

# FILTRADO DE AIRE EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN y AIRE ACONDICIONADO

Jorge Pozzi – abril 2025

**El filtrado de aire en los sistemas de ventilación y aire acondicionado es importante sobre todo en: instalaciones medicinales, farmacéuticas, nucleares y electrónicas. Este artículo no cubre por completo el tema, tiene por objeto ser una introducción a su tecnología y al conocimiento de sus normas.**

## GENERAL

Los sistemas de ventilación y aire acondicionado donde el aire es impulsado, deben eliminar los componentes contaminantes. Los sistemas deben tener dispositivos de eliminación de las partículas de polvo, polen y bacterias que se originan en forma natural o por la contaminación humana. Es posible que en algunos casos se deban eliminar gases cuyo olor es desagradable o su composición sea contaminante.

Si bien existen exigencias mínimas de filtrado, la eficiencia necesaria del filtrado es determinada por la naturaleza del área a ser acondicionada.

## POLVO

Partículas finas de sustancias orgánicas e inorgánicas en suspensión en la atmósfera. Incluye fibras de animales y vegetales, polen, sílice, bacterias y moho. En las ciudades, el polvo atmosférico contiene un gran número de partículas de humo y de hollín.

En una ciudad industrial, la concentración de partículas en el aire puede superar los tres millones por centímetro cúbico, mientras que en el medio del océano o en montañas altas puede ser de unos pocos centenares de miles por centímetro cúbico.

Las partículas de polvo tienen un tamaño que varía desde el medio micrón hasta muchas veces esa dimensión. Se mantienen suspendidas en el aire durante largos periodos y pueden ser transportadas a grandes distancias.

## AEROSOLES

En ingeniería ambiental, se denomina aerosol a una mezcla heterogénea de partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire. El tamaño de las partículas puede ser desde 0,002 micrones a más de 100, esto es, desde unas pocas moléculas hasta el tamaño en que no puedan permanecer suspendidas en el aire.

La generación de aerosoles puede ser de origen natural o debida a la actividad humana. Algunas partículas de origen natural, proceden de volcanes, de tormentas de polvo, de los incendios forestales, de la quema de pastizales, y de la pulverización de agua marina. Las actividades humanas, como la quema de combustibles y la alteración de la superficie terrestre generan aerosoles.

A fin de concebir el campo de tamaños de las partículas, se puede mencionar que:

- a. Las partículas consideradas macroscópicas (visibles al ojo humano) tienen un tamaño igual o superior a 10 micrones.
- b. Las partículas sólidas del humo de cigarrillos tienen un tamaño entre 0,01 y 1 micrón
- c. El tamaño de las bacterias está entre 0,3 y 40 micrones
- d. El tamaño del talco cosmético está entre 0,5 y 50 micrones
- e. El tamaño de las cenizas está entre 1 y 50 micrones
- f. El espesor de un cabello humano esta entre 30 y 400 micrones

## **VIRUS**

En biología, un virus es un agente infeccioso microscópico acelular que solo puede replicarse dentro de las células de otros organismos. Los virus están constituidos por genes que contienen ácidos nucleónicos que forman moléculas largas de ADN o ARN, rodeadas de proteínas. Miden entre 0,05 a 0,14 micrones

## **BACTERIAS**

Las bacterias son organismos procariotas unicelulares, que se multiplican por división celular sencilla o por esporas. Se encuentran en casi todas las partes de la Tierra. Son vitales para los ecosistemas del planeta. Algunas especies son agentes causantes de numerosas enfermedades. Pueden vivir en condiciones realmente extremas de temperatura y presión.

El tamaño de las bacterias oscila entre las 0.5 y 3 micrones, pudiendo llegar en algunos tipos a 10 micrones.

## **FILTROS DE AIRE**

Un filtro de aire es un dispositivo que elimina partículas de polvo, polen y bacterias del aire. Los filtros de aire encuentran son utilizados donde la calidad del aire es de relevancia, especialmente en los sistemas de ventilación de edificios. Para el filtrado de aire en instalaciones de ventilación y aire acondicionado, hay cuatro tipos de materiales básicos usados para los filtros de aire mecánicos: papel, espuma, fibras sintéticas y algodón.

## **EFICIENCIA DE LOS FILTROS DE AIRE**

La eficiencia es un valor que permite evaluar cuanto polvo contenido en el aire que atraviesa al filtro es retenido y cuanto lo atraviesa. Por ejemplo una eficiencia del 80 % indica que el filtro durante su funcionamiento deja pasar al lado del aire limpio el 20 % del polvo que filtra ya que el 80 % es retenido. La eficacia de los filtros de aire influye significativamente en la calidad del aire interior del recinto acondicionado.

La eficiencia de un filtro queda establecida por el tipo de prueba al que es sometido y a la norma bajo la cual se mide la eficiencia.

## **TIPOS DE PRUEBA**

Son tres las pruebas utilizadas para determinar la eficiencia de los filtros de aire.

1. **Prueba de retención (Arrestancia):** Esta prueba determina únicamente el porcentaje en peso que retiene el filtro del total del polvo que es contenido en el aire que atraviesa el filtro. Por ejemplo: un filtro con 90 % de "arrestancia" (retención) significa que el 90% del peso del polvo es retenido por el filtro.

**Prueba de mancha:** En esta prueba se mide la opacidad relativa entre lo sucio resultante sobre un blanco colocado en el lado del aire limpio y otro colocado en el lado del aire sucio. La eficiencia es un valor correspondiente al porcentaje de disminución de la transmisión de la luz relativa entre ambos blancos. Este ensayo está basado en el método de prueba ASHRAE\* 52.1-1999 (\*ASHRAE (Siglas en ingles de Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado)

2. **Prueba D.O.P.:** Esta prueba consiste en dejar evaporar en un flujo de aire, no contaminado, la sustancia Di-Octanil-Phtalato (sustancia que al ser calentada emana partículas uniformes de 0,3 micrones). El filtro es sometido al flujo del aire contaminado con D.O.P. y la eficiencia se determina por la medición de la reflexión de la luz causada por el contenido remanente de D.O.P. en el lado del aire limpio.

Comparativamente, se puede resumir la diferencia y el concepto de las pruebas de la siguiente forma: La retención (Arrestancia) de un filtro es una medida independiente del tipo de polvo que se desea filtrar. La prueba de mancha depende exclusivamente del tipo de polvo al que se someta el filtro. La prueba D.O.P. generaliza el tipo y tamaño de las partículas contaminantes.

En forma aproximada se podría afirmar que “Arrestancia” es una eficiencia en peso del contaminante. La “prueba de mancha” es un ensayo del volumen del contaminante, y “D.O.P. es una prueba exclusivamente por el conteo de las partículas contaminantes.

## CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA EFICIENCIA

Si bien existen otras normas, las más utilizadas son las normas EN 779 y EN 1822 europeas y la norma 52.2 de ASHRAE.

La norma EN 779 se basa en la anterior Eurovent 4/5 y la Ashrae 52.76 en que el rendimiento en sitio de mancha de polvo opacímetro y la retención gravimétrica se determinan por métodos de reconocida eficiencia. Las normas EN 779 y EN 1822 designa los filtros mediante letras y números:

**G1, G2, G3 y G4 Para los filtros de paso de polvo grueso**  
**F5, F6, F7, F8 y F9 para los filtros de paso de polvo fino.**  
**H10, H11, H12, H13 y H14 para los filtros de alta eficiencia.**  
**U15, U16 y U17 para los filtros de ultra alta eficiencia.**

**TABLA 1 - CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LAS NORMAS EN 779 y EN 1822**

NORMA	CLASE	RETENCIÓN MEDIA (Arrestancia)	EFICIENCIA MEDIA (Prueba de mancha)	EFICIENCIA (Prueba D.O.P)
EN 779	<b>G1</b> <b>G2</b> <b>G3</b> <b>G4</b>	Menor que 65 % Entre 65 y 80 % Entre 80 y 90 % Mayor que 90 %		
EN779	<b>F5</b> <b>F6</b> <b>F7</b> <b>F8</b> <b>F9</b>		Entre 40 y 60 % Entre 60 y 80 % Entre 80 y 90 % Entre 90 y 95 % Mayor que 95 %	
EN 1822 HEPA** 0,3 μ	<b>H10</b> <b>H11</b> <b>H12</b> <b>H13</b> <b>H14</b>			Mayor que 85 % Mayor que 95 % Mayor que 99,5 % Mayor que 99,95 % Mayor que 99,995 %
EN 1822 ULPA *** 0,12 μ	<b>U15</b> <b>U16</b> <b>U17</b>			Mayor que 99,9995 % Mayor que 99,99995 % Mayor que 99,999995 %

\*\* HEPA – High Efficiency Particle Air)

\*\*\* ULPA – Ultra Low Penetration Air)

## ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

ASHRAE fue concebida en 1959 como la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado, debido a la fusión de la Sociedad de Ingenieros de Calefacción y Aire Acondicionado (ASHAE) fundada en 1894, y la Sociedad Americana de Ingenieros de Refrigeración (ASRE) fundada en 1904.

La norma Ashrae 52.2 establece la clasificación "MERV" (Minimum Efficiency Reporting Value) – Valor de eficiencia mínima informado - Clasificación que establece tres amplios grupos, según el tamaño de las partículas:

<b>E1: de 0,3 a 1,0 micrones</b>
<b>E2: de 1,0 a 3,0 micrones</b>
<b>E3: de 3,0 a 10 micrones</b>

**TABLA 2 - CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS SEGÚN LA NORMAS ASHRAE 52.2**  
**MERV - Minimum Efficiency Reporting Value (Valor de eficiencia mínima Informado)**

Clasificación MERV (Std- 52.2)	E1 0,3 – 1,0 $\mu$	E2 1,0 – 3,0 $\mu$	E3 3,0 – 10 $\mu$	RETENCIÓN PROMEDIO (Arrestancia)
MERV 1 MERV 2 MERV 3 MERV 4	--	--	Menor que 20% Menor que 20% Menor que 20% Menor que 20%	Menor que 65 % Entre 65 y 69,9% Entre 70 y 74,9% Mayor que 75 %
MERV 5 MERV 6 MERV 7 MERV 8	--	--	Entre 20 y 34,9 % Entre 35 y 49,9 % Entre 50 y 69,9 % Entre 70 y 84,9 %	--
MERV 9 MERV 10 MERV 11 MERV 12	--	-- Entre 50 y 64,9 % Entre 65 y 79,9 % Entre 80 y 89,9%	Mayor que 85 % Mayor que 85 % Mayor que 85 % Mayor que 90 %	--
MERV 13 MERV 14 MERV 15 MERV 16 MERV 17 MERV 18 MERV 19	-- Entre 75 y 84,5 % Entre 85 y 94,9 % 95 % o Mayor Mayor 99,97% Mayor 99,99 % Mayor 99,999 %	90 % o Mayor 90 % o Mayor 90 % o Mayor 95 % o Mayor -- -- --	90 % o Mayor 90 % o Mayor 90 % o Mayor 95 % o Mayor -- -- --	--
MERV 20	Partículas 0,12 $\mu$ Mayor 99,9999 %	--	--	--

**TABLA 3 - EQUIVALENCIA ENTRE NORMAS**

TIPO	RETENCIÓN MEDIA (Arrestancia)	EN 779	ASHRAE 52.2	PERDIDA DE CARGA	
				Limpio mm c.a.	Colmatado mm c.a.
FILTROS GRUESOS (Prefiltros)	Menor que 65 %	G1	--	15	25
	Entre 65 y 80 %	G2	MERV 1 MERV 2 MERV 3 MERV 4	15	25
	Entre 80 y 90 %	G3	MERV 5 MERV 6	15	25
	Mayor que 90 %	G4	MERV 7 MERV 8	15	25

**TABLA 4 - EQUIVALENCIA ENTRE NORMAS**

TIPO	EFICIENCIA MEDIA (Prueba de mancha)	EN 779	ASHRAE 52.2	PERDIDA DE CARGA	
				Limpio mm c.a.	Colmatado mm c.a.
FILTROS INTERMEDIOS	Entre 40 y 60 %	F5	MERV 9 MERV 10	25	50
	Entre 60 y 80 %	F6	MERV 11 MERV 12	25	50
	Entre 80 y 90 %	F7	MERV 13	25	50
	Entre 90 y 95 %	F8	MERV 14	25	50
	Mayor que 95 %	F9	MERV 15 MERV 16	25	50

**TABLA 5 - EQUIVALENCIA ENTRE NORMAS**

TIPO	EFICIENCIA MEDIA (Prueba de mancha)	EN 779	ASHRAE 52.2	PERDIDA DE CARGA	
				Limpio mm c.a.	Colmatado mm c.a.
FILTROS HEPA  0,3 μ	Mayor que 85 %	H10	--	35	50
	Mayor que 95 %	H11	--	35	50
	Mayor que 99,5 %	H12	MERV 17	35	50
	Mayor que 99,95 %	H13	MERV 18	35	50
	Mayor que 99,995 %	H14	MERV 19	35	50
FILTROS ULPA  0,12 μ	Mayor que 99,9995 %	U15	MERV 20	35	50
	Mayor que 99,99995 %	U16		35	50
	Mayor que 99,999995 %	U17		35	50

**TABLA 6 - DETALLES DE APLICACIÓN**

TIPO	NECESIDADES DE FILTRADO	EN 779	APLICACIÓN
<b>FILTROS GRUESOS</b>  <b>(Filtros para partículas mayores a 10 µ)</b>	- Insectos	<b>G2</b>	- Protección contra insectos.
	- Polvos de escapes	<b>G3</b>	- Filtrado de aire exterior y retorno en sistemas de aire acondicionado con baja necesidad de calidad de aire.
	- Arena	<b>G3</b>	
	- Esporas	<b>G4</b>	- Filtros de entrada en cabinas de pintura.
	- Polen	<b>G4</b>	- Filtros de campanas de cocinas.
	- Polvo de cemento	<b>G4</b>	- Prefiltros para filtros F6 a F9

**TABLA 7 - DETALLES DE APLICACIÓN**

TIPO	NECESIDADES DE FILTRADO	EN 779	APLICACIÓN
<b>FILTROS INTERMEDIOS</b>  <b>(Filtros para partículas finas de polvo de 1 a 10 µ)</b>	- Esporas. - Polen.	<b>F5</b>	- Filtrado del aire exterior para ambientes con bajas necesidades de calidad de aire (talleres, depósitos). - Filtros de entrada en cabinas de pintura. - Filtros de campanas de cocinas. - Prefiltros para filtros F6 a F9
	- Polvo de cemento. - Bacterias y gérmenes. - Polvo atmosférico.	<b>F6</b>	- Filtrado final en unidades de tratamiento de aire, para áreas de producción y ventas, almacenes y edificios de oficinas, - Prefiltros para filtros H10 a H11
	- Humo de aceite. - Humo de tabaco. - Humos ferrosos	<b>F7</b> <b>F8</b> <b>F9</b>	- Filtrado final en unidades de tratamiento de aire, para edificios de oficinas, museos, fábricas, hospitales, centros de cómputos. Prefiltros para filtros H12 a H14 y filtros de carbón activado-

**TABLA 8 - DETALLES DE APLICACIÓN**

TIPO	NECESIDADES DE FILTRADO	EN 779	APLICACIÓN
<b>FILTROS ABSOLUTOS HEPA y ULPA</b>  <b>Filtros para partículas menores a 0,1 µ</b>	- Gérmenes - Bacterias - Virus - Humo de tabaco - Humo ferroso	<b>H11</b>	- Filtrado final en recintos con altos o altísimos requerimientos (Laboratorios de producción en el campo farmacéutico e industrias alimenticias, como así también miniatura electrónica y técnicas médicas).

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vapor de aceite</li> <li>- Aerosoles suspendidos de material radiactivo.</li> <li>- Gérmenes</li> <li>- Bacterias</li> <li>- Virus</li> </ul>	<b>H12</b>	- Filtrado final en salas limpias de las clases 6 y 5 según VDI 2083
		<b>H13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Filtrado final en plantas nucleares</li> <li>- Filtrado de ingreso para salas de operaciones.</li> <li>- Filtrado final en ambientes estériles.</li> <li>- Filtrado final en salas limpias de las clases 4 y 3 según VDI 2083</li> </ul>
	- Aerosoles.	<b>H14</b> <b>U15</b> <b>U16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Filtrado de ingreso para salas de industria de micro electrónica y farmacéutico.</li> <li>- Filtrado final en salas limpias de las clases 2 y 1 según VDI 2083</li> </ul>

## FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO

Para la retención de olores y algunos gases que estén presentes en el aire se utilizan filtros de carbón activado.

Los filtros de carbón activado, se basan en el llamado proceso de adsorción (no confundirse con absorción). Este proceso tiene lugar por la acción de fuerzas físico-químicas y se basa en la retención en la superficie de un sólido (carbón activado) de las moléculas que hay en disolución en el aire. El carbón activado es un material que se caracteriza por poseer una cantidad muy grande de microporos (poros menores a 1 nanómetro de radio – 0,001 micrones). A causa de su alta microporosidad, un solo gramo de carbón activado puede poseer un área superficial de 500 m<sup>2</sup> o más. El carbón activado puede tener un área superficial mayor de 500 m<sup>2</sup>/g, siendo fácilmente alcanzables valores de 1000 m<sup>2</sup>/g.

La producción comienza con la obtención de un carbón a partir de materiales como: cortezas de almendros, cascara de coco, turba, nogales, palmeras u otras maderas, y carbón mineral. Este proceso se divide en dos etapas:

- Activación física (térmica). Se lleva a cabo en dos fases: la carbonización que elimina elementos como hidrogeno y oxígeno para dar lugar a una estructura porosa rudimentaria y la fase de gasificación del carbonizado que se expone a una atmosfera oxidante que elimina los productos volátiles y átomos de carbono, aumentando el volumen de poros y la superficie específica. Esto se hace en distintos hornos a temperaturas cercanas a 1000°C
- Activación química. El material se impregna con un agente químico que puede ser ácido fosfórico o hidróxido de potasio y se calienta en un horno a 500-700°C. Los agentes químicos reducen la formación de material volátil y alquitranes, aumentando el rendimiento del carbón.

Las principales aplicaciones de los filtros de carbón activado son:

- Supresión de olores y sabores indeseables. (Desodorización).
- Retención de solventes: Tolueno, Xileno, Benceno, etc.
- Eliminación de vapores de mercurio.
- Adsorción de vapores de gasolina.
- Adsorción de gases radioactivos.
- Adsorción de gases tóxicos en mascarar para uso civil y militar.

- Retención de los gases nobles radiactivos, liberados en procesos de la industria nuclear.
- Eliminación del yodo radiactivo producido en las centrales nucleares.

**TABLA 9 - DETALLES DE APLICACIÓN**

TIPO	NECESIDADES DE FILTRADO	CLASE	APLICACIÓN
<b>FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO</b>  <b>(Filtros para retención de gases y olores)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aire de salida de cocinas</li> <li>- Substancia nocivas</li> <li>- Humos</li> <li>- Gases de combustión</li> <li>- Vapores de solventes</li> <li>- Sabores de alimentos</li> <li>- Gases radioactivos.</li> </ul>	- -	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Filtrado de ingreso para áreas, que requieran la ausencia de gases, sustancias nocivas u olores desagradables.</li> <li>- Filtrado final en instalaciones nucleares.</li> <li>- Filtrado de salidas de aire que requieran cumplir con normas de protección ambiental.</li> </ul>