAN JOSÉ  
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  
DELFIN SILIO SALCINES  
VICTOR MANUEL SOTO FRANCÉS  
RAFAEL ÚRCULO ARAMBURU  
ALBERTO VITI CORSI  
ANTONIO VEGAS  
PEDRO G. VICENTE QUILES

© ATECYR

**Edita:** ATECYR  
Navaleno, 9  
28033 Madrid

**Producción y realización:**  
ATECYR y EDITORIAL TÉCNICA EL INSTALADOR

**Maquetación e impresión:**  
GRÁFICAS ELISA, S.L.

ISBN: 84-95010-16-X

Dep. Legal: M-44570-2006

# PRESENTACIÓN

*La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), una entidad sin ánimo de lucro fundada en 1974, agrupa a más de 1.400 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; Ministerio de la Vivienda, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, como miembro de pleno derecho en la Comisión Asesora y Grupo de Trabajo Permanente del Reglamento de Instalaciones Térmicas (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.*

*En el campo normativo es digno de resaltar la participación en la elaboración del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), publicado en 1998, así como la adjudicación del concurso restringido convocado por el IDAE para la revisión de este mismo reglamento, en diciembre de 2003 y que hoy esta publicado en*

*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.*

*En sus más de treinta y dos 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 Científico de ATECYR, ahora evolucionado hacia Comité Técnico, 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 (DITE) 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.*

*Por definición, el concepto de utilidad va unido inequívocamente a estos documentos, lo que nos ha hecho plantear algunos temas que, lejos de ser netamente técnicos, merecen la atención de nuestros expertos por la repercusión sobre la actividad de nuestros socios, los técnicos del sector. Me refiero a cuestiones de índole jurídico-técnico en los que nuestra actividad nos obliga a ponernos al día.*

*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.*

*Manuel Acosta Malia  
Presidente*

#### **AGRADECIMIENTO**

Queremos agradecer a SAUNIER DUVAL, Socio Protector de ATECYR, la valiosa colaboración prestada a la edición de este nuevo Documento que iremos presentando a nuestros socios a través de las Agrupaciones de Atecyr.

# **Serie ATECYR de 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

## **SERIE 2: Condiciones de diseño**

- \*2.01 Calidad del ambiente térmico
- \*2.02 Calidad de aire interior
- 2.03 Ambiente acústico: origen, remedios y límites de ruidos y vibraciones

## **SERIE 3: Psicrometría**

- \*3.01 Psicrometría

## **SERIE 4: Tuberías**

- \*4.01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño

## **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

## **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

## **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

## **SERIE 10: Sistemas de calefacción**

- 10.01 Tipos de sistemas
- 10.02 Aplicaciones para edificios residenciales
- \*10.03 Calderas individuales

## **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

# DOCUMENTO TÉCNICO CALIDAD DE AIRE INTERIOR

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1	Calidad de aire interior: Datos básicos .....	9
1.2	Enfermedades relacionadas con el edificio (ERE).....	10
1.3	Síndrome del Edificio Enfermo.....	11
1.4	Calidad del Aire Interior. Cuestiones prácticas .....	11
<b>2</b>	<b>VENTILACIÓN .....</b>	<b>13</b>
2.1	Calidad del aire exterior. ....	14
2.1.1	....Partículas en suspensión.....	15
2.1.2	....Monóxido de carbono .....	21
2.1.3	....Dióxido de carbono .....	24
2.1.4	....Dióxido de azufre .....	26
2.1.5	....Óxidos de nitrógeno.....	28
2.1.6	....Compuestos orgánicos volátiles .....	29
2.1.7	....Ozono.....	37
2.2	Ubicación de las tomas de aire exterior.....	39
2.3	Aire de renovación: Caudal de aire exterior.....	40
2.4	Eficacia de la ventilación.....	46
<b>3</b>	<b>ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE: FILTRACIÓN. ....</b>	<b>50</b>
3.1	Sistemas de retención de partículas. Filtración .....	50
3.1.1	....Mecanismos físicos de filtración .....	51
3.1.2	....Tipos de sistemas de filtración .....	53
3.2	Sistemas de eliminación de gases y vapores.....	58
3.3	Otros sistemas alternativos de purificación de aire .....	60
3.3.1	....Generadores de ozono .....	60
3.3.2	....Radiación ultravioleta.....	60
3.3.3	....Fotocatalisis .....	61
3.4	Ensayo y clasificación de sistemas de filtración .....	61
3.5	Mantenimiento de sistemas de filtración .....	64
<b>4</b>	<b>HIGIENE DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AIRE:.....</b>	<b>67</b>
4.1	Diseño e instalación de sistemas para mantenimiento higiénico.....	68
4.2	Contaminación microbiológica de los ambientes interiores .....	69
4.3	Programa de mantenimiento higiénico-sanitario.....	74
4.4	Limpeza y desinfección de UTA'S y sistemas de conductos.....	77



<b>5</b>	<b>MINIMIZACIÓN Y CONTROL DE FUENTES DE CONTAMINANTES INTERIORES. ....</b>	<b>79</b>
5.1	Usos, actividades y distribución del edificio .....	79
5.2	Materiales de construcción.....	79
5.2.1	....Formaldehído .....	80
5.2.2	....Amianto .....	81
5.2.3	....Gas radón .....	83
5.3	Instalaciones del edificio .....	84
5.3.1	....Instalaciones de acondicionamiento de aire.....	84
5.3.2	....Instalaciones de agua.....	84
5.3.3	....Instalaciones de salubridad .....	85
5.3.4	....Depósitos de combustibles.....	85
5.3.5	....Instalaciones de transporte vertical y comunicación entre plantas .....	86
5.4	Zonas de aparcamiento.....	86
5.5	Almacenes y salas de usos especiales. ....	86
5.6	Mantenimiento del edificio.....	86
5.6.1	....Pesticidas.....	87
5.7	Remodelación del edificio .....	87
5.8	Accidentes .....	87
<b>6</b>	<b>SISTEMAS DE CONTROL DE LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN .....</b>	<b>88</b>
6.1	Compuertas de regulación de paso de aire .....	88
6.2	Sensores de temperatura y humedad relativa .....	89
6.2.1	....Confort Térmico .....	89
6.3	Sensores de ocupación y de calidad de aire .....	91
<b>7</b>	<b>COSTES DE LA NO CALIDAD AMBIENTAL EN INTERIORES.....</b>	<b>92</b>
<b>8</b>	<b>ANEXO 1: CALIDAD DE AIRE EN CIUDADES ESPAÑOLAS .....</b>	<b>93</b>
<b>9</b>	<b>ANEXO 2: METODOS DE CÁLCULO DE TASAS VENTILACIÓN.....</b>	<b>97</b>
9.1	Actividad metabólica .....	97
9.2	Método indirecto de caudal de aire exterior por persona .....	97
9.3	Método directo por calidad del aire percibido .....	98
9.4	Método directo por concentración de CO <sub>2</sub> .....	103
9.5	Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie .....	105
<b>10</b>	<b>ANEXO 3: INSPECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS DE CAI .....</b>	<b>106</b>
10.1	Inspecciones visuales y revisiones documentales.....	106
10.2	Determinación de contaminantes, tanto ambientales como en superficie.....	106
10.3	Realización de encuestas de satisfacción de los usuarios.....	107

# 1. INTRODUCCIÓN

---

La calidad de aire interior es un aspecto que ha ido cobrando relevancia en los últimos años como uno de los elementos críticos que debe ser capaz de asegurar una correcta instalación de acondicionamiento de aire.

El presente documento incluye una relación de los factores que deben tenerse en consideración en el momento del diseño de una instalación nueva o en la remodelación de una existente, con objeto de asegurar que la calidad de aire interior suministrada por la misma sea correcta, así como durante su vida útil.

Este documento es de aplicación a edificios no residenciales dotados de sistemas de acondicionamiento de aire, con ventilación mecánica. No es de aplicación en edificios dotados exclusivamente de ventilación natural. Esta especialmente enfocado a edificios comerciales, de oficinas o sector terciario en general, pero incluye aspectos que serían de aplicación en edificios especiales como hospitales, industria, etc.

## 1.1 Calidad de aire interior: Datos básicos

Es impensable iniciar un documento que trate sobre la calidad del aire interior, sin citar algunas cuestiones que no por haber sido citadas hasta la saciedad han perdido su importancia, una de ellas es el hecho de las personas, especialmente en los entornos urbanos, pasamos más del 80 al 90% de nuestro tiempo en ambientes interiores, con ligeras diferencias entre norte y sur por las costumbres y la climatología, estas cifras son en cualquier caso suficientes como para que nos cuestionemos acerca de la calidad del aire que respiramos en dichos ambientes.

En sanidad ambiental se considera que los tres pilares de la salud son, en primer lugar la calidad asistencial sanitaria, cuya responsabilidad recae en las administraciones públicas, en segundo de los hábitos de vida, alimentación, ejercicio, tabaquismo, etc., cuya única responsabilidad es de los individuos, y por último de la calidad del ambiente en que se desenvuelven las personas, y cuya responsabilidad es de todos los participantes en el proceso de construcción y mantenimiento de los edificios y sus instalaciones.

Dentro de este último aspecto, las administraciones públicas son responsables en cuanto a la necesidad de establecer un marco regulatorio pero no son gestores directos en la mayoría de los casos. Los entornos por los que transitan las personas son muy variados, los hogares, los medios de transporte públicos o privados, los centros de trabajo, los centros de ocio, los hospitales, etc., y por supuesto el ambiente exterior. Los centros de trabajo de carácter industrial y el ambiente exterior, disponen de variadas disposiciones reglamentarias tendentes a mantener bajo control las características ambientales, aunque, ocasionalmente las reglamentaciones se incumplan por diversas razones.

No obstante, como se citaba al principio, los habitantes urbanos pasan entre un 80 y un 90% de su tiempo en espacios interiores no industriales. Si tenemos en consideración que el sector servicios agrupa más del 60 al 70% de dicha población, encontraremos un elevado número de personas que pasan gran parte de su vida en ambientes cerrados con bajos o nulos niveles de control ambiental.

En este punto cabe cuestionarse ¿es necesario regular y controlar la calidad del aire interior?, ¿existen riesgos diferentes en los ambientes interiores que en los exteriores?.

Existe suficiente evidencia científica que demuestra que el aire interior no es un fiel reflejo del aire exterior; se sabe con certeza que la calidad del aire sufre modificaciones, en algunos casos muy importantes, al pasar del exterior al interior. A veces, el edificio actúa a modo de barrera, como es el ejemplo del dióxido de azufre, el ozono troposférico (de origen externo) o el monóxido de carbono procedente del tráfico exte-

rior, pero en la mayoría de los ambientes interiores, además de la contaminación incontrolada que puede entrar del exterior, existen diversos emisores de contaminación que alteran profundamente la calidad de dicho aire interior, como es el caso de los materiales de construcción y decoración, las actividades de mantenimiento y limpieza, y en general todas las actividades humanas que se realizan en el edificio, etc. Un caso muy particular lo representan los microorganismos que se adaptan a co-habitar nuestros espacios interiores creándonos problemas sanitarios de muy diversa índole llegando en casos extremos a provocar la muerte de los individuos (legionelosis, aspergilosis, etc.)

Por lo tanto, si las condiciones ambientales interiores no son exactamente las mismas que las exteriores, es obvio que se necesitan medidas específicas que permitan asegurar el control de la calidad del aire interior.

La perspectiva varía enormemente de un país a otro, los países en vías de desarrollo en Sudamérica, Asia y África en general, presentan agudísimos problemas de calidad de aire interior a nivel doméstico, ya que en estos países se siguen empleando combustibles como madera, carbón u otros de origen biológico para cocinar y calentarse. Si preguntamos a cualquier investigador sobre Calidad Ambiental en Interiores de estos países, nos mostrará sus estudios que revelan concentraciones de contaminantes derivados de la combustión, como partículas o monóxido de carbono miles de veces superiores a las que podríamos encontrar en los entornos interiores occidentales. Sobre este aspecto, se han hecho múltiples estudios auspiciados por la OMS. Por su parte, los edificios occidentales presentan otras problemáticas derivadas del uso de materiales de origen petroquímico, emisión de compuestos volátiles orgánicos derivados de los productos de limpieza o mantenimiento, o de los propios materiales de construcción, ozono generado en el interior de los edificios por el equipamiento ofimático, pesticidas, humo de tabaco en aquellos lugares en que se permite fumar, presencia de amianto en los edificios, etc.

En todos los casos, la problemática es digna de estudio, con el objetivo de identificar medidas que permitan la mejora continuada de la calidad del aire interior que en definitiva repercutirá en unas mejores condiciones de salud y confort de las personas.

## **1.2 Enfermedades relacionadas con el edificio (ERE)**

Existen toda una serie de enfermedades asociadas a la estancia de las personas en los ambientes interiores. Se suelen agrupar dentro de la denominación genérica de Enfermedades Relacionadas con el Edificio. Básicamente podríamos diferenciarlas en enfermedades de transmisión entre personas y/o animales y enfermedades generadas por el propio edificio, sus instalaciones, estructuras, materiales, etc.

Entre las primeras, el fenómeno que se produce es un aumento de la frecuencia de contagio de enfermedades transmisibles por el simple hecho de que varias personas se encuentren en espacios cerrados. Se trata simplemente de los catarros comunes, gripe, sarampión, varicela o enfermedades más graves como tuberculosis. La probabilidad de contagio aumentará con el tiempo de contacto entre personas sanas y enfermas y con la mala ventilación de los espacios.

Dentro de las segundas hemos de diferenciar entre enfermedades por hipersensibilidad y enfermedades derivadas de la exposición a sustancias tóxicas o infecciosas presentes en el ambiente interior. Las reacciones por hipersensibilidad, son una reacción adversa del sistema inmune frente a la presencia de alguna sustancia reconocida como extraña por el propio sistema. Generalmente la reacción se produce cuando el organismo es expuesto a un antígeno en repetidas ocasiones; dentro de esta categoría encontramos enfermedades como el asma alérgica, la rinitis alérgica, la neumonitis por hipersensibilidad o algunos tipos de dermatitis causadas por alérgenos. Los antígenos pueden tener muy diversos orígenes, pero muy comúnmente derivan de la contaminación fúngica o bacteriana presente en los edificios y sus instalaciones.