



Climatización

07/2010

Climacoustic

Conductos autoportantes en Lana Mineral Natural
Manual técnico



Índice

1.	Climatización	3
1.1.	Introducción	3
1.2.	Reglamentación	6
1.3.	Exigencias RITE	7
1.3.1.	Bienestar e higiene	7
1.3.2.	Eficiencia energética	10
1.3.3.	Seguridad	13
1.4.	Dimensionado de redes de conductos	15
2.	Conductos CLIMACOUSTIC	19
2.1.	Características generales	19
2.2.	Ámbito de aplicación	21
2.3.	Propiedades	22
2.3.1.	Alto nivel de aislamiento térmico	22
2.3.2.	Buen comportamiento al fuego	23
2.3.3.	Absorción y aislamiento acústico	23
2.3.4.	Baja erosión y emisión de partículas	25
2.3.5.	Resistencia a la presión del aire	26
2.3.6.	Estanquidad al aire	27
2.3.7.	No proliferación microbiana	28
2.3.8.	Resistencia al vapor de agua	28
2.4.	Construcción y montaje en obra	29
2.5.	Mantenimiento y limpieza	31
2.6.	Conclusiones	35
2.7.	Certificados	37
	Knauf Insulation, especialista mundial en aislamiento	38



Montaje en obra de una red de conductos CLIMACOUSTIC

1. Climatización

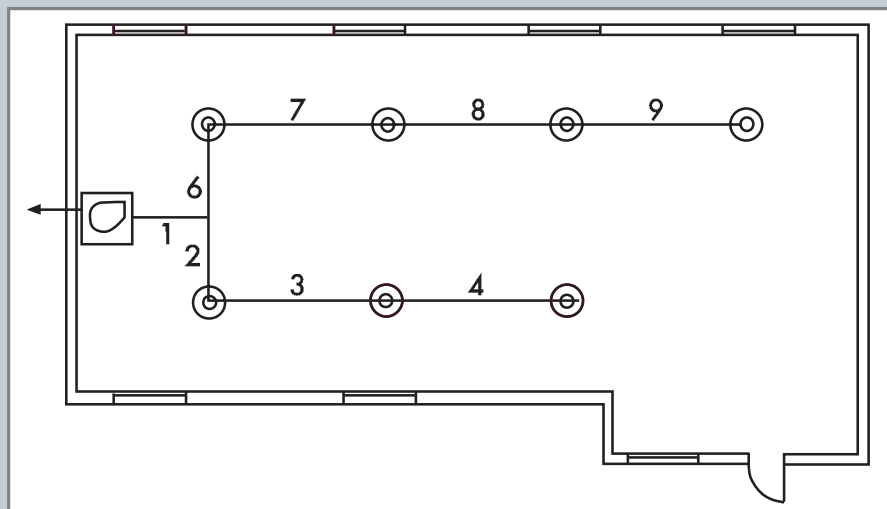
1.1. Introducción

Podemos hablar de climatización natural, a partir del aprovechamiento de la radiación solar, de la ventilación o movimiento del aire, del aislamiento térmico de la envolvente del edificio o bien de climatización artificial, que definiremos como la puesta en obra de tecnologías desarrolladas con el objetivo de forzar unas condiciones ambientales de habitabilidad y confort térmico en el interior de un local, vivienda o edificio.

En función de la estación del año, podemos diferenciar entre climatización de verano, o refrigeración, y climatización de invierno, o calefacción.

Antes de realizar una instalación de climatización, debe existir una fase de proyecto de ingeniería, en la que, en función del tipo de establecimiento, del presupuesto económico, de las exigencias de bienestar y confort, se definirá el diseño y tipo de instalación, los cálculos para el correcto dimensionado de

En la fase de proyecto debe definirse el diseño y tipo de instalación de climatización



los elementos que la vayan a conformar, y todos aquellos detalles constructivos necesarios para realizar la instalación con todas las garantías de eficacia, calidad y seguridad para los usuarios.

Climatizando un establecimiento se deben conseguir unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire tales, que los ocupantes se sientan cómodos en su interior, y puedan ejercer su actividad, trabajo, ocio, descanso, etc. sin impedimentos debidos a la falta de bienestar.

Podríamos decir, de una manera general, que el confort térmico depende de tres factores: de las personas, por la actividad que desarrollen y la ropa que utilicen, de la temperatura ambiental y del grado de humedad.

Los edificios construidos en la actualidad producen mucha más carga térmica interior que los de hace por ejemplo 5 décadas, por varias razones:

- Los nuevos sistemas constructivos han favorecido el empleo de acristalamientos en la envolvente del edificio (fachadas y cubierta), con un incremento térmico considerable cuando la radiación solar los atraviesa.
- El número de habitantes aumenta constantemente en los edificios, generando cada persona unos 220 W de carga térmica.
- La ofimática (ordenadores, impresoras y fotocopiadoras) forma parte de las oficinas modernas y genera cargas térmicas importantes.
- Los sistemas de iluminación, con un promedio de 15 a 25 W/m², unidos al calor producido por los usuarios, sirven por sí solos para calentar muchos centros comerciales.
- La ventilación o introducción de aire exterior en el edificio puede modificar la temperatura interna de éste, lo cual puede suponer un problema cuando el aire exterior está por encima de 30°C.

Para obtener un ambiente confortable, todas estas cargas térmicas pueden ser contrarrestadas mediante la climatización del edificio, que no es otra

cosa que un método de transporte de calor de un punto a otro, utilizando generalmente un refrigerante como medio de transporte.

El trabajo físico genera calor en las personas. Para regularlo, el organismo humano posee un sistema que permite mantener una temperatura corporal constante en torno a los 37°C. La regulación térmica y sensación de confort térmico depende del calor producido por el cuerpo y de los intercambios con el medio ambiente. Todo ello está en función de la temperatura y humedad ambientales, de la actividad física que se desarrolle y de la clase de ropa que se utilice. Unas malas condiciones termo-higrométricas pueden ocasionar efectos negativos en la salud que variarán en función de las características de cada persona y de su capacidad de aclimatación: resfriados, congelación, deshidratación, golpes de calor o aumento de la fatiga son factores que pueden provocar accidentes.

Las condiciones ambientales de los lugares de trabajo, junto con el grado de actividad del trabajo y la ropa que se lleve, pueden originar situaciones de riesgo para la salud de los trabajadores, que se conocen como estrés térmico, bien por calor o por frío. Se puede producir riesgo de estrés térmico por calor en ambientes con temperatura del aire alta (zonas de clima caluroso, verano), radiación térmica elevada (fundiciones, acerías, fábricas de ladrillos y de cerámica, plantas de cemento, hornos, panaderías, etc.), altos niveles de humedad (minas, lavanderías, fábricas de conservas, etc.), en lugares donde se realiza una actividad intensa o donde es necesario llevar prendas de protección que impiden la evaporación del sudor.

En este manual nos vamos a centrar en el sistema de acondicionamiento de aire mediante red de conductos interiores a base de paneles rígidos de lana mineral **CLIMACOUSTIC**, que Knauf Insulation acaba de introducir en el mercado ibérico de España y Portugal, y que ofrece grandes ventajas al usuario, entre las cuales cabe destacar las siguientes:

- alto grado de confort térmico,
- elevada calidad higiénica de aire,
- bajo nivel de ruido generado por la instalación,
- alto grado de eficiencia energética, adecuando el caudal de aire a las necesidades térmicas de cada local o habitación,
- seguridad en caso de incendio.



Una instalación de climatización bien diseñada aporta bienestar y confort a los usuarios

1.2. Reglamentación

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (**RITE**), aprobado según Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, constituye el marco normativo básico en España en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas, durante su diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento.

El contenido del RITE está estructurado en dos partes:

Parte I – Disposiciones generales, sobre condiciones generales de aplicación del Reglamento, incluyendo un articulado sobre el cumplimiento de las exigencias de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas.

Parte II – Instrucciones Técnicas (IT):

IT 1 – Diseño y dimensionado

IT 2 – Montaje

IT 3 – Mantenimiento y uso

IT 4 – Inspección

La IT 1 caracteriza y cuantifica las exigencias de **bienestar e higiene, eficiencia energética** y **seguridad** que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios, en cuyo ámbito de aplicación están incluidas las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación), y concretamente las referidas a redes de conductos, de las que forman los conductos contruidos con paneles rígidos de lana mineral **CLIMACOUSTIC** de Knauf Insulation.

Por otra parte, la norma **EN 13403** caracteriza las propiedades que deben cumplir los conductos de climatización y ventilación no metálicos, entre los que se incluyen los contruidos a partir de paneles rígidos de lana mineral, como son los paneles **CLIMACOUSTIC**.

1.3. Exigencias RITE

1.3.1. Bienestar e higiene

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se obtenga una calidad térmica del ambiente y una calidad del aire interior que sean aceptables para los usuarios del edificio sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo los requisitos siguientes:

1. Calidad térmica del ambiente. Las instalaciones térmicas permitirán mantener los parámetros que definen el ambiente térmico dentro de un intervalo de valores determinados con el fin de mantener unas condiciones ambientales confortables para los usuarios de los edificios.

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

En función de la temperatura operativa t , la velocidad media del aire V en zona ocupada se calculará empleando las siguientes fórmulas:

$V = t / 100 - 0,07$, para sistema de difusión por mezcla

$V = t / 100 - 0,10$, para sistema de difusión por desplazamiento

2. Calidad del aire interior. Las instalaciones permitirán mantener una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.

El RITE establece categorías de calidad del aire interior en función del uso del edificio, así como métodos de cálculo del caudal mínimo de aire exterior de ventilación, clases de filtración del aire exterior mínimo de ventilación y categorías de aire de extracción.



El confort térmico está presente en el RITE como una de las exigencias que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios



Una instalación de climatización debe ofrecer calidad de aire interior



El riesgo de molestias provocadas por el ruido de la instalación térmica debe estar limitado

3. Higiene. Las instalaciones térmicas permitirán proporcionar una dotación de agua caliente sanitaria, en condiciones adecuadas, para la higiene de las personas.

4. Calidad del ambiente acústico. En condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de las instalaciones térmicas, estará limitado.

Las instalaciones térmicas de los edificios deben cumplir las exigencias del documento DB-HR Protección frente al ruido, del Código Técnico de la Edificación, que les afecten.

Se limitarán los niveles de ruido y de vibraciones que las instalaciones térmicas puedan transmitir a los recintos protegidos y habitables del edificio a través de las sujeciones o puntos de contacto de aquellas con los elementos constructivos, de tal forma que no se aumenten perceptiblemente los niveles debidos a las restantes fuentes de ruido del edificio.

Las exigencias en cuanto a **ruido y vibraciones** de los conductos de instalaciones térmicas se consideran satisfechas si se cumple lo siguiente:

Cuando un conducto de instalaciones térmicas se adose a un **elemento de separación vertical**, se revestirá de tal forma que no disminuya el aislamiento acústico del elemento de separación y se garantice la continuidad de la solución constructiva.

En el caso de que un conducto de instalaciones térmicas atraviese un **elemento de separación horizontal**, se recubrirá y se sellarán las holguras de los huecos efectuados en el forjado para paso del conducto con un material elástico que impida el paso de vibraciones a la estructura del edificio.

Deben eliminarse los contactos entre el **suelo flotante y los conductos de instalaciones** que discurran bajo él. Para ello, los conductos se revestirán de un material elástico.

En el capítulo de diseño y dimensionado, los suministradores de conductos de aire acondicionado y ventilación incluirán en la documentación el coeficiente de absorción acústica, α , de los productos absorbentes utilizados en los mismos. También indicarán la atenuación de conductos prefabricados, expresada como pérdida por inserción, D , y la atenuación total de los silenciadores que estén interpuestos en conductos, o empotrados en *fachadas* o en otros elementos constructivos.

En la tabla siguiente (norma EN 13779), se definen los resultados admisibles de los niveles de presión acústica ponderados-A generados y/o transmitidos por la ventilación o el sistema acondicionamiento de aire y otras instalacio-

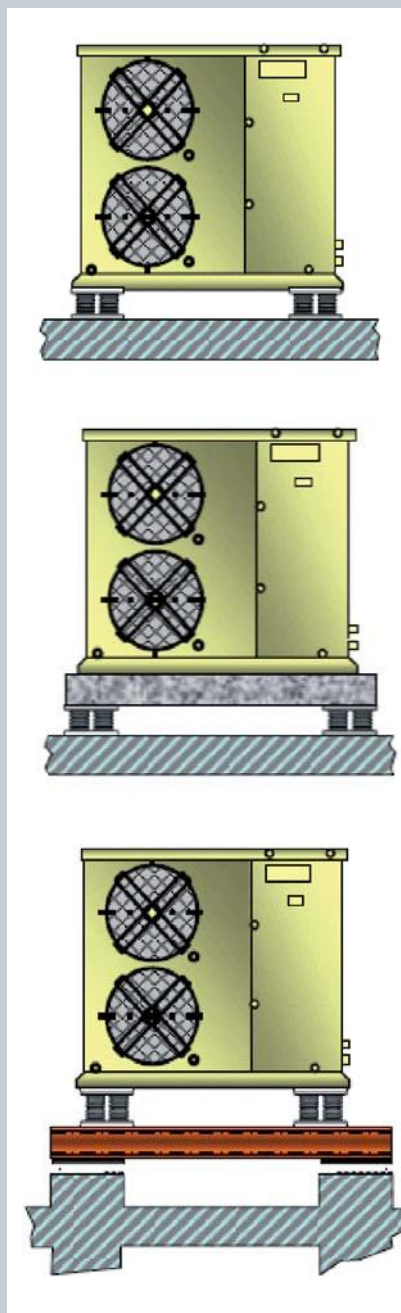
nes en diferentes tipos de espacios. Estos valores son valores medios y válidos sin fuentes de ruido exterior o en el recinto utilizado. Los valores incluyen los muebles pero no las personas en el recinto.

Niveles permitidos de presión acústica ponderados-A			
Edificio	Tipo de espacio	Nivel de presión acústica [dB(A)]	
		Intervalo típico	Valor por defecto
Instituciones de cuidado de niños	Jardines de infancia	30 a 45	40
	Guarderías de día	30 a 45	40
Lugares de reunión	Auditorios	30 a 35	33
	Bibliotecas	28 a 35	30
	Cines	30 a 35	33
	Juzgados	30 a 40	35
	Museos	28 a 35	30
Comerciales	Tiendas al por menor	35 a 50	40
	Centros comerciales	40 a 50	45
	Supermercados	40 a 50	45
	Salas de ordenadores, grandes	40 a 60	50
	Salas de ordenadores, pequeñas	40 a 50	45
Hospitales	Pasillos	35 a 45	40
	Quirófanos	30 a 48	40
	Salas comunes	25 a 35	30
	Habitaciones de noche	20 a 35	30
	Habitaciones de día	25 a 40	30
Hoteles	Recepciones	35 a 45	40
	Salas de recepción	35 a 45	40
	Habitaciones de hotel (noche)	25 a 35	30
	Habitaciones de hotel (día)	30 a 40	35
Oficinas	Oficinas pequeñas	30 a 40	35
	Salas de conferencias	30 a 40	35
	Oficinas panorámicas	35 a 45	40
	Cubículos de oficina	35 a 45	40
Restaurantes	Cafeterías	35 a 50	40
	Restaurantes	35 a 50	45
	Cocinas	40 a 60	55
Colegios	Aulas	30 a 40	35
	Pasillos	35 a 50	40
	Gimnasios	35 a 45	40
	Salas de profesores	30 a 40	35
Deportes	Estadios deportivos cubiertos	35 a 50	45
	Piscinas	40 a 50	45
General	Baños	40 a 50	45
	Vestuarios	40 a 50	45

Los conductos de aire acondicionado deben estar revestidos de un material absorbente acústico y deben utilizarse silenciadores específicos. Se evitará el paso de las vibraciones de los conductos a los elementos constructivos mediante sistemas antivibratorios, tales como abrazaderas, manguitos y suspensiones elásticas. Se usarán rejillas y difusores terminales.

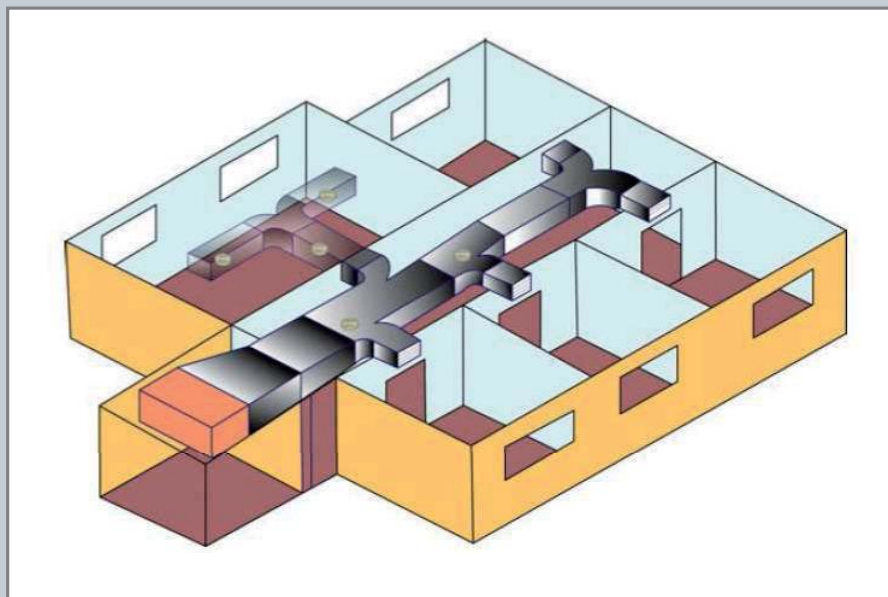
Los conductos y conducciones verticales de ventilación que discurran por recintos habitables y protegidos dentro de una unidad de uso deben aislarse, especialmente los conductos de extracción de humos de los garajes, que se considerarán recintos de instalaciones.

En el capítulo de construcción, deben utilizarse elementos elásticos y sistemas antivibratorios en las sujeciones o puntos de contacto entre las instalaciones que produzcan vibraciones y los elementos constructivos.



Los sistemas antivibratorios reducen las transmisiones acústicas de las máquinas de acondicionamiento de aire a los elementos constructivos del edificio

El correcto diseño y cálculo de una red de climatización es fundamental para conseguir una instalación eficiente energéticamente



1.3.2. Eficiencia energética

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales, cumpliendo los requisitos siguientes:

1. Rendimiento energético. Los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se seleccionarán en orden a conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento máximo.

2. Distribución de calor y frío. Los equipos y las conducciones de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.

Los conductos y accesorios de la red de impulsión de aire dispondrán de un aislamiento térmico suficiente para que la pérdida de calor no sea mayor que el 4% de la potencia que transportan y siempre que sea suficiente para evitar condensaciones.

Cuando la potencia térmica nominal a instalar de generación de calor o frío sea menor o igual que 70 kW son válidos los espesores mínimos de aisla-

miento para conductos y accesorios de la red de impulsión de aire de la tabla siguiente:

Para potencias mayores que 70 kW deberá justificarse documentalmente que las pérdidas no son mayores que el 4%.

	En interiores mm	En exteriores mm
aire caliente	20	30
aire frío	30	50

Para un material de conductividad térmica λ_D 0,040 W/m.K (a 10°C), los espesores de aislamiento de los conductos serán los indicados en la anterior tabla. Para materiales de conductividad térmica distinta de la anterior, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las ecuaciones siguientes:

para superficies planas:

$$d = d_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$$

para superficies de sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \left[\text{EXP} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot d_{ref}}{D} \right) - 1 \right]$$

donde:

λ_{ref} : conductividad térmica de referencia, igual a 0,040 W/(m·K) a 10°C.

λ : conductividad térmica del material empleado, en W/(m·K)

d_{ref} : espesor mínimo de referencia, en mm

d : espesor mínimo del material empleado, en mm

D : diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm

$\ln$: logaritmo neperiano (base 2,7183...)

EXP: significa el número neperiano elevado a la expresión entre paréntesis

Las redes de retorno se aislarán cuando discurran por el exterior del edificio y, en interiores, cuando el aire esté a temperatura menor que la de rocío del ambiente o cuando el conducto pase a través de locales no acondicionados.

A efectos de aislamiento térmico, los aparcamientos se equiparán al ambiente exterior.

Los conductos de tomas de aire exterior se aislarán con el nivel necesario para evitar la formación de condensaciones.

Cuando los conductos estén instalados al exterior, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. Se prestará especial cuidado en la realización de la estanquidad de las juntas al paso del agua de lluvia.

Los componentes que vengan aislados de fábrica tendrán el nivel de aislamiento indicado por la respectiva normativa o determinado por el fabricante.

En cuanto a la estanquidad de la red de conductos, se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$f = c \cdot p^{0,65}$$

en la que:

f representa las fugas de aire, en $\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$

p es la presión estática, en Pa

c es un coeficiente que define la clase de estanquidad

Se definen las siguientes cuatro clases de estanquidad:

Las redes de conductos tendrán una estanquidad correspondiente a la clase B o superior, según la aplicación.

Clase de estanquidad	
Clase	Coeficiente c
A	0,027
B	0,009
C	0,003
D	0,001

3. Regulación y control. Las instalaciones estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como interrumpir el servicio.

4. Contabilización de consumos. Las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de contabilización para que el usuario conozca su consumo de energía, y para permitir el reparto de los gastos de explotación en función del consumo, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores.

5. Recuperación de energía. Las instalaciones térmicas incorporarán subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.

6. Utilización de energías renovables. Las instalaciones térmicas aprovecharán las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

1.3.3. Seguridad

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se prevenga y reduzca a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades.

Los conductos de climatización y ventilación no metálicos a base de planchas de material aislante, como por ejemplo los contruidos con paneles rígidos de lana mineral **CLIMACOUSTIC**, deben cumplir en materiales y fabricación la norma EN 13403.

El revestimiento interior de los conductos resistirá la acción agresiva de los productos de desinfección, y su superficie interior tendrá una resistencia mecánica que permita soportar los esfuerzos a los que estará sometida durante las operaciones de limpieza mecánica que establece la norma UNE 100012 sobre higienización de sistemas de climatización.

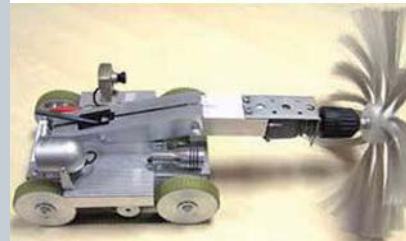
La velocidad y la presión máximas admitidas en los conductos no metálicos serán las que vengán determinadas por el tipo de construcción, según la norma EN 13403.

Para el diseño de los soportes de los conductos se seguirán las instrucciones que dicte el fabricante, en función del material empleado, sus dimensiones y colocación.

Las redes de conductos deben estar equipadas de aberturas de servicio de acuerdo a lo indicado en la norma UNE-ENV 12097 para permitir las operaciones de limpieza y desinfección.

Los elementos instalados en una red de conductos deben ser desmontables y tener una apertura de acceso o una sección desmontable de conducto para permitir las operaciones de mantenimiento.

Los falsos techos deben tener registros de inspección en correspondencia con los registros en conductos y los aparatos situados en los mismos.



Existen actualmente diferentes sistemas para la limpieza interior de los conductos de climatización

Se cumplirá la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que sea de aplicación a la instalación térmica.

El Documento Básico de Seguridad contra Incendios del CTE, DB-SI, establece las condiciones de reacción al fuego que deben cumplir los elementos constructivos, incluyendo los conductos de climatización y ventilación que circulan por ellos.

Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos		
Situación del elemento	Revestimientos ⁽¹⁾	
	De techos y paredes ^{(2) (3)}	De suelos ⁽²⁾
Zonas ocupables ⁽⁴⁾	C-s2,d0	E _{FL}
<i>Pasillos y escaleras protegidos</i>	B-s1,d0	C _{FL} -s1
Aparcamientos y recintos de riesgo especial ⁽⁵⁾	B-s1,d0	B _{FL} -s1
Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos (excepto los existentes dentro de las viviendas), suelos elevados, etc.	B-s3,d0	B _{FL} -s2 ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Siempre que supere el 5% de las superficies totales del conjunto de las paredes, del conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del *recinto* considerado.
⁽²⁾ Incluye las tuberías y conductos que transcurren por las zonas que se indican sin recubrimiento resistente al fuego. Cuando se trate de tuberías con aislamiento térmico lineal, la clase de reacción al fuego será la que se indica, pero incorporando el subíndice L.
⁽³⁾ Incluye a aquellos materiales que constituyan una capa contenida en el interior del techo o pared y que no esté protegida por una capa que sea EI 30 como mínimo.
⁽⁴⁾ Incluye, tanto las de permanencia de personas, como las de circulación que no sean protegidas. Excluye el interior de viviendas. En *uso Hospitalario* se aplicarán las mismas condiciones que en *pasillos y escaleras protegidos*.
⁽⁵⁾ Véase el capítulo 2 de la Sección SI 1 del CTE DB-SI.
⁽⁶⁾ Se refiere a la parte inferior de la cavidad. Por ejemplo, en la cámara de los falsos techos se refiere al material situado en la cara superior de la membrana. En espacios con clara configuración vertical (por ejemplo, patinillos) así como cuando el falso techo esté constituido por una celosía, retícula o entramado abierto, con una función acústica, decorativa, etc., esta condición no es aplicable.



Las secciones de los conductos de una red de climatización se definen en obra a partir de los cálculos de dimensionado realizados en proyecto

1.4. Dimensionado de redes de conductos

La misión de un sistema de conductos es transportar el aire desde la unidad de tratamiento de aire hasta el recinto a climatizar y suele comprender los conductos de impulsión y los de retorno. Dentro de los elementos que constituyen el sistema podemos distinguir los conductos y los elementos terminales.

En función de la presión del aire, los conductos se clasifican en baja, media y alta presión. Esta clasificación corresponde a la misma que utilizan los ventiladores:

- Baja presión (clase I): Hasta 90 mm.c.a.
- Media presión (clase II): Entre 90 y 180 mm.c.a.
- Alta presión (clase III): Entre 180 y 300 mm.c.a.

La red de conductos se diseña y dimensiona para conseguir llevar un determinado caudal de aire a los puntos de impulsión deseados.

Existen actualmente en el mercado softwares informáticos, así como tablas y gráficos, que basándose en diferentes procedimientos de cálculo, como el método de recuperación estática o el de pérdida de carga constante, dimensionan los conductos de una red de climatización en función de la velocidad y caudal del aire a impulsar y de las pérdidas de carga, que resultan por fricción en los tramos rectos, y por choque en las reducciones de sección, co-

dos, derivaciones y demás singularidades o cambios de dirección de la red.

El gráfico de rozamiento de ASHRAE que aparece al final de este apartado, establece una relación entre los cuatro parámetros mencionados: velocidad, caudal, pérdidas de carga y diámetro de conducto. En el caso de conductos de sección rectangular, para relacionar el diámetro de un conducto circular con las dimensiones de aquél, basta con aplicar la siguiente fórmula:

$$D_{eq} = 1,3 (a \cdot b)^{0,625} / (a + b)^{0,25}$$

siendo D_{eq} el diámetro equivalente del conducto circular en mm; a la altura del conducto rectangular en mm; y b la anchura del conducto rectangular en mm.

Velocidad. La velocidad de circulación del aire por el interior de un conducto se mide en m/s. La velocidad máxima depende del tipo de conducto. Un aumento de la velocidad por encima de los valores recomendados aumentará el nivel de ruido y la pérdida de carga en los conductos. Los conductos también se clasifican en función de la velocidad:

Alta velocidad: velocidades mayores de 10 m/s

Media velocidad: de 6 a 10 m/s

Baja velocidad: menor de 6 m/s

Existen tablas que seleccionan niveles aconsejables de velocidades del aire máximas en función del tipo de local (considerando el nivel de ruido admisible por el uso del mismo), para los conductos principales y para los secundarios, incluso distinguiendo impulso y retorno.

Caudal. El caudal de aire que circula por la red se puede calcular multiplicando la velocidad por la sección interior del conducto por el que circula:

$$Q = v \cdot S$$

siendo Q el caudal en m³/s; v la velocidad del aire en m/s y S la sección del conducto en m²

Pérdidas de carga. Las pérdidas de carga lineales de los tramos rectos de conductos se suelen calcular mediante la expresión:

$$\Delta P/L = f \cdot \rho \cdot v^2 / 2 \cdot D_{eq}$$

siendo $\Delta P / L$ las pérdidas lineales de carga en Pa/ml; f un coeficiente de fricción adimensional (aprox. 0,005 para **CLIMACOUSTIC**); ρ la densidad del aire en kg/m³ (aprox. 1,2 kg/m³); v la velocidad del aire en m/s y D_{eq} el diámetro equivalente en m.

Las pérdidas de carga puntuales debidas a las figuras o singularidades de la red, se pueden determinar por expresiones como la siguiente:

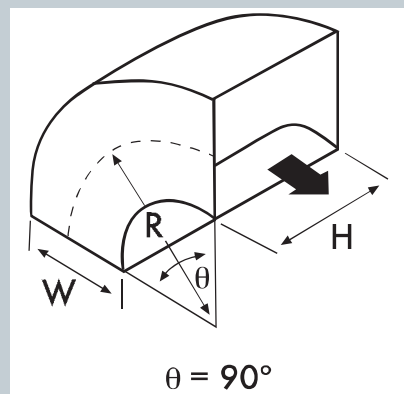
$$\Delta P = C \cdot \rho \cdot v^2 / 2$$

siendo C un coeficiente de forma adimensional en función del tipo de figura o singularidad de la red.

A continuación, se exponen algunos ejemplos de figuras, con los coeficientes C en función de sus dimensiones, forma:

R/W	H/W										
	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	8
0,5	1,5	1,40	1,30	1,20	1,10	1,10	0,98	0,92	0,89	0,85	0,83
0,75	0,57	0,52	0,48	0,44	0,40	0,39	0,39	0,40	0,42	0,43	0,44
1	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,18	0,19	0,20	0,27	0,21
1,5	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
2	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15

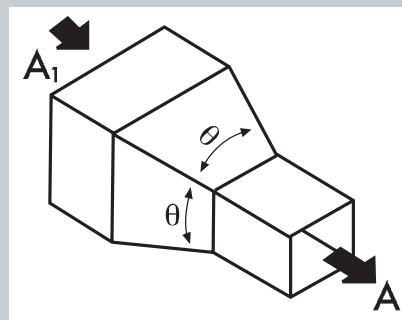
Coeficientes C en codo rectangular



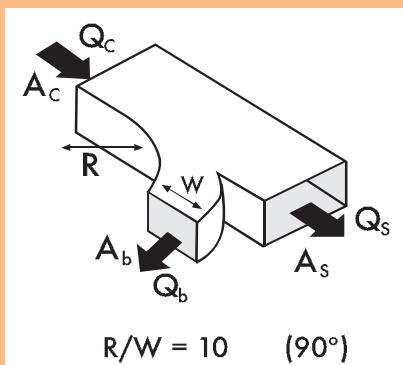
Codo rectangular
(radio suave)

A ₁ /A	θ						
	10°	15°-40°	50°-60°	90°	120°	150°	180°
2	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
4	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
6	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
10	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43

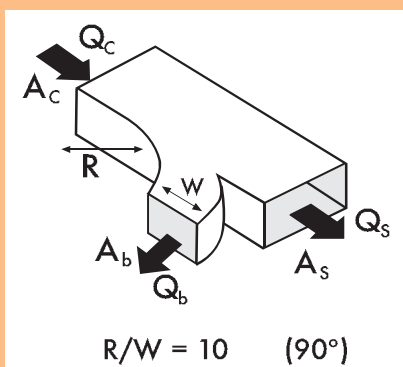
Coeficientes C en contracción



Contracción



Derivación



Conducto principal

A_b/A_s	A_b/A_c	Q_b/Q_c							
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0,25	0,25	0,55	0,50	0,60	0,85	1,2	1,8	3,1	4,4
0,35	0,25	0,35	0,35	0,50	0,80	1,3	2,0	2,8	3,8
0,50	0,50	0,62	0,48	0,40	0,40	0,48	0,60	0,78	1,1
0,67	0,50	0,52	0,40	0,32	0,30	0,34	0,44	0,62	0,92
1,0	0,50	0,44	0,38	0,38	0,41	0,52	0,68	0,92	1,2
1,0	1,0	0,67	0,55	0,46	0,37	0,32	0,29	0,29	0,30
1,33	1,0	0,70	0,60	0,51	0,42	0,34	0,28	0,26	0,26
2,0	1,0	0,60	0,52	0,43	0,33	0,24	0,17	0,15	0,17

Coefficientes C en derivación

A_b/A_s	A_b/A_c	Q_b/Q_c							
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0,25	0,25	-0,01	-0,03	-0,01	0,05	0,13	0,21	0,29	0,38
0,35	0,25	0,08	0	-0,02	-0,01	0,02	0,08	0,16	0,24
0,50	0,50	-0,03	-0,06	-0,05	0	0,06	0,12	0,19	0,27
0,67	0,50	0,04	-0,02	-0,04	-0,03	-0,01	0,04	0,12	0,23
1,0	0,50	0,72	0,48	0,28	0,13	0,05	0,04	0,09	0,18
1,0	1,0	-0,02	-0,04	-0,04	-0,01	0,06	0,13	0,22	0,30
1,33	1,0	0,10	0	0,01	-0,03	-0,01	0,03	0,10	0,20
2,0	1,0	0,62	0,38	0,23	0,13	0,08	0,05	0,06	0,10

Coefficientes C en conducto principal

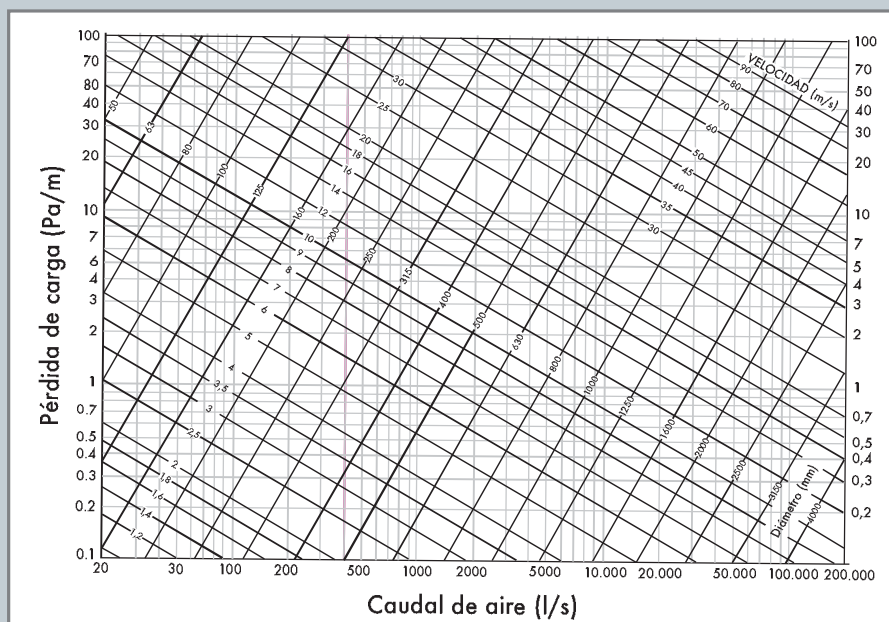


Gráfico de rozamiento de ASHRAE

2. Conductos CLIMACOUSTIC

2.1. Características generales

Knauf Insulation, empresa líder mundial en la producción de materiales aislantes, incorpora al mercado ibérico de España y Portugal sus paneles rígidos de lana mineral **CLIMACOUSTIC**, especialmente desarrollados para la construcción de conductos de redes de climatización (refrigeración y calefacción) y ventilación.

CLIMACOUSTIC es un panel autoportante constituido por un núcleo aislante de lana mineral de baja conductividad térmica, revestido en su cara exterior por una lámina a base de complejo kraft-aluminio reforzado con una malla de vidrio, que actúa como barrera de vapor, y en su cara interior por un recubrimiento acústico negro.

Con unas dimensiones de 3.048 x 1.219 x 25 mm (120" x 48" x 1"), y mecanizados macho y hembra en sus bordes longitudinales respectivos, que posibilitan la perfecta unión entre las distintas piezas que conforman un conducto, los paneles **CLIMACOUSTIC** son el resultado de más de 30 años de experiencia y millones de metros lineales de conductos de climatización y ventilación en Estados Unidos.



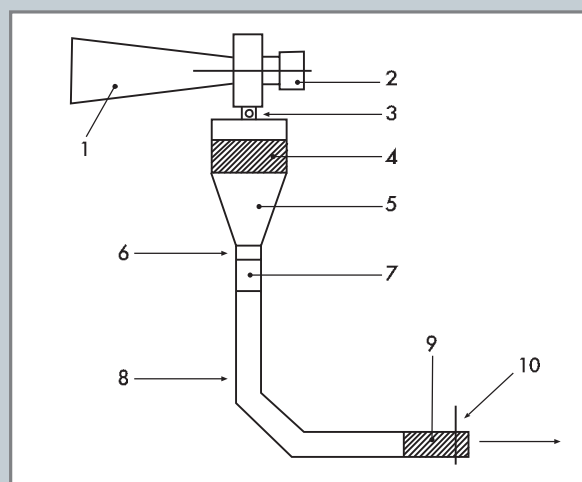
Las prestaciones técnicas de los paneles CLIMACOUSTIC de Knauf Insulation aportan solvencia a las instalaciones de climatización y ventilación por conductos

Esquema de montaje para el ensayo de erosión y emisión de partículas

Se trata, por tanto, de un sistema constructivo sólido y comprobado, constituido por materiales y elementos accesorios idóneos para el cumplimiento de la actual normativa europea de conductos de ventilación y acondicionamiento de aire a base de paneles aislantes, EN 13403.

Knauf Insulation ha sometido sus paneles **CLIMACOUSTIC** a ensayos en prestigiosos laboratorios, para certificar el cumplimiento de las exigencias de la norma EN 13403, de entre las cuales podríamos destacar las siguientes:

- Erosión y emisión de partículas.
- Resistencia a la presión.
- Estanquidad al aire.
- Absorción acústica.



- 1 Caja de aspiración
- 2 Ventilador aspirador
- 3 Válvula de control
- 4 Filtros absolutos
- 5 Cámara de sobrepresión
- 6 Adaptador flexible
- 7 Conducto de conexión
- 8 Conductos a ensayar, longitud ≥ 4 m
- 9 Conducto de medida, longitud ≥ 2 m
- 10 Zona de medida

En el apartado 2.3. de propiedades de los conductos **CLIMACOUSTIC** se detallan los resultados obtenidos para las exigencias anteriores, así como otros requisitos básicos especificados en las normas EN 13403 y EN 13162 (norma europea de productos aislantes de lana mineral para uso en edificación).

2.2. Ámbito de aplicación

Tal como establece el apartado 1 de la norma EN 13403, el ámbito de aplicación de los conductos **CLIMACOUSTIC** son los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire en edificios de ocupación humana.

Y según lo indicado en el apartado 5 de dicha norma, las aplicaciones en las que no deben utilizarse conductos **CLIMACOUSTIC** son las siguientes:

- Transporte de partículas sólidas o gases corrosivos.
- Conductos instalados en el exterior de los edificios, sin protección adicional.
- Conductos enterrados, sin protección adicional.
- Extracción de humos de cocinas, laboratorios, etc.
- Conductos verticales de aire de más de 10 m de altura sin soporte adicional.
- Cuando la velocidad del aire en el conducto sea mayor que 18,8 m/s (de acuerdo con el anexo 1 del informe de ensayo oficial nº 2814127-2, realizado por CETIAT, referido a erosión y emisión de partículas).
- Cuando la presión del aire en el conducto sea mayor que 800 Pa (de acuerdo con el anexo 2 del informe de ensayo oficial nº 2814127-2, realizado por CETIAT, referido a resistencia a la presión del aire).
- Cuando la temperatura del aire en el interior del conducto sea inferior a -30°C o superior a 90°C .
- Cuando la temperatura en el exterior del conducto sea superior a 60°C .



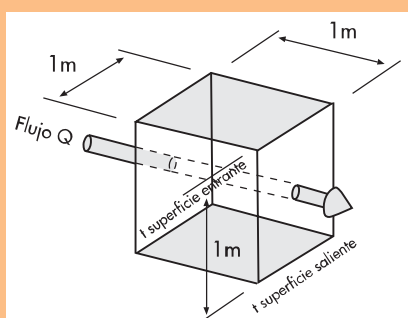
La norma EN 13403 restringe el uso de conductos contruidos con paneles de lana mineral, no debiendo utilizarse en determinadas aplicaciones que especifica dicho documento

2.3. Propiedades

2.3.1. Alto nivel de aislamiento térmico

Gracias al alto nivel de aislamiento térmico de los conductos de climatización contruidos con paneles **CLIMACOUSTIC** se consiguen dos objetivos:

- Minimizar las pérdidas de calor. El empleo de un material aislante térmico de altas prestaciones, como es la lana mineral de Knauf Insulation, mantiene una temperatura del aire transportado constante en toda la red de conductos. De esta manera se reducen los costes económicos de funcionamiento de la instalación.
- Evitar condensaciones en la superficie exterior del conducto por las diferencias de temperatura que se producen entre el aire ambiental del local o recinto y la superficie exterior de los conductos por donde circula el aire cuando éstos no están aislados (conductos de chapa sin aislamiento). En todo caso los paneles **CLIMACOUSTIC** incorporan una barrera de vapor en su cara exterior para evitar en casos extremos posibles riesgos de condensación intersticial en la lana mineral, que mermaría sus propiedades.



$t_{\text{superficie entrante}} - t_{\text{superficie saliente}} = 1^{\circ}\text{K}$

La conductividad térmica de un material se define como la cantidad de calor que atraviesa un cuerpo de superficie y espesor unitarios, en la unidad de tiempo, cuando entre sus caras hay una diferencia de temperatura de 1 grado.

La lana mineral que Knauf Insulation emplea para la fabricación de los paneles **CLIMACOUSTIC** tiene una muy baja conductividad térmica, declarando un λ_D (a 10°C) de $0,032 \text{ W / m.K}$, que proporciona una resistencia térmica $R_D = 0,75 \text{ m}^2.\text{K / W}$.

Tal como se indica en el apartado 1.3.2. de este manual, sobre requisitos relativos a la exigencia de eficiencia energética, el RITE establece un espesor mínimo de 20 mm en conductos para transporte de aire caliente y de 30 mm para transporte de aire frío, tomando como conductividad térmica de referencia del material aislante un valor de $0,040 \text{ W / m.K}$. Para valores diferentes de conductividad térmica se utilizarán fórmulas compensadoras. A modo de ejemplo, y considerando conductos de superficie plana, **CLIMACOUSTIC**, con un espesor de 25 mm cumple en ambos casos, ya que aplicando la fórmula:

$$d = d_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$$

se obtiene $d = 30 \times 0,032 / 0,040 = 24 \text{ mm}$.

2.3.2. Buen comportamiento al fuego

En el apartado 1.3.3. de este manual sobre requisitos relativos a la exigencia de seguridad, aparece una tabla extraída del CTE DB-SI, documento normativo a considerar en cuestiones referidas a la seguridad en caso de incendio, tal como establece el RITE, en la que se indican los parámetros de reacción al fuego que deben cumplir los elementos constructivos, y entre ellos los conductos de climatización y ventilación, con una exigencia máxima B-s1-d0 cuando no están protegidos por un elemento resistente al fuego:

–Clase B – muy limitada contribución al fuego (clases posibles: A1/A2 –incombustibles– a F –sin clasificar–)

–Subclase s1 – baja opacidad de humos (subclases posibles: s1 –baja– a s3 –alta–)

–Subclase d0 – sin caída de gotas o partículas inflamadas (subclases posibles d0 –nula– a d2 –alta–)

Los paneles **CLIMACOUSTIC** están certificados con una clase de reacción al fuego B-s1-d0, según ensayo basado en la EN 13501-1, cumpliendo por tanto la exigencia máxima establecida por la normativa vigente.

2.3.3. Absorción y aislamiento acústico

Además de los elementos sólidos o la estructura del edificio, que pueden transmitir ruidos de impacto o vibraciones generados por los equipos emisores de acondicionamiento de aire (compresores, ventiladores, climatizadores, etc.), hasta otros puntos o locales receptores de ruido, hay que considerar los conductos de aire acondicionado como elementos transmisores del sonido desde unos puntos a otros del edificio.

En este sentido, interviene por un lado el propio ruido generado por la instalación térmica (equipos, emisión y rozamiento del aire) y que se propaga por la propia red de conductos, y por otra parte el ruido generado en un local y que puede transmitirse a otro adyacente a través de un conducto común que recorre ambos espacios (interfonía).

Los fabricantes de equipos y maquinaria de climatización suelen facilitar o incluir en la documentación los niveles de ruido o potencia acústica de los elementos que suministran para la instalación, a partir de los cuales deben tomarse, si los propios equipos no van ya equipados acústicamente (aislantes, antivibradores, etc.), las medidas de aislamiento, tanto a ruido aéreo como a ruido de impacto, encaminadas como mínimo a cumplir las exigencias normativas de aislamiento acústico.



Los materiales con mala clasificación en su reacción al fuego pueden contribuir negativamente en el desarrollo de un incendio. Los conductos CLIMACOUSTIC cumplen la exigencia máxima de reacción al fuego establecida por la CTE DB-S1: euroclase B-s1-d0

Para calcular los niveles de atenuación acústica lineal de los conductos de la red de climatización, debe conocerse previamente la absorción acústica del material con el que están contruidos, cuantificada normalmente mediante los coeficientes adimensionales α por frecuencias, denominados coeficientes Alpha Sabine. A partir de esta información, que puede obtenerse en ensayo normalizado en laboratorio, podemos obtener la atenuación acústica lineal ΔL en tramo recto aplicando la siguiente fórmula:

$$\Delta L = 1,05 \cdot (P / S) \cdot \alpha^{1,4}$$

siendo P el perímetro del conducto en ml, y S su sección en m²

Los paneles **CLIMACOUSTIC**, revestidos en su cara interior por un recubrimiento negro fonoabsorbente, presenta los siguientes coeficientes de absorción acústica, según ensayo basado en norma EN ISO 354, de acuerdo al informe oficial del laboratorio CTA Audiotec ref. CTA 138/09/REV:

Coeficientes de absorción acústica CLIMACOUSTIC						
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Coeficiente α_s	0,25	0,45	0,75	0,85	0,90	0,95
Coeficiente global α_w	0,75					

A partir de estos coeficientes, empleando la fórmula anterior se deduce la atenuación acústica lineal de los conductos **CLIMACOUSTIC**, para diferentes secciones de conductos:

Atenuación acústica lineal conductos CLIMACOUSTIC (dB/m)						
Sección conducto (mm)	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1.000	2.000	4.000
200 x 200	3,02	6,87	14,04	16,73	18,12	19,54
300 x 300	2,01	4,58	9,36	11,15	12,08	13,03
250 x 350	2,07	4,71	9,63	11,47	12,43	13,40
360 x 480	1,47	3,34	6,82	8,13	8,81	9,50
400 x 400	1,51	3,43	7,02	8,36	9,06	9,77
400 x 600	1,26	2,86	5,85	6,97	7,55	8,14

Para conocer los valores de atenuación acústica total de un tramo de conducto de una longitud determinada, basta multiplicar los valores lineales que se obtengan utilizando la fórmula anterior (o la tabla indicada si coincide la sección del conducto con alguna de las indicadas en la misma) por la longitud del conducto.

Por ejemplo, si queremos conocer la atenuación acústica de un tramo de conducto de 5,00 m y sección 320 x 450 mm, los valores por bandas de octavas serán los siguientes:

Con estos valores podemos obtener el nivel sonoro provocado por un venti-

Atenuación acústica tramo 5,00 m conducto CLIMACOUSTIC 320 x 450 mm						
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Atenuación (dB)	8,06	18,36	37,53	44,72	48,45	52,26



lador que se produce en un local receptor de ruido a través de un tramo de conducto **CLIMACOUSTIC** de longitud y sección determinadas, deduciendo de los valores de potencia acústica que emite dicho ventilador por bandas de octavas, los de atenuación acústica del conducto. Finalmente, mediante fórmula logarítmica, podemos obtener el nivel global sonoro del ventilador a la salida del conducto.

Los conductos **CLIMACOUSTIC** actúan acústicamente en dos sentidos:

- atenúan el ruido generado por la propia instalación
- evitan la interferencia entre locales de recorrido

Y ello gracias a las características de la lana mineral de Knauf Insulation y al recubrimiento acústico negro que incorporan en su cara interior.

2.3.4. Baja erosión y emisión de partículas

Para conocer el comportamiento de la superficie interior de los conductos **CLIMACOUSTIC** ante el paso del aire, se sometió el producto, en las condiciones que establece la norma EN 13403, al ensayo de erosión y emisión de partículas, los resultados del cual figuran en el resumen y en el anexo 1 del informe nº 2814127-2, realizado por CETIAT, dando unos resultados muy por debajo de los límites que establece dicha norma.

La velocidad del aire emitido en el ensayo durante 5 h en el interior de la muestra de conducto **CLIMACOUSTIC** fue de 18,8 m/s, considerablemente por encima de los 12 m/s de velocidad mínima que exige la EN 13403, y muy superior a las velocidades habituales en las instalaciones de climatización por conductos, entre 3 y 12 m/s. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- La emisión de partículas $> 0,5 \mu\text{m}$ fue de $0,036 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el requisito de la norma no superar $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- La emisión de partículas $> 5,0 \mu\text{m}$ fue de $0,020 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el requisito de la norma no superar $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- El recubrimiento interior del conducto no se rompió, ni formó escamas, ni mostró evidencia de delaminación ni erosión.

Estos resultados determinan que los paneles **CLIMACOUSTIC** están dotados de un recubrimiento interior, que además de ofrecer una elevada absorción acústica, es altamente resistente al arrastre del aire, contribuyendo a la obtención de aire acondicionado de alta calidad para los usuarios, en cumplimiento de la exigencia de bienestar e higiene / calidad de aire interior, que establece el RITE. Asimismo, las características intrínsecas de dicho recubrimiento, tal como veremos en el apartado 2.3.7. de este manual sobre



La calidad no hace ruido

Los resultados obtenidos por CLIMACOUSTIC en el ensayo de erosión y emisión de partículas superan holgadamente las exigencias de la norma en 13403



proliferación microbiana, evitan el desarrollo de hongos o bacterias y posibilitan la limpieza de los conductos en los términos que describe el RITE, basándose en la norma UNE 100012 sobre higienización de sistemas de climatización.

2.3.5. Resistencia a la presión del aire

Tal como indica la norma EN 13403, el ensayo de presión determina la aptitud de los paneles rígidos de lana mineral **CLIMACOUSTIC** para su función como conductos de climatización y ventilación.

Knauf Insulation sometió el producto al ensayo de presión en CETIAT, y tal como se indica en el resumen y en el anexo 2 del informe nº 2814127-2, realizado por CETIAT, la muestra de **CLIMACOUSTIC** (pieza prismática de

En el ensayo de resistencia a la presión del aire, CLIMACOUSTIC soportó presiones de 2.000 Pa, sin sufrir daños ni el propio conducto ni la junta de unión entre piezas



2,40 x 0,30 x 0,30 m) aguantó una presión de 2.000 Pa sin ruptura ni evidencia de daños, resultando intacto el propio conducto y la junta de unión entre los dos tramos que constituían la probeta.

Este resultado permite el empleo de conductos **CLIMACOUSTIC** en instalaciones sometidas a presiones de hasta 800 Pa, ya que la EN 13403 establece un coeficiente de seguridad de 2,5 ($2.000 \text{ Pa} / 2,5 = 800 \text{ Pa}$).

2.3.6. Estanquidad al aire

En el apartado 1.3.2 de este manual, sobre los requisitos que establece el RITE en materia de eficiencia energética, se especifica la tabla de niveles de estanquidad de las redes de conductos, que va desde la letra A hasta la letra D en función de los coeficientes c de estanquidad, siendo A la peor clasificación y no estando permitida. Y la norma EN 13403 establece una clasificación desde la letra A hasta la letra C, siendo igualmente A la peor clase. Los coeficientes de estanquidad, tal como vimos en aquel apartado de este manual, se utilizan para el cálculo de fugas de aire en la red.



Los conductos **CLIMACOUSTIC** han obtenido una clasificación de estanquidad C en el ensayo oficial realizado en laboratorio, la mejor de las clases que establece la norma EN 13403



Los conductos **CLIMACOUSTIC** no facilitan la proliferación microbiana, al incorporar un tratamiento antimicrobiano



El recubrimiento exterior de **CLIMACOUSTIC** actúa como barrera de vapor, evitando condensaciones intersticiales en los conductos

Los conductos **CLIMACOUSTIC** han sido ensayados según la norma EN 1507 en CETIAT, y el resumen y anexo 3 del informe nº 2814127-2 confirman que este material tiene un alto nivel de estanquidad, resultando clase C, presentando unos niveles muy bajos de fugas de aire, lo cual se traduce en una mejora en el rendimiento de la instalación térmica.

2.3.7. No proliferación microbiana

La norma EN 13403, siguiendo el método de comprobación que especifica en su apartado 7.4, indica que los materiales de los conductos y sus conexiones, incluidas, cintas adhesivas, tejidos, pegamentos u otros materiales utilizados en la instalación, no deben facilitar (o ser nutrientes para) la proliferación microbiana. Estos criterios son válidos antes y después de haberse realizado 20 simulaciones de limpieza.

El recubrimiento acústico negro que tienen los conductos **CLIMACOUSTIC** en su cara interior, incorpora un tratamiento antimicrobiano que evita la proliferación de hongos y bacterias.

Esta es otra de las propiedades que deben tener los conductos para garantizar la calidad del aire interior, junto con la ya abordada en este manual, de resistencia a la erosión y emisión de partículas, y la limpieza de los conductos, aspecto que veremos más adelante, en el apartado 2.5 de este manual.

2.3.8. Resistencia al vapor de agua

Cuando la temperatura del aire se enfría, el porcentaje de vapor de agua que admite el aire seco disminuye, produciéndose condensación en el momento en que se llega a la humedad de saturación (100% humedad relativa), fenómeno conocido como temperatura o punto de rocío.

Cuando una instalación de climatización actúa en modo refrigeración (climatización de verano), la temperatura ambiental es superior a la temperatura interior de los conductos, por lo que el aire próximo a las superficies de los conductos disminuye de temperatura y aumenta el riesgo de condensaciones al aumentar la humedad relativa.

Los paneles **CLIMACOUSTIC** incorporan un revestimiento exterior de aluminio reforzado, que actúa como barrera de vapor, evitando la hipotética condensación intersticial de la lana de vidrio que podría darse en condiciones extremas. Dicha barrera presenta una resistencia a la difusión del vapor superior a la exigencia de la EN 13403, de $140 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{mg}$.

2.4. Construcción y montaje en obra

Los paneles de lana mineral **CLIMACOUSTIC**, por su grado de rigidez, por su consistencia y a la vez por su ligereza, resultan un producto de gran facilidad de corte y manipulación, con lo que se consigue construir, ensamblar y montar redes de conductos con unos rendimientos de mano de obra óptimos.

En las operaciones de construcción de conductos, la naturaleza de sus recubrimientos permite realizar operaciones de corte limpias, sin enganches ni roturas superficiales.

Obtención de una pieza

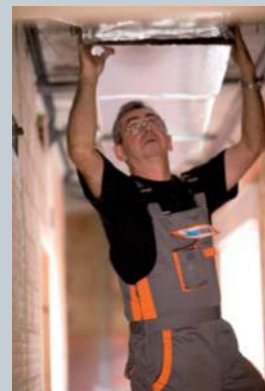
Aunque existen diferentes métodos y sistemas de obtención (construcción del conducto en una pieza, en dos piezas en L, en dos piezas en U + tapa, en cuatro piezas), el más empleado es la construcción del conducto en una sola pieza. En función de la sección a obtener, se marcan a lo largo de un panel las dimensiones de cada lado del conducto, posteriormente se practican los cortes transversales a lo ancho del panel en forma de cuña o de media madera, con herramientas especiales diseñadas para estas operaciones, y finalmente se doblan las caras obtenidas, uniendo la primera y la última con solapado del recubrimiento de aluminio practicado previamente en las operaciones de corte. Finalmente se grapa la zona de solapado y se sella con cinta autoadhesiva de aluminio.

Obtención de un tramo

Los paneles llevan también, pero realizados ya de fábrica, unos mecanizados o cortes a media madera en sus dos aristas longitudinales, además de un solape en el recubrimiento exterior de aluminio de una de ellas, con el fin de obtener una unión estanca entre las piezas de 1,20 m que conformarán cada tramo de conducto de la red de climatización / ventilación. Una vez realizadas las distintas piezas del conducto según vimos en el apartado anterior, se ensamblan entre sí mediante grapado y sellado con cinta autoadhesiva de aluminio, obteniendo un tramo de conducto.

Piezas especiales

Para la consecución de piezas especiales, como por ejemplo reductores de sección, codos, pantalones o desviaciones necesarias para completar la red de conductos de la instalación, aunque existen también diferentes métodos y sistemas de obtención, el más utilizado consiste en replantear y recortar en un panel **CLIMACOUSTIC** las caras superior e inferior (superficies planas) de la figura a realizar, confeccionar después las caras laterales o tabicas siguiendo el mismo criterio que en la obtención de una pieza de tramo (replanteando, marcando y realizando los cortes transversales que constituirán



Los conductos CLIMACOUSTIC son fáciles de manipular y ensamblar, gracias a su consistencia y ligereza



Trazado y corte de un panel CLIMACOUSTIC para la obtención de una pieza



Grapado de la pieza una vez cerrados los cuatro lados del conducto CLIMACOUSTIC de sección rectangular



Encintado de la pieza de conducto obtenida a partir de un panel CLIMACOUSTIC

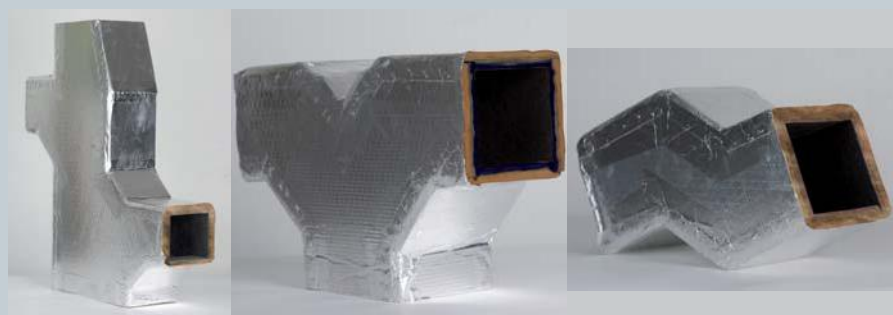


Los mecanizados laterales que vienen realizados de fábrica en los paneles CLIMACOUSTIC posibilitan la perfecta unión entre piezas para la obtención de un tramo de conducto



Los conductos CLIMACOUSTIC se instalan en obra mediante accesorios metálicos adecuados a tal fin (perfil U, varillas, pletinas, etc.)

cada arista de cambio de dirección), para posteriormente unir con grapas y sellar con cinta autoadhesiva de aluminio las diferentes caras de la figura, teniendo en cuenta la mecanización previa de los solapes necesarios para conseguir una perfecta unión entre caras de la pieza, y la posible necesidad de encolar las aristas interiores para conseguir una perfecta estanquidad al paso del aire y del ruido.



Piezas especiales de una red de conductos realizadas con paneles CLIMACOUSTIC

Montaje de tramos

Una vez contruidos en la mesa de trabajo in situ los diferentes tramos y piezas especiales de la red de conductos, éstos normalmente se suspenden horizontal y/o verticalmente de la estructura (forjado, pared....) con accesorios metálicos diseñados a tal fin: perfil U de apoyo conducto, varillas roscada, piezas de refuerzo, pletinas, cable de acero.

Conexiones

Finalmente, la instalación de la red de conductos se concluye realizando las conexiones a la máquina climatizadora, a las rejillas o difusores, realización de puertas de acceso, colocación de refuerzos, etc. Para cada caso, se emplean perfiles y accesorios adecuados, y es fundamental realizar una correcta unión y sellado que garantice la estanquidad de la red de conductos.



Gracias a la facilidad montaje, con los conductos **CLIMACOUSTIC** se reducen los costes de mano de obra en la instalación de la red de conductos.

En el manual de montaje de conductos **CLIMACOUSTIC** de Knauf Insulation, se incluyen todos los detalles relativos a la construcción y montaje de una red de conductos.

2.5. Mantenimiento y limpieza

De acuerdo a las instrucciones del RITE en cumplimiento de las exigencias de seguridad, debe establecerse un programa de mantenimiento de la instalación térmica, distinguiendo la periodicidad de las operaciones, en función de si la potencia térmica nominal de la misma es igual o inferior a 70 kW, o bien superior a 70 kW.

Entre las operaciones de mantenimiento, deben realizarse comprobaciones, revisiones y limpieza de los diferentes elementos que conforman la misma, como son en este caso los conductos de la red de climatización o ventilación.

Los conductos **CLIMACOUSTIC** pueden ser sometidos a diferentes métodos de limpieza, tal como establece el Manual de prácticas recomendadas para la inspección, apertura, limpieza, cierre y puesta en servicio de los conductos para la distribución de aire en lana de vidrio, editado por NAIMA, Asociación Norteamericana de Fabricantes de Aislamientos.

Es importante establecer un procedimiento de limpieza de la red de conductos, que podríamos dividir en los siguientes apartados:

- Inspección de la instalación para evaluar la necesidad o no de realizar la limpieza de los conductos.
- Apertura de los registros o puertas de acceso al interior de los conductos.
- Limpieza de conductos.
- Cierre de las puertas de acceso.
- Puesta en servicio y comprobación de la instalación.

Inspección

Previamente al proceso de limpieza de la red de conductos, deben realizarse verificaciones previas: chequear el ambiente interior, comprobar si existen problemas para el correcto funcionamiento de la instalación, qué tipo de problemas (temperatura, olores, aire contaminado, polvo...), y cuál es su origen y ubicación de los mismos, inspeccionando los diferentes elementos que conforman la instalación (anomalías en la unidad de tratamiento, en el compresor, en los filtros, en el sistema de humectación, presencia de suciedad en el interior de los conductos, contaminación externa provocada por máquinas o aparatos presentes en los locales a acondicionar, etc.).

Para realizar las operaciones de inspección, la instalación debe estar parada, y se deben tomar todas las medidas de protección personal encaminadas a evitar accidentes en los operarios que estén realizando la inspección: guantes, mascarilla, gafas de seguridad o ropa adecuada para evitar con-



El recubrimiento interior de los conductos **CLIMACOUSTIC** soporta los métodos de limpieza y desinfección más efectivos para las redes de conductos

tactos de sustancias contaminantes con la piel; también deben tomarse todas las precauciones posibles para evitar la exposición de los ocupantes a la contaminación que podría desprenderse durante las operaciones de inspección.

Fundamentalmente debe verificarse si el aire se distribuye correctamente por todos los espacios a acondicionar, inspeccionar filtros de aire, serpentines, unidades de tratamiento o humidificadores.

Para inspeccionar el interior de los conductos, deberán abrirse los registros y puertas de acceso existentes en la red. Si se detecta presencia de moho u otras sustancias perjudiciales, es fundamental recoger muestras para su análisis.

Una vez terminadas las operaciones de inspección, deben cerrarse los registros y puertas de acceso utilizados para inspeccionar.

Si finalmente se decide que es necesario realizar un proceso de limpieza en la red de conductos, debe contrastarse el resultado de la inspección con los planos del circuito de climatización, para determinar en qué zonas de la red debe realizarse el mismo.

Abertura de accesos a los conductos

Según se indica en el apartado 1.3.3. de este manual sobre las exigencias de seguridad que establece del RITE, las redes de conductos deben estar equipadas de puertas de acceso de acuerdo a lo indicado en la norma UNE-ENV 12097 para permitir las operaciones de limpieza y desinfección. Estos accesos deben estar instalados de manera que, una vez terminadas las operaciones de limpieza, puedan volver a cerrarse de una manera estanca. La distancia entre accesos no debe ser superior a 10 m, tal como indica la norma UNE 100-030.

Limpieza interior de conductos

Gracias a sus propiedades físicas y mecánicas, como son la resistencia a la erosión de su recubrimiento interior, tal como se indica en el apartado 2.3.4. de este manual, o la resistencia a la presión del aire, tal como se indica en el apartado 2.3.5. de este manual, los conductos **CLIMACOUSTIC** son aptos para recibir los tres métodos de limpieza más efectivos, recomendados por la EN 13403, que son los siguientes:

- **Aspiración por contacto.** Se emplea el equipo de aspiración HEPA (recuperador de partículas de alta eficiencia) cuando la descarga de aire se realiza en el interior de espacios ocupados, ya que los aspiradores convencionales de aspiración de polvo pueden liberar en la atmósfera partículas extremadamente finas, en lugar de recogerlas. Este método de limpieza resulta muy efectivo cuando se realiza con sumo cuidado. Las aberturas de acceso precisan ser de mayores dimensiones que las que



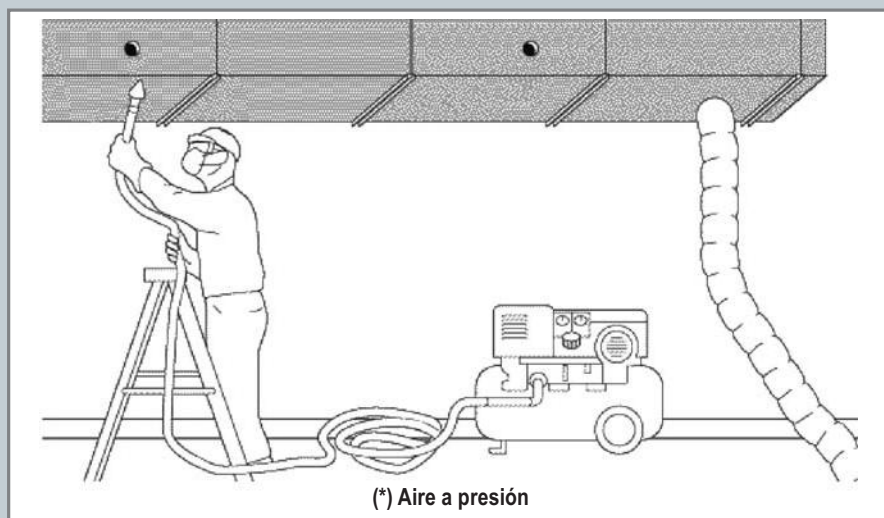
CLIMACOUSTIC es apto para recibir los tres métodos de limpieza recomendados por la norma EN 13403

se necesitan para los otros métodos de limpieza, con objeto de que los equipos de limpieza puedan llegar hasta el último rincón del conducto. La separación entre accesos dependerá de la distancia de alcance del equipo que se utilice. La cabeza de la aspiradora debe introducirse por el acceso más cercano al inicio de la red de conductos, donde estará normalmente ubicada la unidad de tratamiento del aire, y una vez puesta en marcha seguirá lentamente el curso de la corriente de aire, para que se vaya recogiendo toda la suciedad.



(*) Proceso recomendado por NAIMA para la limpieza de paneles rígidos de Lana Mineral para climatización y ventilación (Asociación norteamericana de fabricantes de aislantes), Pub. # AH122, 2007.

- **Aire a presión.** Este segundo método consiste en conectar en una abertura de acceso situada en un extremo un dispositivo que recoja el polvo por aspiración, y con una manguera provista en su extremo de una boquilla "saltadora", se introduce aire comprimido, el cuál va impulsando esta boquilla a lo largo del interior del conducto. Con este sistema se desalojan los residuos y partículas de polvo, que al flotar en el aire son arrastrados corriente abajo del conducto y son extraídos del mismo mediante el dispositivo de recogida del polvo por aspiración. La fuente de aire comprimido debe producir entre 11 y 13,5 kg/cm² y el dispositivo recolector debe disponer de una cubeta de al menos 70 dm³. Se recomienda que la zona aislada del circuito de conductos que se está limpiando tenga una presión estática mínima de 25 mm de columna de aire, para asegurar un transporte correcto de la suciedad.
- **Aire a presión con cepillado.** Método de las mismas características que el anterior, pero en este caso se incorporan unos cepillos rotatorios eléctricos o neumáticos para desalojar los residuos, partículas de polvo y demás suciedad corriente abajo, hasta que son recogidos por la tolva de aspiración. Aunque las aberturas de acceso deben ser aquí mayores que en el método anterior, la distancia entre ellas puede ser mayor, ya que existen cepillos rotatorios capaces de alcanzar hasta 7 m en ambas direcciones de la abertura. No deben emplearse cepillos metálicos, sino acrílicos o de nylon.



La norma EN 13403 indica que los paneles de lana mineral empleados en la construcción de conductos de climatización deben resistir operaciones de limpieza equivalentes a un ciclo de vida de 20 años de uso (una operación de limpieza por año) sin ningún daño. Cuando se somete al ensayo de erosión y emisión de partículas, después de que se han realizado 20 simulaciones de limpieza, el material de la superficie interior del conducto no debe desprenderse, desconcharse o mostrar evidencias de erosión o delaminación. La emisión de partículas debe ser menor que $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para partículas mayores de $0,5 \mu\text{m}$, y no mayor de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para partículas mayores de $5 \mu\text{m}$.



(*) Proceso recomendado por NAIMA para la limpieza de paneles rígidos de Lana Mineral para climatización y ventilación (Asociación norteamericana de fabricantes de aislantes), Pub. # AH122, 2007.

2.6. Conclusiones

Los paneles rígidos **CLIMACOUSTIC** para la construcción y montaje en obra de redes de conductos, resultan un sistema constructivo sólido y comprobado, pues han sido diseñados a base de un material aislante de gran eficacia, como es la lana mineral, y unos acabados superficiales idóneos para cumplir las exigencias de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad del actual Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

Características como la absorción acústica, la erosión y emisión de partículas, la resistencia a la presión del aire y la estanquidad a las fugas de aire han sido ensayadas y medidas en laboratorios oficiales, como son el CETIAT de Lyon y el CTA Audiotec de Valladolid, obteniendo resultados muy superiores a las exigencias de la vigente normativa europea de conductos no metálicos de climatización y ventilación EN 13403.

La baja conductividad térmica de la lana mineral que Knauf Insulation emplea en la fabricación de **CLIMACOUSTIC**, permite cumplir con las exigencias de eficiencia energética del RITE, evitando pérdidas térmicas en la red de climatización y eliminando riesgos de condensaciones de vapor de agua, ya que también incorpora una barrera de vapor como recubrimiento exterior de conducto.

La continuidad de su recubrimiento interior, hace que los conductos contruidos con paneles **CLIMACOUSTIC** tengan mínimas pérdidas de carga, optimizando el rendimiento de las instalaciones.

CLIMACOUSTIC tiene una clasificación en su reacción al fuego igual a la máxima exigida por la actual normativa de seguridad en caso de incendio CTE DB-SI, a la que remite el RITE en cumplimiento de la exigencia de seguridad.

Gracias a las propiedades fonoabsorbentes de la lana mineral y del recubrimiento interior que incorporan los paneles **CLIMACOUSTIC**, se atenúa el ruido generado por la propia instalación de aire, y se evita la transmisión del sonido entre espacios habitables de recorrido de los conductos.

Los conductos **CLIMACOUSTIC** no sirven de soporte nutritivo para la proliferación de ningún tipo de hongo o bacteria, gracias al tratamiento antimicrobiano que incorporan en su cara interior.

Los conductos **CLIMACOUSTIC** se construyen y montan en obra con gran rapidez, gracias a su facilidad de corte y manipulación, debido a las características de estos paneles: su rigidez, su consistencia, su ligereza y la naturaleza de sus recubrimientos interior y exterior. Con ello se consiguen



No lo dude, haga instalar **CLIMACOUSTIC** en su proyecto de vivienda, local o edificio

"Cumplimiento de las exigencias de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE" ✓

"No se producen pérdidas de calor ni condensaciones en la red de conductos" ✓

"Mínimas pérdidas de carga y optimización del rendimiento de las instalaciones" ✓

"Clasificación en su reacción al fuego igual a la máxima exigida por el CTE-DB-SI" ✓

"Atenuación del ruido generado por la instalación y no interferencia entre locales y dependencias" ✓

"Mínima emisión de partículas, con una alta calidad de aire interior" ✓

"Gran resistencia a la presión y máxima estanquidad a las fugas de aire" ✓

"No proliferación de hongos ni bacterias" ✓

"Gran facilidad de corte y rapidez de ensamble y puesta en obra" ✓

"Facilidad de limpieza y mantenimiento" ✓

optimizar los rendimientos de mano de obra y reducir los costes de ejecución de la instalación.

Los conductos **CLIMACOUSTIC** admiten los métodos más efectivos de mantenimiento y limpieza de redes de climatización, como son la aspiración por contacto, el aire a presión y el aire a presión con cepillado, recomendados por la Asociación Norteamericana de Fabricantes de Aislamientos (NAIMA). Y ello gracias, por ejemplo, a las características físicas de su recubrimiento interior, inalterable ante el paso del aire con una nula erosión y despreciable emisión de partículas, a su resistencia a la presión del aire y a su estanquidad, tal como demuestran los ensayos que ha realizado Knauf Insulation para comprobar estos parámetros.

No lo dude, haga instalar **CLIMACOUSTIC** en su proyecto de vivienda, local o edificio, y aporte máxima calidad de aire a su instalación.



CLIMACOUSTIC: Calidad de aire

2.7. Certificados

En este apartado se indican los certificados de calidad y seguridad con que cuentan los paneles autoportantes de lana mineral **CLIMACOUSTIC**, disponibles en la página web de Knauf Insulation www.knaufinsulation.es:

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CE

Emitido por el BCCA (Belgian Construction Certification Association), este certificado garantiza que las características técnicas de los paneles **CLIMACOUSTIC** que en el mismo se especifican, como la conductividad térmica o la reacción al fuego, han sido verificadas por un organismo externo cualificado, y sometidas a controles y ensayos.



CERTIFICACIÓN EUCEB

La certificación EUCEB garantiza que **CLIMACOUSTIC** está fabricado con lana mineral no perjudicial para la salud humana, tratándose de un material biosoluble y no cancerígeno, tal como establecen la directiva europea 97/69 y la Agencia Internacional del Cáncer. Por tanto, estamos hablando de un producto seguro para las personas, tanto manipuladores e instaladores como usuarios de las instalaciones.



CERTIFICADO CETIAT

El informe de CETIAT certifica que propiedades de los conductos **CLIMACOUSTIC**, como su baja erosión y emisión de partículas, su resistencia al paso de aire y su estanquidad, presentan los valores indicados en este manual, y que en todo caso son superiores a los exigidos por la norma EN 13403 y sobre conductos para climatización y ventilación realizados con paneles aislantes.



CERTIFICADO CTA Audiotec

El informe de CTA Audiotec certifica las características de absorción acústica de los paneles **CLIMACOUSTIC** que se especifican en este manual.



CERTIFICADO GREENGUARD Certificado nº 903

Climacoustic de Knauf Insulation posee este certificado por su calidad de aire interior como producto de baja emisión de partículas por el Instituto Ambiental GREENGUARD Certification Program SM y los standards más exigentes de GREENGUARD para niños y escuelas. www.greenguard.org





Knauf Insulation: el compromiso en favor del desarrollo sostenible y la conservación del medio ambiente.

- Fabricamos productos que utilizan un elevado porcentaje de materiales reciclados.
- Un alto grado de compresión de nuestros embalajes reduce el consumo de combustible en el transporte.
- Nuestras cadenas de producción están equipadas con las instalaciones para fabricación más avanzadas donde se realizan comprobaciones continuas, permitiéndonos entregar Lana Mineral de calidad superior reduciendo al mismo tiempo las emisiones de CO₂.



Knauf Insulation, especialista mundial en aislamiento térmico y acústico

Knauf Insulation es una empresa especializada en aislamientos térmicos y acústicos para edificación e instalaciones técnicas industriales, que opera en todo el mundo y tiene su sede principal en Iphofen (Alemania). Knauf Insulation es una de las empresas líderes en el mercado mundial de la Lana Mineral.

Con una política de grupo basada en la innovación tecnológica constante, Knauf Insulation ofrece soluciones ecoeficientes en aislamientos termo-acústicos contra el calor, el frío y el ruido, en favor del confort, el ahorro energético y la calidad de vida, tanto en vivienda como en edificaciones de carácter industrial y comercial.

La compañía comercializa sus productos mediante las Gamas de Lana Mineral y de Poliestireno Extruído (Polyfoam), que cumplen holgadamente las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE), y han sido ensayadas y certificadas en laboratorios acreditados por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC).

Todos sus productos son de alta calidad, versátiles y ergonómicos, ofreciendo una respuesta ágil y exhaustiva a cualquier necesidad, tanto en obra nueva como en rehabilitación, en pequeñas instalaciones y en grandes proyectos.



Acerca de Knauf Insulation

Knauf Insulation es uno de los principales fabricantes de materiales de aislamiento y el de más rápido crecimiento; nuestra misión consiste en convertirnos en el líder mundial en sistemas de eficiencia energética para la construcción. Nuestros valores - concentración en el cliente, innovación, apertura y compromiso - marcan la forma en que hacemos negocios. Basándonos en nuestras tres décadas de experiencia en eficiencia energética, ofrecemos una completa cartera de soluciones para la construcción residencial y no residencial, así como para el aislamiento en la industria. Estamos decididos a ofrecer materiales de construcción que mejoren la sostenibilidad y la calidad de vida; con la introducción de nuestro nuevo aislamiento de Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology seguimos siendo fieles a ese compromiso.

Knauf Insulation está presente en más de 35 países a través de 30 plantas de producción y cuenta con casi 5.000 empleados en todo el mundo. La empresa, que forma parte del grupo familiar alemán Knauf, prosigue su sólido y continuado crecimiento financiero y operativo, tras haber registrado una facturación superior a los 1.200 millones de € en 2008.

KNAUFINSULATION

¡Ya es hora de ahorrar energía!

Todos los derechos reservados, incluida la reproducción fotomecánica y el almacenamiento en medios electrónicos. Está prohibida la utilización de los procesos y actividades de trabajo presentados en el presente documento. Se ha actuado con una precaución extrema a la hora de recopilar la información, textos e imágenes del presente documento. No obstante, no se puede descartar la presencia de errores. La editorial y los editores no asumen ninguna responsabilidad jurídica o cualquier tipo de obligación por los errores en la información y sus posibles consecuencias. La editorial y los editores agradecerían las sugerencias y la indicación de los errores localizados.

CLIMATEC/07.10/BC/CVG/500



KNAUF INSULATION
Dpt. Atención al Cliente
Tel. : +34 93 379 65 08
Fax: +34 93 379 65 28
hola@knaufinsulation.com

Servicio de Asistencia Técnica
Fax: +34 93 379 65 28
tecnico@knaufinsulation.com

www.knaufinsulation.es



Knauf Insulation S.L.
C/ La Selva 2 - Edificio Géminis
Parque empresarial Mas Blau
E-08820 El Prat de Llobregat
(Barcelona)
Tel. : +34 93 379 65 08
Fax: +34 93 379 65 28

