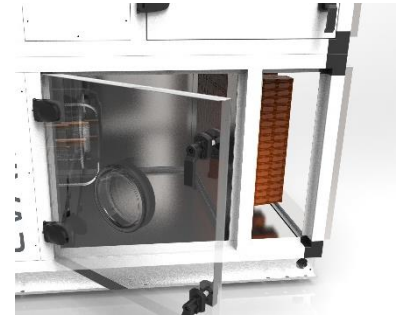


Requisitos de Calidad del Aire (IAQ) en el Interior de los Edificios y nueva clasificación de filtros según ISO 16890

Autores: José A. Torre. MASHRAE. Ingeniero Industrial. Rubén Gil. MASHRAE. Ingeniero Industrial.

La norma EN 779 clasificaba los filtros en función de su capacidad de retención de partículas de tamaño $0,4 \mu\text{m}$, sin embargo, la Organización Mundial de Salud lleva tiempo advirtiendo del efecto nocivo que tienen para la salud las partículas más pequeñas, especialmente las de tamaño $0,1 \mu\text{m}$ y $0,2 \mu\text{m}$. Tras la revisión de diversas directrices a nivel internacional y de los valores que la legislación nacional establece en lo que a calidad de aire interior y partículas refiere, todo parece indicar que la ISO 16890 representa un avance muy significativo. Este nuevo estándar internacional aparece para determinar un mecanismo de clasificación y especificación técnica de filtros que permite conocer más fácilmente el contenido de partículas nocivas que afectan negativamente al ser humano en el interior de los edificios.



La **OMS, Organización Mundial de Salud** (en inglés *WHO*), advierte que las partículas más perjudiciales para la salud son las de tamaño $\leq 10 \mu\text{m}$, ya que penetran en el aparato respiratorio y pueden alojarse en el interior profundo de los pulmones. Del mismo modo, considera que la exposición crónica a estas partículas agrava el riesgo de desarrollar cardiopatías y neumopatías, así como cáncer de pulmón.



Penetración partículas en aparato respiratorio

Faringe	$5 \div 10 \mu\text{m}$
Tráquea	$3 \div 5 \mu\text{m}$
Bronquios	$2 \div 3 \mu\text{m}$
Bronquiolos	$1 \div 1 \mu\text{m}$
Alvéolos	$0,1 \div 1 \mu\text{m}$

OMS	Concentración máxima $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	PM 2,5	PM 10
Media anual	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Media en 24 h	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Según la OMS, existe una estrecha relación entre la exposición a altas concentraciones de partículas pequeñas ($2,5 \mu\text{m}$ y $10 \mu\text{m}$) y el aumento de la **mortalidad** o **morbilidad** diaria y a largo plazo. Bajo esta premisa, establece una concentración de partículas máxima que no debería superarse.

En España, el **BOE**, Boletín Oficial de Estado, establece unos valores límite en condiciones ambientales para protección de la salud sobre partículas PM10 y PM 2.5, de diámetros $10 \mu\text{m}$ y $2,5 \mu\text{m}$ respectivamente.

BOE. Real Decreto 102/2011. Valores límite de las partículas PM10 en condiciones ambientales para la protección de la salud				
Valor establecido	Período	Límite	Tolerancia (1)	Fecha de cumplimiento (2)
Límite diario	24 horas	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ máximo 35 ocasiones/año.	50%	En vigor desde 01/01/2005
Límite anual	1 año civil	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	20%	En vigor desde 01/01/2005

(1) Aplicable solo mientras esté en vigor la exención de cumplimiento de los valores límite concedida de acuerdo con el artículo 23.
 (2) En las zonas en las que se haya concedido exención de cumplimiento, de acuerdo con el artículo 23, el 11 de junio de 2011.

BOE. Real Decreto 102/2011. Valores objetivo y límite partículas PM2,5 en condiciones ambientales para la protección de la salud				
Valor establecido	Período	Límite	Tolerancia	Fecha de cumplimiento
Objetivo anual	1 año civil	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	En vigor desde 01/01/2010.
Límite anual (fase I)	1 año civil	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0% desde el 01/01/2015	1 de enero de 2015.
Límite anual (fase II) (3)	1 año civil	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	1 de enero de 2020.

(3) Valor límite indicativo que deberá ratificarse como valor límite en 2013 a la luz de una mayor información acerca de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, la viabilidad técnica y la experiencia obtenida con el valor objetivo en los Estados Miembros de la Unión Europea.

También a nivel nacional, en el **RITE**, Reglamento de instalaciones Térmicas en Edificios, se recoge una clasificación cualitativa de la calidad de aire exterior (ODA), función de la concentración de partículas y gases,

así como de aire interior (IDA), función del uso del edificio. Por motivos de higiene, es necesario en los edificios aportar un aire de ventilación exterior filtrado y térmicamente tratado, y de acuerdo a esta mencionada clasificación se establecen los niveles y tipos de filtración necesarios.

RITE IT 1.1.4 2.4 .Filtración requerida delaire exteriorde ventilación según EN 779				
CALIDAD AIRE EXTERIOR	CALIDAD AIRE INTERIOR			
	DA 1	DA 2	DA 3	DA 4
ODA 1	F9	F8	F7	M 5
ODA 2	F7+F9	M 6+F8	M 5+F7	M 5+F6
ODA 3	F7+GF+F9	F7+GF+F9	M 5+F7	M 5+F6

Reglamento Inst. Térmicas RITE IT 1.1.4 2.2 .Aire Interior en función del Uso del Edificio		
CATEGORÍA	CALIDAD	APLICACIÓN
IDA 1	OPTIMA	Hospitales, Clínicas, Laboratorios, Guarderías
IDA 2	BUENA	Oficinas, residencias, bibliotecas, museos, aulas formación, piscinas
IDA 3	MODERNA	Edificios con erciales y de pública concurrencia, habitos hotel, gimnasios
IDA 4	BAJA	Aire de baja calidad

Reglamento Instalaciones Térmicas en Edificios RITE IT 1.1.4 2.4 .Clasificación Aire Exterior	
CATEGORÍA	CALIDAD
ODA 1	Aire puro que puede contener partículas sólidas de forma temporal
ODA 2	Aire con altas concentraciones de partículas
ODA 3	Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos
ODA 4	Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas
ODA 5	Aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas

Al igual que ocurre con el aire exterior introducido en el edificio, también debe ser filtrado el aire recirculado que se utiliza en climatización, más si cabe considerando que existe una evolución de la eficacia del sistema de filtración con las sucesivas pasadas del aire a través del filtro. De esta manera se pueden alcanzar las condiciones de higiene deseadas.

De esta breve revisión a nivel regulatorio, se puede deducir que **hospitales, clínicas y residencias** son especialmente críticos en lo que respecta a calidad del aire. En primer lugar, además de los ya conocidos efectos nocivos de un alto contenido en partículas para afecciones respiratorias, muchos expertos consideran que éste afecta de manera notable al periodo de recuperación del paciente. En segundo lugar, en centros sanitarios, la relación entre las partículas en suspensión del aire y la transmisión de enfermedades parece tener una consecuencia directa en la provocación de casos de **enfermedades nosocomiales** adquiridas en estos edificios.

Por todo ello, es muy importante prestar atención a la calidad del aire en el interior del edificio, controlando el contenido, tipo y tamaño de partículas en suspensión en el aire. La norma ISO 16890 permite abordar en profundidad estos temas y establecer una clasificación de filtros que aporta mucha más información útil en este sentido. Mediante la utilización de este estándar se podrá instaurar unos niveles de calidad de aire acordes a los requisitos del edificio en cuestión de forma más sencilla e intuitiva.



Evolución de la EN 779 a la ISO 16890

En primer lugar, es necesario reseñar el gran paso que supone que, gracias a la ISO 16890, se produce una armonización y unificación bajo una **única norma Internacional ISO**, de lo que hasta el momento eran dos estándares ASHRAE y EN utilizados simultáneamente en distintas partes del mundo, estableciendo de este modo un lenguaje universal para todos los especialistas que trabajan en la calidad de aire. A partir de ahí, la ISO 16890 presenta varias diferencias notables frente a la **EN 779**.

La primera y más representativa de las diferencias tiene que ver con los tamaños de partícula. Mientras que la norma ISO 16890 contempla diferentes tamaños de partícula, la EN 779 establecía un sistema de clasificación de filtros en función de la eficacia que éstos tenían para tener **partículas de tamaño 0,4 µm**. No se aportaba información sobre la retención para otros tamaños de partícula, quedando las partículas más pequeñas fuera del alcance de esta norma y siendo éstas clasificadas según la EN 1882. A continuación, se indican los niveles de filtración establecidos en la EN 779:

- Filtro **Grueso (Grupo G)** para eficacia de partículas de 0,4 µm inferior al 40%. Estos se clasifican por su rendimiento (masa retenida) medio según la carga de polvo. Pérdida de carga final de 250 Pa.
- Filtro **Medio (Grupo M)** para eficacia media de partículas de 0,4 µm entre el 40% y el 80%. Pérdida de carga final 450 Pa.
- Filtro **Fino (Grupo F)**, para eficacia media superior al 80% y eficacia mínima que va del 35% al 70%. Pérdida de carga final 450 Pa.

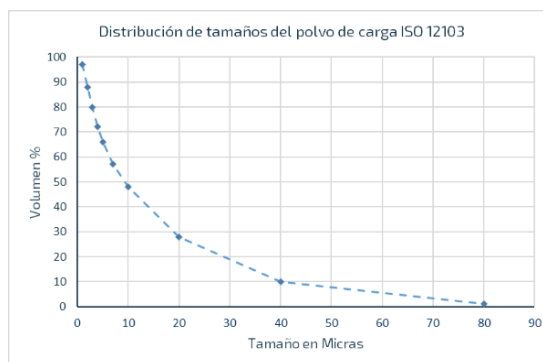
FILTRACIÓN		EN 779				HIGIENICOS EN 1882		
NORMA	TIPO	CLASE	Presión Final	Rendimiento medio	Eficacia media (Em)	Eficacia mínima (*)	Eficacia mínima	Eficacia mínima
			(Pa)	(Am) polvo sintético %	partículas de 0.4µm %	partículas de 0.4 µm %	partículas de 0.3 µm %	partículas de 0.12 µm %
EN 779	Grueso	G1	250	50 ≤ Am < 65	-	-	-	-
		G2	250	65 ≤ Am < 80	-	-	-	-
		G3	250	80 ≤ Am < 90	-	-	-	-
		G4	250	90 ≤ Am	-	-	-	-
	Medio	M5	450	-	40 ≤ Em < 60	-	-	-
		M6	450	-	60 ≤ Em < 80	-	-	-
	Fino	F7	450	-	80 ≤ Em < 90	35	-	-
		F8	450	-	90 ≤ Em < 95	55	-	-
		F9	450	-	95 ≤ Em	70	-	-
EN 1882	EPA	E10	-	-	-	-	85	-
		E11	-	-	-	-	95	-
		E12	-	-	-	-	99,5	-
	HEPA	H13	-	-	-	-	99,95	-
		H14	-	-	-	-	99,995	-
	ULPA	U15	-	-	-	-	-	99,9995
		U16	-	-	-	-	-	99,99995
U17	-	-	-	-	-	-	99,999995	

(*) la eficiencia mínima es la eficiencia más baja entre las siguientes: eficiencia inicial, eficiencia descargada y la eficiencia más baja durante la prueba de carga polvo

Otra diferencia que presenta una evolución notable es el tipo de polvo de carga que se prepara para la realización del ensayo. La EN 779 establecía la siguiente composición para el polvo sintético (ANSI/ASHRAE 52.2):

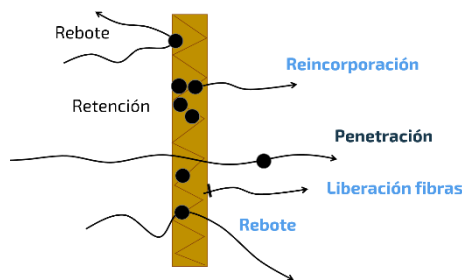
- 72% en peso de polvo fino ISO 12103-A2
- 23% en peso de negro de carbón
- 5% en peso de fibras de algodón.

Mientras tanto, la ISO-16890 crea dos tipos de polvo para el ensayo según sea el tamaño de la partícula a clasificar. Para las partículas más pequeñas, de 1 µm y 2,5 µm, se establece una distribución de polvo que sería similar a un ambiente Urbano, mientras que para la clasificación de las partículas de 10 µm, se establece una clasificación que sería similar a la de un ambiente Rural.



Otro aspecto importante a tener en cuenta es la retención **electrostática** que tienen los filtros, refiriéndose por ésta a la capacidad de retención de partículas mediante efectos electrostáticos para conseguir eficacias elevadas con baja resistencia al flujo de aire. Este efecto es considerado, aunque de diferente modo, tanto en la EN 779 como en la ISO 16890.

La filtración, especialmente en la etapa inicial de su vida, se ve muy afectada por los efectos de la carga electrostática pasiva de las fibras, consiguiendo altas eficiencias. La capacidad de retención inicial va disminuyendo después de estar un tiempo prestando servicio y la eficiencia puede caer sustancialmente. Este efecto puede verse parcialmente “compensado” con el aumento de eficiencia mecánica que se produce como consecuencia del incremento de la carga de polvo. La ISO 16890 tiene en consideración este concepto, haciendo referencia a la **eficiencia “descargada”**, que muestra el efecto de la carga eléctrica sobre la eficiencia inicial, evitando cualquier tipo de compensación mecánica por aumento de pérdida de carga. Este valor también se utiliza para determinar la clasificación del filtro, lo cual permite obtener su impacto de manera más directa que en la norma EN 779.



Además del aumento de eficiencia consecuencia del incremento de carga de polvo en el filtro, existen otros efectos que consideran tanto la EN 779 como la ISO 16890, como son manera en que las partículas pueden pasar al otro lado del filtro, añadiendo a la propia penetración a través del filtro, el efecto del desprendimiento, ya sea por reincorporación de partículas, liberación de fibras o rebote de partículas.

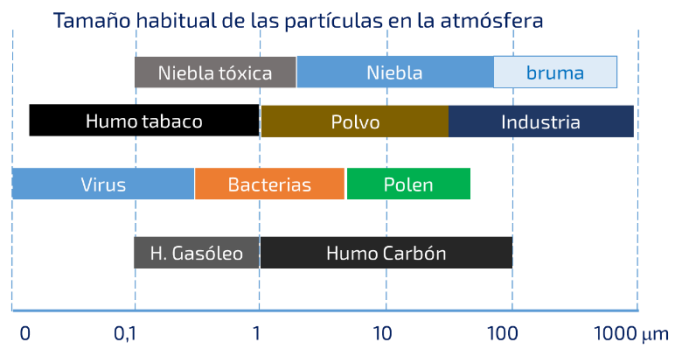
Nuevo estándar ISO 16890 de filtros de aire utilizados en ventilación general.

La ISO 16890 se divide en cuatro partes, siendo la primera de ellas la que explica la nueva clasificación de los filtros y sus características.

Tal y como se comentó anteriormente, la norma ISO 16890, clasifica las partículas en suspensión según su tamaño, estableciendo como más importantes las **PM₁₀**, **PM_{2,5}** y **PM₁** para las partículas de 10 µm, 2.5 µm y 1 µm respectivamente.

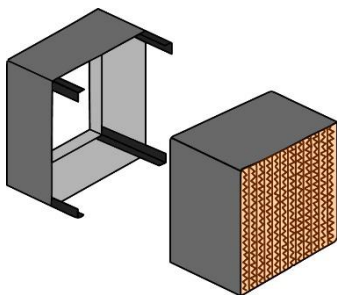
La definición de PM es relativamente compleja, sin embargo, se acepta como válida la establecida por la **OMS**, la **EPA** (*United States Environmental Protection Agency*) y la **UE**, las cuales definen **PM_x** como “una partícula en suspensión que atraviesa un cabezal de un tamaño aerodinámico de X µm con una eficiencia de corte del 50%”. Otra forma, si cabe todavía más sencilla y también aceptada, es la que hace referencia a una partícula PM_x como “la fracción de partícula de tamaño inferior o igual a X µm”.

A partir de aquí, definiremos la **eficiencia ePM_x** de un filtro de aire como el porcentaje de partículas retiradas por este filtro, teniendo éstas un tamaño desde 0,3 µm hasta “X” µm.



Eficiencia	Granulometría µm
ePM ₁₀	0,3 ≤ X ≤ 10
ePM _{2,5}	0,3 ≤ X ≤ 2,5
ePM ₁	0,3 ≤ X ≤ 1

La norma ISO 16890, denomina “elemento de filtración” a la estructura que forma el material filtrante junto con sus soportes, conexiones y el propio bastidor o marco del filtro.

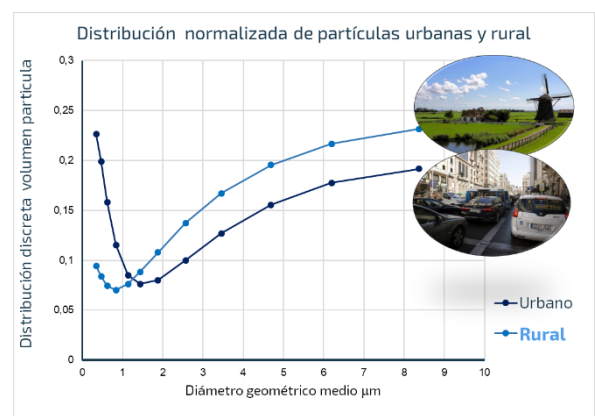


La norma establece cómo deben, los fabricantes de filtros, diseñarlos y marcarlos, **indicando la dirección del flujo de aire en el filtro** de manera que se hace referencia al concepto **del montaje y la sujeción del filtro**. La sujeción del filtro es algo que no debe pasarse por alto, por este motivo, en las Unidades de Tratamiento de Aire, la norma UNE EN 1886, hace referencia de manera expresa a este concepto, cuantificando su efecto a través del parámetro denominado “**caudal de fuga de derivación de filtro**”. Si los elementos de sujeción a los que está anclado el filtro no son estancos, parte del flujo de aire pasará sin ser filtrado a través de los huecos que deja la sujeción y se mezclará con el aire filtrado, contaminándolo y aumentando el contenido final de partículas.

Evaluación de los filtros según ISO 1890

La norma ISO 16890 evalúa los filtros en base a su eficiencia ePM_x, para ello genera dos tipos de distribución volumétrica de partículas de aire normalizadas, una de tipo “**urbano**” y otra de tipo “**rural**”, comenzando a contar partículas en suspensión a partir de 0,3 µm.

La experiencia muestra cómo en ambientes urbanos, debido a las emisiones de los vehículos, calefacciones y otros contaminantes, existe una distribución con mayor contenido de partículas en ambiente de tamaños de 1 µm y 2,5 µm (que penetran más profundamente en el aparato respiratorio y son más dañinas). Sin embargo, en el ambiente rural existe un mayor contenido en partículas de mayor tamaño. De acuerdo con esta premisa, la ISO 16890 calcula la **eficiencia del filtro** para las partículas en suspensión **ePM_x**, en función de la Eficiencia media



fraccional y de la distribución de tamaño de partícula estandarizada, utilizando una distribución de tamaño urbano para retención de tamaños PM₁ y PM_{2,5} (ePM₁ y ePM_{2,5}) y una distribución de tamaño rural para retención de tamaños de partícula PM₁₀ (ePM₁₀).

$$ePM_1 ; ePM_{2,5} = f(E_{Ai}; q_{3u}(\bar{d}_l)) \text{ distribución tamaño urbano}$$

$$ePM_{10} = f(E_{Ai}; q_{3r}(\bar{d}_l)) \text{ distribución tamaño rural}$$

Donde E_{Ai} es la eficiencia fraccional media entre la Eficiencia inicial y la Eficiencia después de una etapa de acondicionamiento, $q_{3u}(\bar{d}_l)$ es la distribución de tamaño urbano, del volumen de la partícula de diámetro geométrico medio (\bar{d}_l) y $q_{3r}(\bar{d}_l)$ es la distribución de tamaño rural del volumen de la partícula de diámetro geométrico medio (\bar{d}_l).

Nueva clasificación de filtros de acuerdo con la ISO 16890

La clasificación indica **conjuntamente** la “Denominación del grupo”, seguido del “valor de declaración de clase” que el filtro haya obtenido para esa denominación. De este modo, los filtros se clasifican en 4 grupos según la tabla adjunta, considerando para ello: la retención inicial, la eficiencia ePM_x, y los valores de eficiencia mínimos ePM_{MIN}:

Denominación del grupo	Eficiencia			Valor de declaración de clase
	Distribución Urbana		D. Rural	
	ePM _{1, min}	ePM _{2,5 min}	ePM ₁₀	
ISO Grueso	--	--	< 50%	Retención gravimétrica inicial
ISO ePM 10	--	--	≥ 50%	ePM ₁₀
ISO ePM 2,5	--	≥ 50%	--	ePM _{2,5}
ISO ePM 1	≥ 50%	--	--	ePM ₁

Ejemplos y observaciones:

- Filtro **ISO ePM10 70%**: Filtro con denominación de grupo “ISO ePM10” y una eficacia del 70% para este tipo de partículas.
- Los valores de eficiencia (%) siempre serán múltiplos de 5, por ej. 60%, 65%....
- Si el valor de eficiencia es superior al 95%, se declara como >95%. Ejemplo **ISO Epm2,5 > 95%**.
- Los filtros ISO Grueso, se clasifican en base a la retención gravimétrica inicial, la cual hace referencia a la masa de polvo capturada.

Un mismo filtro, que retiene partículas de tamaño 1 μm, 2,5 μm y 10 μm, va a tener distintas eficiencias para cada uno de los tamaños de partícula; cuando éstas superan el mínimo del 50%, el mismo filtro podría pertenecer a varios grupos. A pesar de esta posibilidad, la ISO 16890 establece que **cada filtro debe estar clasificado en un único grupo y es esta declaración única la que debe constar en la etiqueta** del filtro. No obstante, el fabricante, en el informe del filtro proporcionará el resto de valores de eficiencia y eficiencia mínima. Los informes incluyen, además, la curva de eficiencia en función del tamaño de las partículas y los datos de mediciones de caudal de aire y presión diferencial. La propia norma indica cómo debe ser el formato resumen de este informe.

Conclusión

La importancia de la calidad de aire interior queda totalmente probada, tal y como recogen los informes de organizaciones y asociaciones a nivel nacional e internacional, así como la propia legislación. Las partículas de pequeño tamaño presentan un riesgo muy importante para la salud, más si cabe en edificios como centros sanitarios, donde el riesgo puede ser crítico.



El uso de filtros de alta eficacia para la reducción de partículas PM1 y PM2.5 presenta un valor añadido para mejorar la calidad de aire; de este modo, ha de prevalecer la reducción de riesgos para la salud frente a otros factores como el incremento de precio del equipo de climatización o su incremento de consumo, factores que no van a ser suficientemente representativos gracias al estado de la técnica actual.

La ISO 16890 entra en escena en el sector para, de una forma intuitiva y sencilla, permitir establecer una especificación técnica de filtros acorde a las necesidades de calidad de aire interior de los edificios. La adecuación de este nuevo estándar al entorno real de trabajo de cada filtro supone un valor fundamental, suponiendo su introducción un avance que hará mejorar los propios componentes, la índole de los proyectos de calidad de aire, y en consecuencia la salud de los ocupantes de los edificios.

Fuentes y Enlaces de interés.

- **ASHRAE** (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers) <https://www.ashrae.org/>
- **WHO** (World Health Organization). <http://www.who.int/es/>
- **AENOR** (Asociación Española de Normalización). <http://www.aenor.es/>
- **EPA** (United States Environmental Protection Agency) <https://www.epa.gov>
- **NAFA** (National Air Filtration Association) <https://www.nafahq.org/>
- **EEA** (European Environment Agency) <https://www.eea.europa.eu/es>
- **BOE**. Boletín Oficial del Estado. www.boe.es
 - o Real Decreto 39/2017, de 27 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
 - o Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire