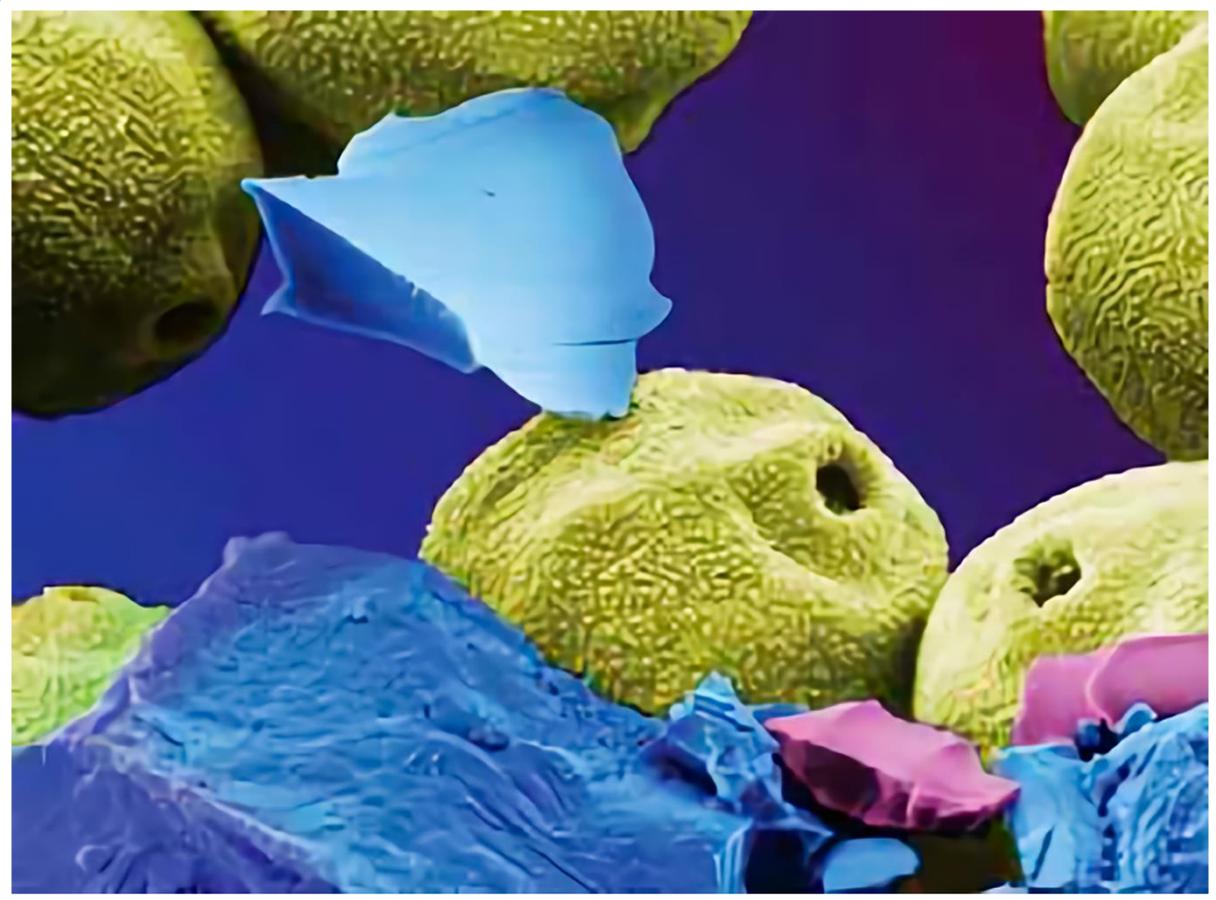


DOCUMENTOS TÉCNICOS
DE INSTALACIONES
EN LA EDIFICACIÓN



DTIE 2.06

SISTEMAS DE FILTRACIÓN
Y PURIFICACIÓN DEL AIRE

PATROCINA

aire
limpio 20 años

EDITA

 Atecyr

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

**DTIE 2.06
SISTEMAS DE FILTRACIÓN Y PURIFICACIÓN DEL AIRE**

Autores:**Paulino Pastor Pérez**

Ingeniero Técnico en Química Industrial

Máster en Prevención de Riesgos Laborales

Máster en Gestión de Calidad

Revisor:

Ricardo García San José, Vicepresidente del Comité Técnico de Atecyr.

Relación de miembros del Comité Técnico de Atecyr:

Presidente: José Manuel Pinazo Ojer

Vicepresidente Ejecutivo: Pedro G. Vicente Quiles

Vicepresidente: Ricardo García San José

Miembro honorífico:

Alejandro Cabetas Hernández

Vocales:

José María Cano Marcos
José Antonio Rodríguez Tarodo
Rafael Úrculo Aramburu
Antonio Vegas Casado
Ramón Velázquez Vila
Víctor Manuel Soto Francés
Francisco Javier Rey Martínez
Adrián Gomila Vinent
Paulino Pastor Pérez
José Manuel Cejudo López
Juan Jose Quixano Burgos
José Fernández Seara
Enrique Torrella Alcaraz
Angel Barragán Cervera
Ramón Puente Varela
Jose Antonio Fernández Benítez

Juan Travesí Cabetas
José Luis Barrientos Moreno
Miguel Ángel Navas Martín
Manuel Sánchez Marín Flores
Justo García Sanz-Calcedo
Ignacio Leiva Pozo
Nicolás Bermejo Presa
Vidal Díaz Martínez
Arcadio García Lastra
César Martín Gómez
Marta San Román
Paloma Virseda Chamorro
Ramón Cabello López
Pedro Romero Jiménez
Pedro Coya Alonso

Depósito Legal: M-17007-2019

ISBN: 978-84-95010-66-7

©ATECYR

Edita: ATECYR

Agastia 112 A - 28043 Madrid

Producción y Realización: ATECYR

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

Agradecimientos por su aportación de material gráfico: Aire Limpio, Camfill, Freudenberg, General Filter y Trox.

PRESENTACIÓN DTIE

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), 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.

ATECYR cumple al pie de la letra con su carácter asociativo y transforma, fielmente, los fines que figuran en sus estatutos en objetivos a cumplir y en forma de trabajar.

Los Estatutos que rigen nuestra Asociación definen como fines de ATECYR:

- El estudio, en todas sus vertientes y manifestaciones, de la problemática, la ordenación, la reglamentación, y la protección y desarrollo de las técnicas de climatización, en su más amplio sentido, comprendiendo en tales, y sin carácter limitativo, la calefacción refrigeración, ventilación y acondicionamiento de aire en cualquiera de sus manifestaciones técnicas, así como en todo lo relacionado con el frío industrial, fontanería, uso racional de la energía, gestión de la energía, eficiencia energética, energías renovables, y, en particular la energía solar, térmica, eólica y biomasa, cogeneración, ingeniería del medio ambiente, y de cualesquiera otras actividades directa o indirectamente relacionadas con las mismas.
- La creación, recopilación y divulgación de información científica relacionada con estas tecnologías en España respecto a estas técnicas, cuyo objeto es el entorno ambiental del hombre, la sostenibilidad y el desarrollo de la misma, así como el fomento y desarrollo del interés por el diseño y equipamiento de este entorno, a fin de mejor cumplir su función social.
- La investigación, realización de estudios y análisis relativos a esta temática, así como la recomendación de planes de actuación y Transferencia de Tecnología.
- La organización de Cursos, Seminarios, Simposios, Conferencias y, en general, de cuantas actividades vayan encaminadas a la formación y divulgación, en su más amplio sentido, en el ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad, desde la propia Asociación o en colaboración con Entidades u Organismos públicos o privados nacionales o extranjeros de similares o complementarios campos de actuación.
- La certificación y acreditación de la capacitación de profesionales y de personal, en el ámbito de actuación material en el que la Asociación desarrolla su actividad.
- Potenciar la colaboración y realizar acuerdos con cualesquiera otras entidades de cualquier naturaleza, públicas o privadas, nacionales o extranjeras, en el desarrollo del ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad.
- Colaborar con las Administraciones Central, Autonómicas o Locales así como con cualquier otro organismo o entidad pública o privada, asesorándolas o prestándolas la asistencia necesaria para la confección, desarrollo y/o interpretación de la normativa y reglamentación relativa al ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad.

Para la consecución de sus fines, ATECYR lleva a cabo una intensa actividad de colaboración con entes públicos y privados, mediante la participación en grupos de trabajo para la elaboración de distintas normas con el Ministerio de Fomento. Con el Ministerio para la Transición Ecológica, 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 contabilización de consumos o las Auditorías Energéticas. Colaboramos con el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo en la Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial en el desarrollo de la modificación del

Reglamento de Seguridad de Instalaciones frigoríficas. Así mismo participamos con un gran número de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, gracias a la incansable actividad de las Agrupaciones Provinciales con que contamos.

En el campo normativo es digno de resaltar la adjudicación del concurso restringido convocado por el IDAE para la revisión del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), en diciembre de 2003 y que se aprobó y publicó el 20 de julio de 2007, Real Decreto 1027/2007 y la secretaria y coordinación de las 26 asociaciones representativas del sector, para proponer al ministerio la modificación de este reglamento que se ha publicado en el año 2013, RD 238/2013.

Destacamos el desarrollo de 3 cursos propios, que se imparten de manera semipresencial, desarrollados por el Comité Técnico de ATECYR y que cuentan con los más prestigiosos profesores del sector que son:

- El Curso de Experto en Climatización de 300 horas
- El Curso de Experto en Refrigeración de 168 horas.
- El Curso de Experto Auditor y Gestor Energético en la Edificación y la Industria de 256 horas.

Además, ATECYR ha organizado junto con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid el Congreso de tecnologías de la Refrigeración Tecnofrío'16, Tecnofrío'17 y Tecnofrío'18 y junto con AFEC y FEDECAI ha organizado el I Congreso de Calidad de Aire Interior.

ATECYR es miembro y participa activamente en REHVA, Federación Europea de Asociaciones de Profesionales del Sector de Instalaciones Mecánicas, en FAIAR, Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Aire Acondicionado y Refrigeración y en ASHRAE, asociación americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. Además ha participado junto con REHVA y otras asociaciones en el Proyecto Europeo PROF TRAC.

En sus más de cuarenta 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.

La actividad de la asociación descansa en dos pilares fundamentales: Las Agrupaciones como grandes generadoras de nuestra actividad y como instrumentos que nos permitan la cercanía y el servicio al socio, y el Comité Técnico, compuesto por un grupo de expertos muy respetados en nuestro sector, que, de alguna manera, han marcado las tendencias y la forma de hacer las cosas en los últimos años y que se constituye como el gran dinamizador de toda nuestra actividad.

El Comité Técnico de ATECYR viene trabajando desde hace años, en la elaboración de una valiosa 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.

La colección de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación (DTIE) nace 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 el tema en cuestión para desarrollar su labor.

Esta colección de documentos pretende constituirse como guías prácticas sobre temas de interés dentro del ámbito de la climatización y refrigeración, dirigidas a técnicos que trabajan o que tengan inquietudes en este ámbito y se han convertido en la documentación imprescindible en los cursos de formación de las Instalaciones en la Edificación.

www.calculaconatecyr.com es el portal a través del cual se distribuyen gratuitamente para todos los técnicos del sector 8 programas de cálculo y dimensionamiento de las instalaciones térmicas. ATECYR, a través de la Fundación ATECYR ha adquirido la licencia de distribución del Software desarrollado y adaptado a las necesidades del mercado y normativa vigentes por un grupo de profesores de la UPV del Grupo de Ingeniería Térmica del Departamento de Termodinámica Aplicada.

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

ATECYR es autor junto al IVE de CERMA que es Documento Reconocido para la certificación de eficiencia energética tanto de edificios nuevos como existentes, según lo dispuesto en el Real Decreto 235/2013, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios.

Sólo queda agradecer su aportación al patrocinador de este DTIE, **AIRE LIMPIO**, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto y presentar este nuevo DTIE 2.06 SISTEMAS DE FILTRACIÓN Y PURIFICACIÓN DEL AIRE.

Miguel Ángel Llopis Gómez

Presidente de ATECYR

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
- *1.06 Instalación de climatización en hospitales

SERIE 2: Condiciones de diseño

- *2.01 Calidad del ambiente térmico
- *2.02 Calidad de aire interior
- *2.03 Acústica en instalaciones de aire
- *2.04 Acústica en instalaciones de Climatización: Casos prácticos
- *2.05 Calidad del aire exterior: mapa ODA de las principales capitales de provincias de España
- *2.06 Sistemas de filtración y purificación del aire.

SERIE 3: Psicrometría

- *3.01 Psicrometría

SERIE 4: Tuberías

- *4.01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño. (Edición revisada)
- *4.02 Circuitos hidráulicos y selección de bombas

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
- *7.04 Entrada de datos al programa CALENER GT
- *7.05 cálculo de cargas térmicas
- *7.06 Procedimientos simplificados para la certificación de viviendas de nueva construcción: Cerma, Ce2, CES
- *7.07 Metodología BIM en la Climatización

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
- *8.04 Energía Solar Térmica. Casos Prácticos

SERIE 9: Sistemas de acondicionamientos de aire

- *9.01 Tipos de sistemas
- *9.02 Relación entre el edificio y el sistema de climatización

- *9.03 Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales
- *9.04 Sistema de suelo radiante
- *9.05 Sistemas de climatización
- *9.06 Selección de equipos secundarios según el sistema
- *9.07 Cálculo y Selección de equipos primarios
- *9.08 Bombas de Calor a Gas
- *9.09 Sistemas de Climatización 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
- *10.05 Principios básicos de las calderas de condensación
- *10.06 Piscinas cubiertas. Sistemas de climatización deshumectación y ahorro de energía mediante bombas de calor

SERIE 11: Control

- 11.01 Esquemas de control
- *11.02 Regulación y control de instalaciones de climatización
- *11.03 Contaje de Energía de acuerdo al RITE en sistemas de agua para calefacción y ACS

SERIE 12: Aislamiento térmico

- *12.01 Cálculo del aislamiento térmico de conducciones y equipos
- *12.02 Aplicación de aislamientos en la edificación y las instalaciones. Casos prácticos

SERIE 13: Difusión de aire

SERIE 14: Acumulación de energía térmica

SERIE 15: Salas de máquinas

SERIE 16: Puesta en marcha, recepción y mantenimiento

- 16.01 Criterios de calidad en el montaje de las instalaciones de climatización y ACS
- *16.02 Etiquetado y Ecodiseño

SERIE 17: Varios

- *17.01 Análisis económico de sistemas eficientes. Estudio de Casos
- *17.02 Responsabilidad Civil del Ingeniero
- *17.03 Contenidos de proyecto y memoria técnica
- *17.04 Instrumentación y Medición

SERIE 18: Rehabilitación Energética y Reforma

- *18.01 Rehabilitación Energética de la Envolvente Térmica de los Edificios
- 18.02 Rehabilitación Energética de las Instalaciones Térmicas de los Edificios
- *18.03 Integración de Energías Renovables en la Rehabilitación Energética de los Edificios
- *18.04 Auditorías Energéticas. Casos Prácticos.

SERIE 19: Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo

- 19.01 Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo. Parte teórica
- *19.02 Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo. Casos prácticos

*Editadas

ÍNDICE

PRESENTACIÓN DTIE	3
DTIE - Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación	6
1 ANTECEDENTES.....	9
2 INTRODUCCIÓN. LA IMPORTANCIA DE FILTRAR Y PURIFICAR EL AIRE.....	9
3 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONTAMINANTES.....	11
4 GASES Y VAPORES CONTAMINANTES	17
5 CONTAMINANTES BIOLÓGICOS.....	19
6 MOVIMIENTO DE AIRE Y FILTRACIÓN: CAUDAL Y PRESIÓN.....	22
7 MECANISMOS DE FILTRACIÓN DEL AIRE	25
8 MÉTODOS DE ENSAYO DE FILTROS DE PARTÍCULAS	30
8.1 Normas Europeas: CEN	30
8.2 Normas Internacionales: ISO.....	30
8.3 Normas Estados Unidos: ASHRAE.....	36
9 FILTROS DE PARTÍCULAS	38
9.1 Medios filtrantes	38
9.2 Tipos de filtros de partículas	40
9.3 Filtros electrostáticos	45
9.4 Filtros de polarización activa.....	46
10 FILTRACIÓN MOLECULAR: FILTROS DE GASES	47
11 PURIFICACIÓN DEL AIRE: RADIACIÓN ULTRAVIOLETA Y FOTOCATÁLISIS 53	
11.1 Desinfección por radiación UV.....	53
11.2 Fotocatálisis.....	54
12 COSTES DE LA FILTRACIÓN.....	56
13 SELECCIÓN DE SISTEMAS DE FILTRACIÓN.....	63
14 MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE FILTRACIÓN.....	67
ANEXO: MODELOS DE INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO DE FILTROS ..	74
BIBLIOGRAFÍA.....	76

1 ANTECEDENTES

El principal objetivo de este documento es ayudar a incrementar el conocimiento de la importancia de la filtración y la purificación del aire en la mejora de la calidad ambiental interior en los edificios.

Por otra parte se describen aspectos importantes como las implicaciones en eficiencia energética, la correcta selección de los sistemas de filtración y purificación, y el mantenimiento y eliminación de filtros contaminados.

2 INTRODUCCIÓN. LA IMPORTANCIA DE FILTRAR Y PURIFICAR EL AIRE

El proceso de filtración se define comúnmente como la operación de separar física o mecánicamente sólidos o líquidos que se encuentran suspendidos en un fluido (a efectos de este documento aire). Por su parte el término purificación suele incorporar el matiz de la separación de gases o vapores no deseados e incluso la posibilidad de desactivar o destruir partículas biológicamente activas que se pudieran encontrar en dicho fluido. El objetivo de la filtración y purificación en el contexto de la climatización es mejorar la calidad del aire suministrado mediante la retirada de agentes contaminantes de cualquier tipo, sólidos, líquidos o gaseosos y con componente biológica y que pudieran afectar a la salud y el confort de los usuarios o que pudieran deteriorar el equipamiento, materiales, obras de arte u otros que se encuentren en dichos entornos acondicionados.

La filtración es una operación fundamental en muchísimos procesos de tipo industrial, investigación u otros pero este documento se centra exclusivamente en los usos de acondicionamiento de aire, incluyendo usos especiales como hospitalarios, museos u otros.

Un sistema de climatización típico para un edificio de 10.000 metros cuadrados puede llegar a mover entre 15.000 y 30.000 metros cúbicos de aire exterior a la hora, este valor varía mucho según tipología del sistema si es todo aire, mixto, etc. pero esta cifra puede servir de referencia.

En la ciudad promedio española la carga de partículas PM10 en el aire oscila en torno a 30 a 40 microgramos/m³ (especialmente en las horas diurnas que coinciden con el momento de máxima actividad urbana y en que los sistemas trabajan más, ver figura 1) esto supone una carga total de contaminación de entre 1 y 2 kilos anuales.

En el periodo de vida útil de una instalación la carga acumulada podría llegar a ser de entre 30 y 60 kilos de material contaminante.

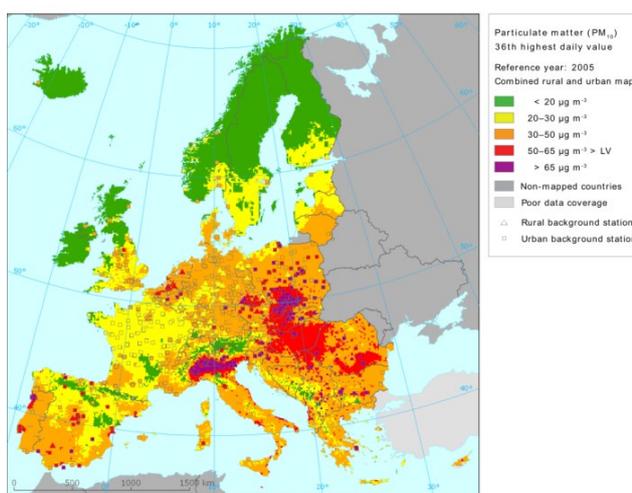


Figura 1 Mapa de partículas PM10 en el aire

En el caso de un hospital que trabaja 24 horas/365 días, la carga sería de entre 4 y 8 kilos anuales y acumulada de 120 y 240 kilos.

Una parte de esa contaminación entra y sale del edificio ya que se mantiene en suspensión todo el tiempo, otra será aspirada por los pulmones de los usuarios y otra parte se depositará en diversas superficies (conductos, UTA's, plenum, áreas ocupadas, etc.) debido a las turbulencias y cambios de velocidad del aire. La materia depositada va deteriorando progresivamente las instalaciones y el ambiente interior del edificio en general y en determinadas zonas (plenums de difícil acceso, conductos no accesibles) es muy costoso y complejo eliminarla, por tanto la mejor estrategia para evitar la contaminación de los edificios, y así proteger tanto a los usuarios como a las instalaciones y al edificio en sí, es la retención de la contaminación mediante adecuados sistemas de filtración y purificación del aire.

Este planteamiento que parece bastante lógico, ha sido tradicionalmente poco considerado en el cálculo y diseño de instalaciones de climatización. El uso tradicional de los filtros era la protección de los equipamientos, evitar el excesivo ensuciamiento de baterías, ventiladores y otros. Actualmente, sin olvidar el anterior, el principal uso de los sistemas de filtración es la protección de la salud y el confort de los usuarios, lo cual requiere lógicamente otros niveles de filtración más exigentes.

En la IT 1.1.4.2.4. Filtración del aire exterior mínimo de ventilación de la modificación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios aprobada en 2013 se especifica que el aire exterior debe ser filtrado según la calidad del aire exterior con filtros de clase especificada en la tabla adjunta (Tabla 1):

Clases de filtración				
Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF (*)+F9	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

(*) GF = Filtro de gas (filtro de carbono) y, o filtro químico o físico-químico (fotocatalítico) y solo serán necesarios en caso de que la ODA 3 se alcance por exceso de gases.

Tabla 1 Clases de filtración

Las clases de ODA se refieren a los diversos niveles de calidad del aire exterior que según el mismo documento se clasifican de acuerdo con los siguientes niveles:

ODA 1: aire puro que se ensucia sólo temporalmente (por ejemplo polen).

ODA 2: aire con concentraciones altas de partículas y, o de gases contaminantes.

ODA 3: aire con concentraciones muy altas de gases contaminantes (ODA 3G) y, o de partículas (ODA 3P).

Para más información sobre ODA's ver el documento de Atecyr, DTIE 2.05 Calidad del Aire Exterior: Mapa de ODAs de las principales capitales de provincia de España

3 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONTAMINANTES

El presente documento se centra en los aspectos técnicos y económicos de la filtración, no pretende describir en profundidad los elementos contaminantes que la filtración y purificación ayuda a eliminar del aire, para más información sobre estos aspectos se puede encontrar información en el documento de Atecyr -- Calidad del Aire Interior - DTIE 2.02 No obstante a continuación incluimos un breve resumen de algunos de los elementos contaminantes más comunes en ambientes tanto interiores como exteriores haciendo especial referencia a cuestiones relativas a la filtración.

Materia particulada

Las partículas sólidas o líquidas en suspensión en el aire, denominadas habitualmente aerosoles, palabra creada por August Schmaus en 1920 con el significado de "partícula transportada por el aire", son los elementos que eliminan los filtros de tipo mecánico y son los contaminantes más preocupantes, sobre todo por su ubicuidad.

Para caracterizar la contaminación por materia particulada hay varios factores que han de ser considerados, algunos de ellos muy relevantes desde el punto de vista de la filtración, entre ellos podemos destacar las siguientes:

- Composición
- Densidad
- Forma
- Tamaño
- Concentración
- Propiedades eléctricas

En cuanto a la *composición* de la materia particulada, fundamentalmente encontramos por una parte contaminantes de origen natural que tienen una composición parecida a la de la corteza terrestre y por tanto contienen aluminio, calcio, silicio, oxígeno y sales especialmente en zonas marítimas, así como nieblas y material de origen biológico como hongos, bacterias o virus, polen u otras partículas de origen vegetal, restos de insectos, etc. En entornos urbanos además existe una concentración significativa de contaminantes artificiales como los humos de los escapes de vehículos, calefacción o emisiones industriales.

En los entornos cerrados se suma la contaminación derivada de la presencia humana y sus actividades, textiles, aerosoles de productos de limpieza o mantenimiento, fibras aislantes, escamas de piel, pelo de animales, etc.

En la figura 2 se incluye una típica relación de partículas comunes distribuidas por tamaños.