

FILTRACIÓN DEL AIRE CON CARBÓN ACTIVO.

El nivel de la calidad de un aire interior (CAI) viene determinado por la presencia de gases y vapores orgánicos e inorgánicos (compuestos orgánicos volátiles (VOCS), ozono, monóxido de carbono, radón, etc.), aerosoles inhalables (polvo, fibras, humos, etc.), bioaerosoles (microorganismos y subproductos), y las condiciones termohigrométricas, las corrientes de aire y el ruido molesto.

La presencia de VOCS, irritantes de membranas mucosas, ojos, piel, y parte de ellos sospechosos o comprobados CMR (cancerígenos, mutagénicos y/o tóxicos de la reproducción), puede provocar molestias (irritación, picor, quemazón, dolor de cabeza, mareos, fatiga, náuseas), así como producir efectos perjudiciales sobre la salud a largo plazo en los ocupantes de los espacios interiores. Así mismo, se debe tener en cuenta que bajas concentraciones de VOCS que pueden ser toleradas por la población general pueden generar reacciones adversas en segmentos de población diana (asmáticos o personas afectadas por sensibilidad química múltiple, por ejemplo). Las fuentes de VOCS en ambientes interiores son variadas, pudiendo destacar las emisiones de estos compuestos a partir de materiales de construcción/decoración, productos de limpieza y consumo, humo de tabaco, y su entrada al ambiente interior proveniente de actividades externas (aire exterior). Cuando la CAI, por lo que se refiere a los VOCS, no puede mantenerse con los procedimientos habituales de control (ventilación, reducción en origen, encerramiento de fuentes, etc.) o bien cuando se requiere una calidad muy elevada por motivos técnicos o debido a la presencia de personas con especial sensibilidad, debe recurrirse a otras tecnologías. Los sistemas de ventilación/climatización suelen incluir algún sistema de tratamiento del aire, generalmente filtros para retener materia particulada. Sin embargo, este tipo de filtros no tienen ningún efecto sobre los VOCS. Para eliminar gases y vapores son necesarios otros tratamientos, como absorción o combinación química, pero principalmente mediante adsorción, basada en la retención de los compuestos de interés en materiales adsorbentes, como alúmina o la sílica gel, pero sobre todo en carbón activo, debido a su alta capacidad de adsorción y a su importante área superficial específica. El carbón activo ofrece la ventaja adicional de eliminar también el ozono.

El carbón activo, prácticamente carbón puro con una enorme porosidad, tiene la propiedad de atrapar cierto tipo de moléculas en sus paredes gracias a un fenómeno fisicoquímico denominado “adsorción”. En este fenómeno, el carbón activado es el “adsorbente” y la molécula retenida es el “adsorbato”. Las características que debe tener un adsorbato para ser adsorbido eficazmente en un carbón activo son:

- (a) Caber dentro de los poros del carbón.
- (b) Que el diámetro de la molécula no sea menor al 20% del diámetro de la mayoría de los poros de carbón activo.
- (c) Tener un peso molecular mayor de 55.
- (d) Ser no polares o poco polares. La mayoría de los compuestos orgánicos cumplen con estos requisitos, y es por ello que el carbón activado se utiliza en la purificación de gases o líquidos cuyo contaminante es una molécula orgánica. En el caso de la purificación de gases, existe la posibilidad de someter al carbón a un tratamiento que le permita retener moléculas que no cumplan con las características (a),(b) y (c), como el caso de los ácidos minerales (clorhídrico, sulfúrico, nítrico, fosfórico, etc...), amoníaco, aminas de bajo peso molecular, formaldehído, alcohol isopropílico, mercurio, etc... El tratamiento consiste en ligar un reactivo a la superficie del carbón, que reaccione con la molécula que desea retenerse.

Es decir el carbón activado aporta el área superficial, y la retención se realiza por Adsorción Química o “Quimisorción”.

Para el diseño del adsorbedor es necesario controlar varios aspectos del aire, como puede ser la velocidad superficial del aire o del gas: debe estar entre 0.16 y 0.5 m/s. También resulta importante el tiempo de contacto: resulta dividir el volumen del lecho de carbón (litros) entre el flujo volumétrico del aire o gas (litros/min.). Se recomienda: 0,1 seg.

Para bajas concentraciones 2 a 7 seg.

También es importante el número de renovaciones hora: siendo de 6 a 30 cambios de aire para mantener un lugar bien ventilado en el caso de alta contaminación, y entre 0,5 y 1 en espacios de uso común, viviendas, etc..

Índice de capacidad de adsorción del carbón activo en fase vapor

De los contaminantes listados, algunos son compuestos químicos específicos. Otros representan una clase de compuestos y otros son mezclas de composición variable. La capacidad del carbón activo para olores, varía con la concentración de los mismos, así como con la humedad y la temperatura del aire, siendo:

A= Alta capacidad (el carbón retiene 20% a 50% de su propio peso).

B= Capacidad satisfactoria (retiene 10% a 25% de su peso).

C= Capacidad suficiente para dar un buen servicio bajo condiciones de operación particulares, cosa que debe analizarse.

D= Baja capacidad.

El carbón activo no da un servicio adecuado bajo condiciones de operación ordinarias. *= Un carbón impregnado con cierta sustancia aumenta sensiblemente la capacidad de adsorción de este compuesto.

Aceites esenciales	A	Borano	B	Dietilamina *	B
Aceites rancios	A	Brea y alquitrán	A	Dietilcetona	A
Acetaldehído *	C	Bromo	A	Dimetilanilina	A
Acetato de amito	A	Bromuro de etilo	A	Dioxano	A
Acetato de butilo	A	Bromuro de hidrógeno *	C	Dióxido de azufre *	C
Acetato de cellosolve	A	Bromuro de metilo	B	Dióxido de carbono *	D
Acetato de etilo	A	Butadieno	B	Dióxido de nitrógeno *	C
Acetato de isopropilo	A	Butano	C	Dipropilcetona	A
Acetato de metil cellosolve	A	Butanona	A	Disulfuro de carbono	A
Acetato de metilo	B	Butil cellosolve	A	Etano	D
Acetato de propilo	A	Butileno *	C	Eter	B
Acetileno *	D	Butino *	C	Eter amílico	A
Acetona	B	Butiraldehído *	B	Eter butílico	A
Acido acético	A	Cellosolve	A	Eter dicloro etílico	A
Acido acrílico	A	Cianuro de hidrógeno *	C	Eter etílico	B
Acido butírico	A	Ciclohexano	A	Eter isopropílico	A
Acido caprílico	A	Ciclohexanol	A	Eter metílico	B
Acido carbólico	A	Ciclohexanona	A	Eter propílico	A
Acido fórmico *	B	Ciclohexeno	A	Etil mercaptano	A
Acido láctico	A	Cioro	B	Etilamina *	B
Acido nítrico	B	Clorobenceno	A	Etilbenceno	A
Acido palmítico	A	Clorobutadieno	A	Etilenclorhidrina	A
Acido prepiónico	A	Cloroformo	A	Etileno *	D
Acido sulfúrico	A	Cloronitropropano	A	Eucaliptol	A
Acido úrico	A	Cloropicrina	A	Fenol	A
Acido valérico	A	Cloruro de butilo	A	Fertilizantes	A
Acilato de metilo	A	Cloruro de etilo	B	Fluorotriclorometano	B
Acrilato de etilo	A	Cloruro de hidrógeno *	C	Fluoruro de hidrógeno *	C
Acrilonitrilo	A	Cloruro de metileno	A	Formaldehído	C
Acroleína *	B	Cloruro de metilo	B	Formato de etilo	B
Adhesivos	A	Cloruro de propilo	A	Formato de metilo	B
Agentes enmascarantes	A	Cloruro de vinilo	B	Fosgeno	B
Alcanfor	A	Combustibles líquidos	A	Frutas en maduración	A
Alcohol amílico	A	Compuestos para limpieza	A	Gangrena	A
Alcohol butílico	A	Cresol	A	Gas de escape de autos	B
Alcohol de madera	B	Crotonaldehído	A	Gases corrosivos	B
Alcohol etílico	A	Decano	A	Gases tóxicos	B
Alcohol isopropílico	A	Deodorizantes	A	Gasolina	A
Alcohol metílico	B	Desechos de rastro	A	Grasa quemada	A

Alcohol propílico	A	Desechos industriales	B	Grasas y aceites lubricantes	A
Aldehído valérico	A	Desinfectantes	A	Heptano	A
Alquitrán	A	Detergentes	A	Heptileno	A
Aminas *	C	Dibromoetano	A	Hexano	B
Amoniaco *	C	Diclorobenceno	A	Hexileno *	B
Anestésicos	B	Diclorodifluorometano	A	Hexino *	B
Anhidrido acético	A	Dicloroetano	A	Hidrógeno	D
Anilina	A	Dicloroetileno	A	Humo	A
Anticópricos	A	Dicloromonofluorometano	B	Incienso	A
Aroma de flores	A	Dicloronitroetano	A	Indol	A
Aromas de alimentos	A	Dicloropropano	A	Irritantes	A
Aromatizantes	A	Diclorotetrafluoroetano	A	Isoforoma	A
Bebidas alcohólicas	A	Dicloruro de etileno	A	Isopreno *	B
Jabones	A	Olor a melón	A	Productos de desecho	B
Leche agria	A	Olor a plástico	A	Productos en descomposición	A
Materiales calcinados	A	Olor a queso	A	Productos para embalsamar	A
Mentol	A	Olor animal	B	Productos para radiación	C
Mercaptanos	A	Olor de humo de tabaco	A	Propano	C
Mercurio *	A	Olor a palomitas de maíz	A	Propil mercaptano	A
Metano	D	y a dulces	A	Propileno *	C
Metil butil cetona	A	Olores corporales	A	Propino *	C
Metil etil cetona	A	Olores de aves	A	Propionaldehído *	B
Metil isobutil cetona	A	Olores de baño	A	Putrescina	A
Metil mercaptano	A	Olores de carnicería	B	Querosina	A
Metil cellosolve	A	Olores de cítricos y otras		Químicos orgánicos	A
Metilciclohexano	A	frutas	A	Resinas	A
Metilciclohexanol	A	Olores de cocimiento	A	Sangre quemada	A
Metilciclohexanona	A	Olores de cocina	A	Selenuro de hidrógeno *	C
Metilcloroformo	B	Olores de combustión	B	Silicato de etilo	A
Moho	B	Olores de drenaje	A	Smog	A
Monoclorobenceno	A	Olores de embalsamamiento	A	Soluciones blanqueadoras *	B
Monofluorotriclorometano	A	Olores de hospital	A	Solventes	B
Monómero de estireno	A	Olores de lab. de revelado	B	Sudor	A
Monóxido de carbono	D	Olores de licor	A	Sulfato de dimetilo	A
Nafta de alquitrán de carbón	A	Olores de maquillaje	A	Sulfuro de hidrógeno *	B
Nafta de petróleo	A	Olores de mascotas	A	Sustancias en putrefacción	B
Naftaleno	A	Olores de papel deteriorado	A	Sustancias en descomposición	A
Naftalina	A	Olores de pescado	A	Tetracloroetano	A
Nicotina	A	Olores de pintura	A	Tetracloroetileno	A
Nitro bencenos	A	Olores de productos de		Tetracloruro de carbono	A
Nitroetano	A	limpieza	A	Tolueno	A
Nitroglicerina	A	Olores medicinales	A	Tolidina	A
Nitrometano	A	Olores mezclados	A	Tricloroeta no	A
Nitropropano	A	Olores persistentes	A	Tricloroetileno	A
Nonano	A	Olores rancios	A	Trióxido de azufre *	B
Octaleno	A	Oxido de etileno	B	Turpetina	A
Octano	A	Oxido de mesitilo	A	Urea	A
Odorizantes	A	Ozono	A	Vapores de asfalto	A
Olor a ajo	A	Paradiclorobenceno	A	Vapores de barniz	A
Olor a animales	B	Pegamentos	A	Vapores de combustibles	C
Olor a animales muertos	A	Pentano	B	Vapor de diesel	A
Olor a carne asada	A	Pentanona	A	Vapores de escape	B
Olor a cebolla	A	Pentileno *	B	Vinagre	A
Olor a col agria	A	Pentino *	B	Xileno	A
Olor a comida descompuesta	A	Percloroetileno	A	Yodo	A
Olor a comida quemada	A	Perfumes y cosméticos	A	Yodoformo	A
Olor a hule	A	Piridina	A	Yoduro de hidrógeno *	B
Olor a humo de cigarro	A	Polen	B		

Eficiencia filtro de carbón activo.

Para valorar la eficiencia de reducción de VOCS de un filtro de carbón activo es necesario cuantificar de forma individualizada un amplio número de estos compuestos, que sean representativos de las diferentes familias químicas presentes en el aire, en las conducciones de entrada y de salida del filtro. La captación de VOCS en tubos multilecho (Carbotrap, Carbopack X y Carboxen 569) y su posterior análisis con desorción térmica acoplada a cromatografía de gases y espectrometría de masas (DT-GC/MS) (véase la NTP 978), junto con el control en continuo de la temperatura, humedad relativa, concentración de dióxido de carbono y monóxido de carbono, es la metodología idónea para llevar a cabo esta evaluación. La eficiencia de eliminación para cada VOCS se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia} = \left[1 - \frac{\text{Concentración}_i \text{ salida filtro}}{\text{Concentración}_i \text{ entrada filtro}} \right] \times 100$$

Los VOCS más abundantes en ambientes interiores públicos y privados no industriales son tolueno, benceno, etilbenceno, m+p-xilenos, 1,2,4-trimetilbenceno, 1,3,5-trimetilbenceno, limoneno, α-pineno, p-diclorobenceno, tricloroetileno, tetracloroetileno, decano, cloroformo, hexanal, nonanal, acetona y 2-butoxietanol. Concentraciones totales de VOCS (TVOCS) en un aire interior inferiores a 200 µg/m³ se encuentran en el rango de confort, en el cuál no se esperarían quejas debido a una baja CAI, a excepción de la parte de la población afectada por algún tipo de afección respiratoria y/o sensibilidad química múltiple. Para valorar el efecto sensorial de las concentraciones de VOCS suelen utilizarse los valores indicativos presentados en la tabla siguiente:

Rango TCOV	Rango de exposición	Efectos esperados
<0,2 mg/m ³	Confort	No disminuye el confort.
0,2–3 mg/m ³	Multi-factorial	Irritación; olores; posible disconfort .
3-25 mg/m ³	Disconfort	Alto disconfort; olores; dolor de cabeza.
25 mg/m ³	Tóxico	Posibles efectos neuro-tóxicos; peligrosidad para la salud.

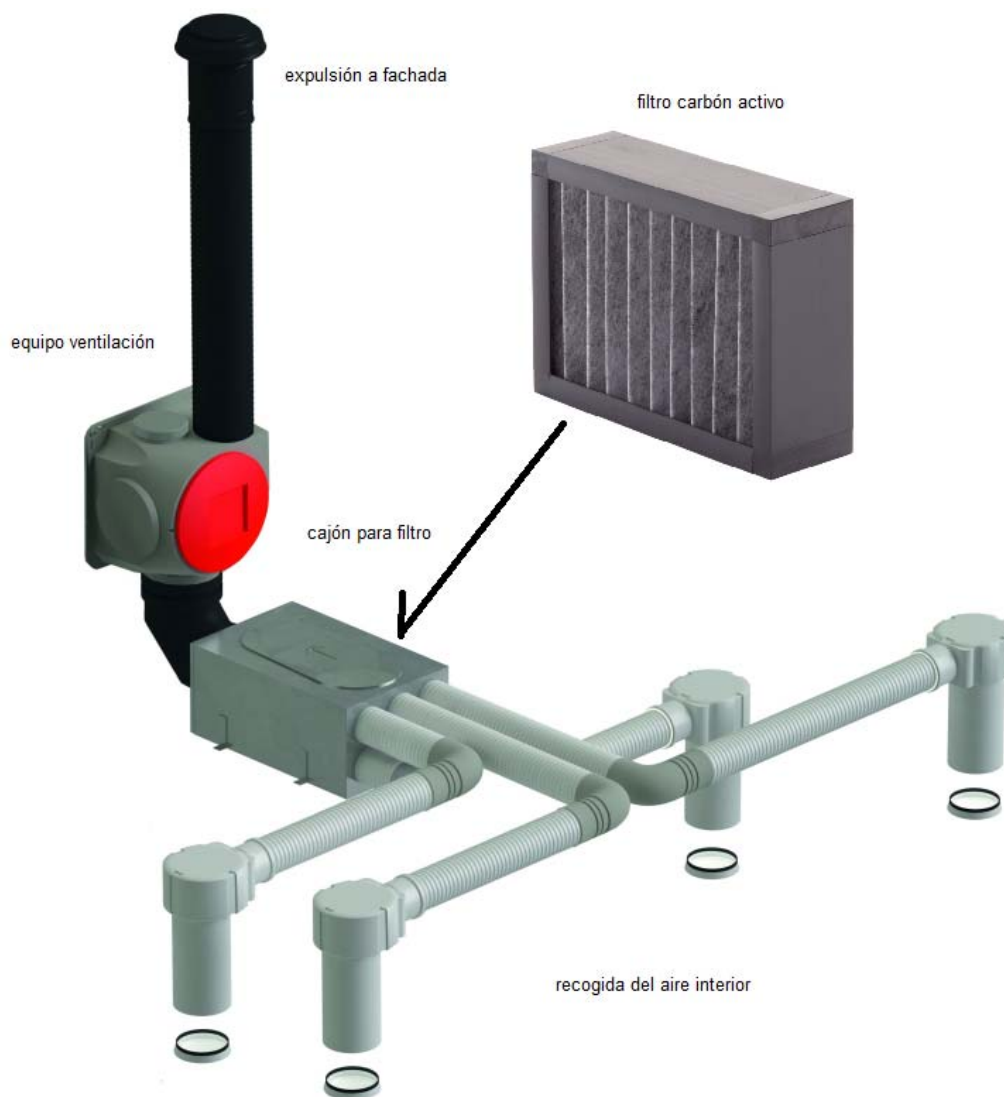


Imagen filtro Carbón activo Zehnder

Las diferentes actividades desarrolladas en el ambiente interior, los productos de construcción/ decoración y/o la entrada de aire exterior con una carga de VOCS importante pueden favorecer en ese espacio concentraciones de TVOCS superiores a 200 µg/m³. Es en estos casos, o bien en una situación de confort pero con población sensible en el ambiente interior, cuándo se requiere una disminución efectiva de VOCS. También es necesario de aplicación en los casos donde el aire de ventilación de extracción sea expulsado sobre la horizontal (a fachadas) y con ellos asegures que la expulsión del aire contaminado de interior carece de gases nocivos.

Detalle de montaje.

Sistema de ventilación de simple flujo



Sistema de ventilación de doble flujo con recuperación de energía.

