Manual de Conductos de aire acondicionado CLIMAVER

ISOVER SAINT-GOBAIN

Construimos tu Futuro

CLIMAVER deco®

La solución decorativa para conductos de aire en instalaciones vistas

- Innovación en decoración de interiores
- Amplia gama de colores
- Revestimiento exterior exclusivo deco®
- Óptima reacción al fuego: A2-s1, d0
- Revestimiento interior ***neto***

+34 901 33 22 11
www.isover.net
isover.es@saint-gobain.com

ISOVER
SAINT-GOBAIN

Construimos tu Futuro

manual de conductos de aire acondicionado *CLIMAVER*

ISOVER SAINT-GOBAIN

Construimos tu Futuro

1.ª edición: Enero 2007.
Depósito Legal: M-2326-2007
2.ª edición: Diciembre 2009.
Depósito Legal: M-48935-2009

Editado por: Saint-Gobain Cristalería, S.A. - División Aislamiento.
Textos y gráficos: SGC División Aislamiento.
Diseño y creatividad: SGC División Aislamiento.
Impreso por: comunicación impresa, s.l.

ECF Este documento ha sido impreso en papel Creator Silk,
fabricado con celulosa que no ha sido blanqueada con cloro gas (Elemental Chlorine-Free).

ÍNDICE

1. **INTRODUCCIÓN** 7

2. **TIPOS DE CONDUCTOS** 13
   - 2.1. Conductos de chapa metálica 15
   - 2.2. Conductos de lana de vidrio 16
   - 2.3. Conductos flexibles 19

3. **AISLAMIENTO TÉRMICO EN LA CLIMATIZACIÓN** 21
   - 3.1. Generalidades 23
   - 3.2. Aislamiento térmico en los conductos 25
   - 3.3. Aislamiento térmico en equipos 29
   - 3.4. Riesgo de condensaciones 30

4. **AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA CLIMATIZACIÓN** 35
   - 4.1. Origen y vías de transmisión del ruido en las instalaciones 39
   - 4.2. Soluciones contra el ruido en instalaciones 40

5. **LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN LA CLIMATIZACIÓN** 53
   - 5.1. Generalidades sobre el origen y desarrollo de un incendio 55
   - 5.2. Comportamiento ante el fuego de los materiales: normativa 56
   - 5.3. Exigencias normativas para los materiales en la Climatización 57
   - 5.4. El problema de los humos en la seguridad contra incendios 58
   - 5.5. Caída de gotas y partículas en llamas 59

6. **PÉRDIDAS DE CARGA EN CONDUCTOS CLIMAVER** 61
   - 6.1. Presiones estática, dinámica y total 63
   - 6.2. Pérdidas de carga 64

7. **LOS CONDUCTOS DE AIRE Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE AIRE INTERIOR** 75
   - 7.1. Factores que influyen en la calidad del aire debido a los conductos 78
   - 7.2. Mantenimiento de instalaciones 81
   - 7.3. Limpieza de conductos 83

8. **LOS CONDUCTOS PARA CLIMATIZACIÓN: COMPARATIVA TÉCNICO-ECONÓMICA** 89
   - 8.1. Bases del estudio 92
   - 8.2. Estudio técnico-económico para España 92
   - 8.3. Materiales considerados 92
   - 8.4. Pérdidas en las Instalaciones 93
   - 8.5. Valoraciones Económicas 93
   - 8.6. Reducción del ruido 94

9. INSTALACIÓN DE CONDUCTOS 97
9.1. Introducción 99
9.2. Fundamentos de Construcción de Conductos 103
9.3. Fabricación de Conductos Rectos 108
9.4. Figuras: cambios de dirección 112
9.5. Figuras: ramificaciones 118
9.6. Reducciones 123
9.7. Operaciones auxiliares 126

ANEXOS

Anexo I. Conductos y RITE 137

Anexo II: Informe del ensayo: Pérdidas de carga en conductos CLIMAVER 143
II.1. Objeto 145
II.2. Antecentes 145
II.3. Ensayo 146
II.4. Conclusiones 150

Anexo III: Medidas en Instalaciones con Conductos CLIMAVER 151

Anexo IV: Qué no se Debe Hacer con el CLIMAVER 155
IV.1. Por Normativa 157
IV.2. Recomendaciones del fabricante 158

Anexo V. Fichas de productos 159

PRESENTACIÓN

Estimado lector:

El libro que tiene en sus manos corresponde a la quinta edición del Manual de Conductos de Aire Acondicionado ***CLIMAVER***. Este manual pretende aportar una documentación técnica básica al proyectista para el diseño y cálculo de conductos en instalaciones, informando sobre los tipos de conductos, y sus propiedades técnicas (aislamiento térmico y acústico, pérdidas de carga, comportamiento al fuego...)

Ante la inminente aprobación definitiva del nuevo **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios,** y dada la reciente aprobación del Código Técnico de la Edificación (pendiente aún de aprobación la sección Acústica); hemos querido recoger en este Manual las modificaciones que introduce el nuevo Reglamento y el CTE en lo referente a los conductos de distribución de aire; sin olvidar los requisitos de la legislación actual.

De forma general, se ha querido dotar al Manual de una imagen más **didáctica,** revisando la exposición de las ideas teóricas, e incluyendo imágenes que faciliten su comprensión, siguiendo la creencia de que la ciencia y la técnica no tienen por qué estar alejadas de la comprensión general, según la cita de Albert Einstein: "La mayoría de las ideas fundamentales de la ciencia son esencialmente sencillas y, por regla general, pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos". Entendemos que, como ciencia aplicada, lo anterior también es de rigor para la técnica.

El capítulo de Acústica, se ha revisado, introduciendo los valores aportados por el nuevo **Climaver Neto,** el cual, gracias a su óptimo comportamiento acústico, se ha posicionado como la solución definitiva para acústica en conducciones de aire.

El capítulo de Fuego, se ha modificado para ofrecer una completa información sobre las nuevas caracterizaciones europeas de los productos frente al fuego **(Euroclases),** las cuales contemplan, para una mayor seguridad de los usuarios de un edificio, aspectos básicos como el desprendimiento de humos o partículas incandescentes. Se han actualizado los capítulos de Montaje, introduciendo la descripción completa del **Método del Tramo Recto** como sistema de montaje que minimiza desperdicios y aporta mayor calidad y precisión. El comparativo técnico-económico se ha ajustado a los valores económicos actuales, y se han introducido nuevos Anexos, como Informes Técnicos, Recomendaciones sobre el uso de conductos Climaver, o las fichas técnicas de productos actualizadas.

Agradecemos a todas aquellas empresas, personas e instituciones que, con su esfuerzo e interés, nos motivan para continuar trabajando en el desarrollo de sistemas y productos que contribuyen a mejorar el confort (térmico y acústico), la eficiencia energética y la seguridad en la edificación.

No dude en transmitirnos sus comentarios sobre este trabajo. Su opinión nos ayuda a mejorar.

Esther Soriano
esther.soriano@saint-gobain.com
Jefa de Productos Climatización

1. introducción

LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN TIENEN COMO MISIÓN PROCURAR EL BIENESTAR de los ocupantes de los edificios, tanto térmica como acústicamente, cumplimentando además los requisitos para su seguridad y con el objetivo de un uso racional de la energía.

Las **condiciones interiores de diseño** deberán estar comprendidas entre los siguientes límites generales:

Estación	Temperatura operativa °C	Velocidad media del aire* m/s	Humedad relativa %
Verano	23 a 25	0,13 a 0,18	45 a 60
Invierno	21 a 23	0,11 a 0,16	40 a 50

Fuente: RITE.
****En función del tipo de difusión.***

Las instalaciones contemplarán también una renovación de aire, adecuada al número de personas y la actividad que realizan, sin olvidar las características interiores del local y de los materiales que las componen.

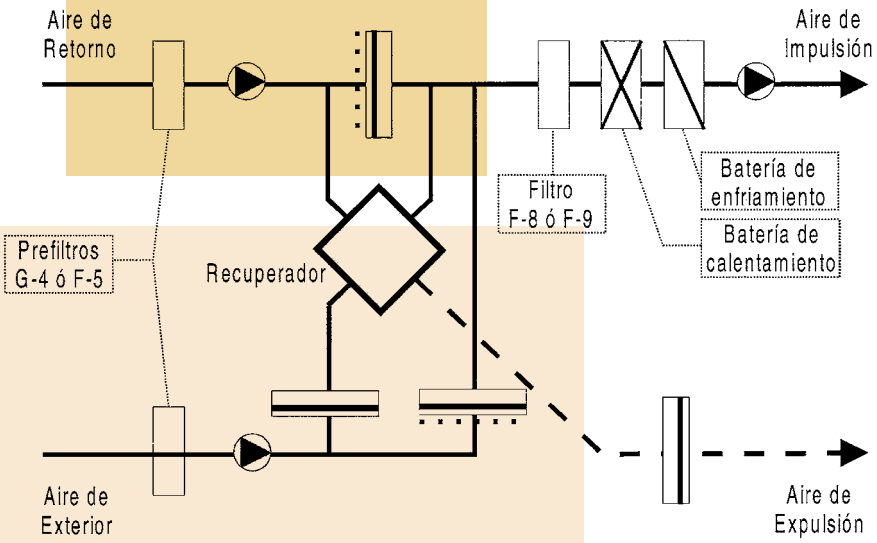
El proyectista seleccionará el **tipo de instalación de aire acondicionado** en función de determinados criterios como pueden ser:

- *Características del área a acondicionar y actividad que se va a desarrollar en la misma.* Por ejemplo, para aquellos locales con una ocupación muy variable deben estudiarse los dispositivos de variación del caudal de aire exterior.
- *Coste de la instalación y consumo de energía de funcionamiento.* La selección de los equipos debe basarse en los rendimientos energéticos. Por otro lado, la Directiva 93/76/CEE relativa a las emisiones de CO_2, indica que los Estados miembros de la Unión Europea establecerán y aplicarán programas que permitan a los ocupantes de los edificios regular su propio consumo de energía y adecuar la facturación de los gastos en función del mismo.
- *Tratamiento de los niveles de ruido* que puede emitir la instalación.
- *Nivel de control de los diferentes parámetros del aire.* Además de la temperatura y la humedad, deben evaluarse parámetros como el CO_2, excelente indicador de la contaminación del aire originada por los ocupantes.
- *Eficiencia en la difusión del aire.* Estudio de la velocidad del aire y de su estratificación, tanto para el ciclo de refrigeración como para el de calefacción.
- *Mantenimiento de la instalación.* El RITE establece la obligatoriedad del mantenimiento para todas aquellas instalaciones que superen los 70 kW de potencia instalada, definiendo la periodicidad de las diferentes operaciones de mantenimiento.

Podemos **clasificar los sistemas de acondicionamiento de aire** según la forma mediante la cual enfriamos o calentamos el mismo, dentro del local que se pretende acondicionar.

- Expansión directa (equipos de ventana, unidades partidas...).
- Todo agua (fan-coils...).
- Todo aire (unidades de tratamiento de aire).
- Aire - agua (inducción).

Los sistemas basados en la distribución de aire son los denominados **TODO AIRE.** En estos sistemas, el conducto actúa como elemento estático de la instalación, a través del cual circula el aire en el interior del edificio, conectando todo el sistema: aspiración del aire exterior, unidades de tratamiento de aire, locales de uso, retorno y evacuación del aire viciado.



Ventajas de los equipos TODO AIRE:

- Filtración, humectación y deshumectación centralizados.
- Funcionamiento silencioso: todos los aparatos móviles se encuentran situados en un espacio común y reducido, lo que permite un tratamiento acústico más sencillo. Los ruidos originados por el flujo de aire en los conductos y transmitidos de un local a otro deben ser estudiados aparte.
- Todo el aire de retorno pasa por la unidad de tratamiento central, por lo que sufre una nueva filtración y corrección de la humedad, redundando en una mayor calidad del aire.
- El aire de renovación es captado por una única toma exterior, lo que permite una mejor ubicación de la misma, de forma que los efectos del viento en fachada tengan una menor incidencia y que se encuentre alejada de zonas de evacuación de aire viciado o torres de enfriamiento.
- Economía de funcionamiento: en estaciones con temperaturas suaves, todo el aire impulsado a los locales puede provenir del exterior sin ningún coste adicional, (*free coling),* sin existir retornos y mejorándose notablemente la calidad del aire interior. Si en el invierno, durante gran parte del día, las ganancias de calor en el edificio superasen a las pérdidas a través de su envolvente más las necesarias renovaciones mínimas de aire, sería necesario enfriarlo, pudiendo recurrir

al aire exterior. A este respecto el RITE exige, que los subsistemas de ventilación tipo aire, de potencia nominal mayor que 70 kW en régimen de refrigeración, dispongan de un subsistema de enfriamiento gratuito por aire exterior.

- Mantenimiento centralizado: filtros, sistemas de humectación y deshumectación, intercambiadores de calor y aparatos móviles están ubicados en un mismo local.
- Opción de control multizona.

En el capítulo sobre Calidad del Aire Interior se incidirá en la importancia de introducir aire exterior en los locales como medio de diluir las sustancias contaminantes.

Ventajas de la preinstalación de Aire Acondicionado

El confort interior, exigencia de la sociedad actual, no está reñido con la estética del entorno. La previsión en proyecto de una futura instalación de aire acondicionado en la vivienda evitaría la aparición posterior de unidades condensadoras en terrazas y ventanas, que afean la fachada.

La consideración en fase de proyecto de la preinstalación de aire acondicionado permite una **mayor adaptación de la instalación futura al tipo de vivienda** y un diseño realizado por profesionales de la climatización.

El coste de dicha preinstalación es reducido si se ejecuta en la fase de construcción del edificio, por varios motivos. El primero se debe a que el importe económico de los materiales de la preinstalación (conductos, rejillas...) representa una pequeña parte del coste total de la instalación. En segundo lugar, la preinstalación no exige la compra de la unidad de tratamiento de aire en el momento de la adquisición de la vivienda. Y por último, la preinstalación evita realizar obras posteriores en falsos techos y conexiones de maquinaria.

El tipo de preinstalación más extendida consiste en una **red de conductos de distribución de aire** y un espacio concebido para la colocación posterior del equipo de climatización. En algunos casos, se incorpora un sistema de control para la regulación del caudal del aire mediante compuertas y termostatos. Generalmente, a la hora de la compra, el futuro propietario posee la opción de incluir el equipo más adaptado a sus necesidades según se especifica en el proyecto de su vivienda.

Entre los diferentes tipos de instalaciones centralizadas, las de distribución de aire por conductos son las únicas que pueden ofrecer las tasas de renovación de aire adecuadas para obtener la calidad de aire interior necesaria sin necesidad de una instalación de ventilación adicional. Permiten, a su vez, el enfriamiento gratuito o *free cooling,* ya citado, durante la mayor parte del año en climatologías como la nuestra. De esta forma, aportamos al edificio aire exterior exclusivamente, sin necesidad de calentar o enfriar el aire.

No podemos olvidar que, por unidad energética, la refrigeración supone, en general, un consumo de energía superior al de la calefacción y hace necesario que la **eficiencia de la instalación** sea máxima. Además de existir un correcto **aislamiento térmico** global del edificio, los conductos de distribución de aire, donde se pueden producir las mayores pérdidas energéticas, deberán incorporar el aislamiento.

Determinados materiales aislantes térmicos como la **lana de vidrio** ISOVER añaden una cualidad directamente ligada al confort: la **absorción del sonido.** Los ruidos producidos por el funcionamiento del equipo y por la circulación de aire son prácticamente eliminados por los conductos autoportantes de lana de vidrio ***CLIMAVER.*** Los sistemas avanzados de control térmico por zonas aportan un nuevo enfoque en la racionalización de los consumos y permiten equipamientos de menor potencia.

Una variante a lo expuesto son las instalaciones de distribución de aire mixtas, que comprenden el acondicionamiento de aire para calefacción y para refrigeración. Normalmente se ofrece el equipo

de calefacción ya instalado y, como opción, la ampliación posterior con una unidad de enfriamiento de aire. Existen en el mercado equipos eléctricos y/o de gas, y su elección puede depender de la zona climática, del coste del equipo y de la eficiencia de funcionamiento, entre otros.

Resumen.

Las instalaciones de climatización tienen como objetivo básico garantizar las condiciones de confort de los usuarios y/o mejorar sus condiciones laborales. Para ello, el proyectista seleccionará el tipo de instalación según criterios varios, como el tipo de local a acondicionar, exigencias de ruido, coste, mantenimiento, etc.

De entre los tipos de instalaciones de climatización, aquellas que realizan una distribución de aire por conductos (sistemas todo aire), disponen de una serie de ventajas, como mantenimiento centralizado, opciones de ahorro energético, y alta calidad de aire interior.

Como caso particular de instalaciones de aire, cabe resaltar que la pre-instalación de aire en viviendas permite mayor calidad de aire interior, eficiencia, y adaptación a las necesidades de cada usuario.

2. tipos de conductos

LOS CONDUCTOS DE AIRE SON LOS ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN a través de los cuales se distribuye el aire por todo el sistema; aspiración, unidades de tratamiento de aire, locales de uso, retorno, extracción de aire, etc. Sus propiedades determinan en gran parte la calidad de la instalación, al jugar un papel fundamental en determinados factores, como por ejemplo, el aprovechamiento energético o el comportamiento acústico de la misma.

La normativa de aplicación en vigor para regular las características que deben cumplir los conductos de distribución de aire, está contenida en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), con desarrollo en sus Instrucciones Térmicas Complementarias (ITE). En estas instrucciones se hace referencia a diversas normas UNE o EN del Comité 100 de Normalización.

El RITE hace referencia a los conductos metálicos, que deben cumplir lo especificado en la norma UNE-EN-12237, y conductos no metálicos, que deben cumplir lo especificado en la norma UNE-EN-13403. También se mencionan las conexiones flexibles **(conductos flexibles)** entre las redes de conductos de aire y las unidades terminales, **indicando que la longitud máxima de dichas conexiones debe ser de 1,2 m debido a su elevada pérdida de presión.**

Se analizan en este capítulo:

1. Conductos de chapa metálica.
2. Conductos de lana de vidrio.
3. Conductos flexibles y sus limitaciones de uso.

2.1. Conductos de chapa metálica

Se trata de conductos realizados a partir de planchas de chapa metálica (acero galvanizado o inoxidable, cobre, aluminio...), las cuales se cortan y se conforman para dar al conducto la geometría necesaria para la distribución de aire.

Puesto que el metal es un conductor térmico, los conductos de chapa metálica **deben aislarse térmicamente.** Habitualmente, el material empleado consiste en mantas de lana de vidrio para colocar en el lado exterior del conducto. Estas mantas incorporan un revestimiento de aluminio que actúa como barrera de vapor. También pueden colocarse, en el interior del conducto, mantas de lana de vidrio con un tejido de vidrio que permite la absorción acústica por parte de la lana y refuerza el interior del conducto.

Los productos de lana de vidrio utilizados para el aislamiento de conductos metálicos son:

Producto	Aplicación	Descripción	Revestimiento	Resistencia térmica $m^2 \cdot K/W$
IBR Aluminio	Aislamiento por el exterior del conducto metálico	Manta de lana de vidrio, 55 mm de espesor	Aluminio + kraft	1,31
Isoair		Manta de lana de vidrio, en 30 ó 40 mm de espesor	Aluminio reforzado + kraft	30 mm: 0,80 40mm: 1,00
Intraver Neto	Aislamiento por el interior	Manta de lana de vidrio, 25 mm de espesor	Tejido de vidrio negro de alta resistencia mecánica	15 mm: 0,36* 25 mm: 0,73

(*) No cumple el RITE por su espesor.
Hay que considerar que espesores inferiores a los indicados en esta tabla no cumplirían el RITE.

Clasificación de los conductos de chapa

a) Respecto a la presión máxima y estanqueidad

Los conductos de chapa se clasifican de acuerdo a la máxima presión que pueden admitir:

Clase de conductos	Presión máxima (Pa)
Estanqueidad A	500 Pa (1)
Estanqueidad B	1000 Pa (2)
Estanqueidad C	2000 Pa (2)
Aplicaciones especiales	2000 (2)

(1) Presión positiva o negativa.
(2) Presión positiva.
Norma UNE-12237.

b) Respecto al grado de estanqueidad

Se establecen tres clases. Los sistemas de montaje y tipos de refuerzos vienen definidos en el proyecto de norma europea prEN 1507. Ver también norma UNE -EN-12237.

2.2. Conductos de lana de vidrio

Son conductos realizados a partir de **paneles de lana de vidrio de alta densidad,** aglomerada con resinas termoendurecibles. El conducto se conforma a partir de estas planchas, cortándolas y doblándolas para obtener la sección deseada.

Las planchas a partir de las cuales se fabrican los conductos se suministran con un **doble revestimiento:**

- La cara que constituirá la *superficie externa* del conducto está recubierta por un complejo de aluminio reforzado, que actúa como barrera de vapor y proporciona estanqueidad al conducto.

- La cara que constituirá el *interior del conducto,* dispondrá de un revestimiento de aluminio, un velo de vidrio, o bien un tejido de vidrio, según las características que se deseen exigir al conducto.

LOS PANELES CLIMAVER PLUS R GARANTIZAN UN REBORDEADO EXCLUSIVO DEL CANTO MACHO, PROLONGANDO LA PROTECCIÓN. DEL COMPLEJO INTERIOR DE ALUMINIO. DE ESTA FORMA SE OBTIENE UNA UNIÓN PERFECTA ENTRE TRAMOS, SIN DISCONTINUIDAD EN EL REVESTIMIENTO INTERIOR.

Los paneles que se utilizan como base para construir el conducto tienen las siguientes dimensiones:

Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (mm)
3	1,19	25

La gama ***CLIMAVER*** está compuesta por varios tipos de paneles, atendiendo a su configuración y a las aplicaciones deseadas para cada uno de ellos:

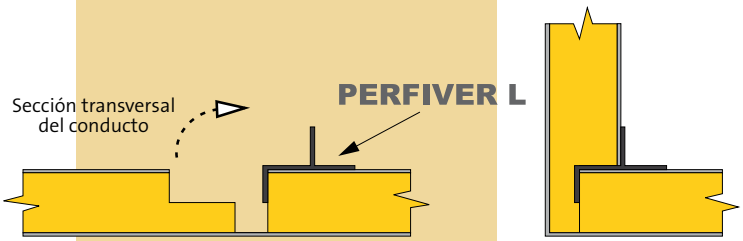
Gama *Climaver*	Conductividad térmica λ (W/m·K) a 10 °C	Marcas de calidad	Presión estática (mm.c.a)	Velocidad del aire (m/s)	Temperatura máxima de utilización (°C)
Plata	0,032	N	≤ 50	≤ 12	90
Superficie exterior: Lámina de aluminio exterior, kraft y malla de vidrio textil. Superficie interior: Velo de vidrio de color amarillo.					
Plus R	0,032	N	≤ 80	≤ 18	70
Superficie exterior: Lámina de aluminio exterior, malla de vidrio textil y kraft. Superficie interior: Aluminio y kraft. El canteado "macho" del panel está rebordeado con este revestimiento.					
Neto	0,032	N	≤ 80	≤ 18	90
Superficie exterior: Lámina de aluminio exterior, kraft y malla de textil. Superficie interior: Tejido de vidrio negro de alta resistencia mecánica.					
A2	0,032	N	≤ 80	≤ 18	70
Superficie exterior e interior: Lámina de aluminio reforzada con una malla de vidrio textil.					
A2 Neto	0,032	N	≤ 80	≤ 18	90
Superficie exterior e interior: Lámina de aluminio reforzada con una malla de vidrio textil. Superficie interior: Tejido de vidrio negro de alta resistencia mecánica.					

EL REVESTIMIENTO INTERIOR DE CLIMAVER NETO PERMITE LA ABSORCIÓN ACÚSTICA POR PARTE DE LA LANA DE VIDRIO.

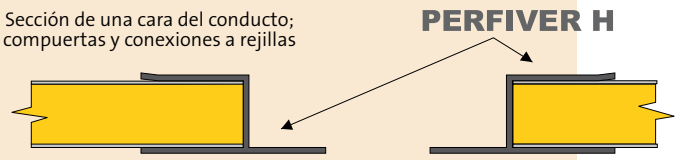
Sistema ***CLIMAVER*** Metal

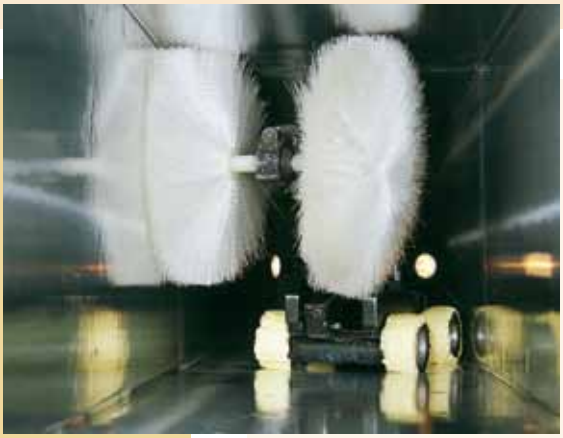
Las mayores exigencias del sector, en aspectos relativos a la calidad de aire interior y de las instalaciones, motivaron el desarrollo del Sistema ***CLIMAVER*** Metal, como **alternativa adicional de calidad.**

Se trata de un sistema de montaje que combina cualquiera de los paneles ***CLIMAVER*** (excepto ***CLIMAVER*** Plata), con una perfilería de aluminio (Perfiver). Los perfiles Perfiver L se colocan en las juntas longitudinales interiores de los conductos con el fin de reforzar las juntas longitudinales internas de los conductos.



Sin ser de uso exclusivo del Sistema ***CLIMAVER*** Metal, la utilización de otro perfil de aluminio (Perfiver H), permite rebordear los cantos del panel de lana de vidrio en las conexiones a unidades terminales (rejillas...), máquinas (juntas elásticas, marcos metálicos...) y compuertas (de inspección, cortafuegos...).





VENTAJAS DEL SISTEMA CLIMAVER METAL

ADICIONALMENTE A LOS 12 AÑOS DE GARANTÍA APORTADOS POR CUALQUIER PANEL DE LA GAMA CLIMAVER, EL SISTEMA CLIMAVER METAL INCORPORA LAS SIGUIENTES VENTAJAS:

- *MAYOR CAPACIDAD PARA UNA LIMPIEZA FRECUENTE.*
- *ACABADO ÓPTIMO DE LAS JUNTAS AL INCORPORAR LOS PERFILES LONGITUDINALES.*
- *INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA A LA PRESIÓN.*

2.3. Conductos flexibles

Se trata de conductos flexibles con forma de fuelle, constituidos generalmente por dos tubos de aluminio y poliéster entre los cuales se dispone un fieltro de lana de vidrio que actúa como aislamiento térmico. Están regulados por la norma UNE-EN-13180.

El RITE limita su uso a longitudes de 1,2 m debido a su elevada pérdida de carga y a los problemas acústicos que pueden originar; por lo que se utilizan principalmente para la conexión entre el conducto principal de aire y las unidades terminales (difusores, rejillas).

Resumen. Tipos de conductos.

Dentro de los conductos para distribución de aire, podemos distinguir:

a) **Conductos de chapa metálica.** De conformación en taller, necesitan de un aislamiento térmico y acústico adicional. Están regulados por la norma UNE-EN-12237.

b) **Conductos de lana de vidrio.** De conformación en obra, aportan de por sí aislamiento térmico y acústico. Regulados por la norma UNE-EN-13403.

c) **Conductos flexibles.** Limitados por el RITE a una longitud máxima de 1,2 m por su elevada pérdida de presión, se utilizan para las conexiones entre el conducto principal y las unidades terminales. Regulados por la norma UNE-EN 13180.

3. aislamiento térmico en la climatización

EL PRIMER FACTOR DE GRAN INFLUENCIA QUE DEBE CONSIDERARSE PARA REDUCIR el **consumo energético** de una instalación es el **aislamiento térmico del local a acondicionar.** Es preciso conocer las cargas térmicas del edificio, y que éste haya sido proyectado según la normativa vigente, cumpliendo con los valores mínimos de aislamiento exigido.

Por otra parte, las condiciones térmicas del aire que circula por el interior de los conductos en las instalaciones son diferentes a las del aire exterior, lo que se traduce en una transferencia de calor entre las dos masas de aire. Si esta transferencia es elevada, se producirá una pérdida de eficiencia de la instalación y un aumento de su coste energético.

Otro posible efecto es el riesgo de condensaciones en las paredes de los conductos, debido al enfriamiento localizado del aire y al aumento de su humedad relativa. Es por esto que el RITE incide en los espesores mínimos de aislamiento necesario en conductos para evitar condensaciones. Podemos encontrar cómo calcular estos espesores en la IT.2.4.2.2.

En el presente capítulo desarrollaremos los conceptos teóricos y prácticos para el cálculo de los espesores mínimos de aislamiento necesarios para minimizar las pérdidas energéticas en una red de conductos. Todos los cálculos se realizan de acuerdo con la norma UNE-EN 12241 "Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales".

3.1. Generalidades

Conducción del calor

Entre dos zonas a diferente temperatura, se produce un flujo de calor desde la que se encuentra a mayor temperatura hacia la de menor temperatura.

La existencia de un elemento físico separador de ambos ambientes, establece unas condiciones de flujo de calor que dependen de las características geométricas del elemento físico y del grado de facilidad que ofrece al paso del calor (concepto de resistencia térmica).

El flujo de calor a través de este elemento físico, viene dado por la ley de Fourier:

$$q = -\lambda \cdot \text{grad}(T)$$

Siendo:

q: Flujo de calor perpendicular a las caras del elemento separador (W/m^2).

λ: Conductividad térmica del material ($W/m \cdot K$).

grad T: Variación de temperatura con el espesor del material (K/m).

Según la geometría del elemento separador (elemento aislante), la ley de Fourier resulta en distintos tipos de expresiones:

a) Paredes planas

La ley de Fourier adopta la forma:

$$q = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R} \ (W/m^2)$$

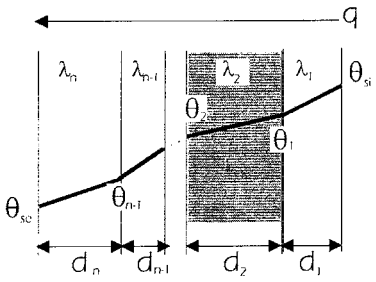
Siendo:

θ_{si}: Temperatura superficial del lado caliente (K).

θ_{se}: Temperatura superficial del lado frío (K).

R: Resistencia térmica total ($m^2 \cdot K/W$), con

$$R = \Sigma \frac{d_j}{\lambda_j}$$



Donde:

d_j: Espesor de cada capa (m).

λ_j: Conductividad de cada capa ($W/m \cdot K$).

b) Superficies cilíndricas huecas

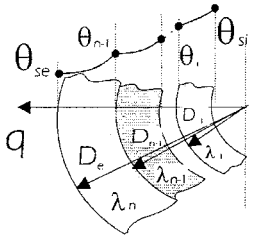
La ley de Fourier adopta la forma:

$$q = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R} \ (W/m)$$

Con R: Resistencia térmica total ($m \cdot K/W$).

Siendo

$$R = \frac{1}{2\pi} \ \Sigma \ \frac{1}{\lambda_j} \ Ln \ \frac{D_{ej}}{D_{ij}}$$



Donde:

D_i: Diámetro interior.

D_e: Diámetro exterior.

c) Superficies rectangulares huecas

El flujo lineal de calor a través de la pared de un elemento con sección rectangular (aplicable a un conducto de sección rectangular) viene dado por la expresión:

$$q = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R_d} \ (W/m)$$

Rd es la resistencia térmica lineal de la pared de este elemento, la cual puede calcularse mediante la aproximación:

$$R_d = \frac{2 \cdot d}{\lambda \cdot (P_e + P_i)}$$

Siendo:

P_i: Perímetro interior del conducto (m).

P_e: Perímetro exterior del conducto (m).

D: Espesor de la capa aislante (m).

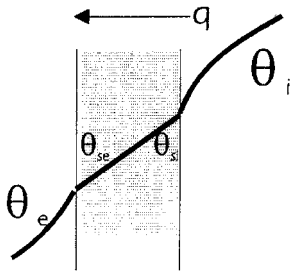
Transferencia superficial de calor

De la misma manera que existe una transferencia de calor por conducción a través del elemento separador entre dos medios a distinta temperatura, existe una transferencia de calor en las superficies que delimitan este elemento separador.

El flujo de calor que atraviesa el elemento debe ser igual al que le cede el medio más caliente e igual al flujo de calor cedido al medio más frío.

Esto supone que:

$$\theta_i > \theta_{si} > \theta_{se} > \theta_e$$



Debe existir un coeficiente de transmisión de calor superficial que permita:

$$q = h_e \cdot (\theta_i - \theta_{si}) = h_i \cdot (\theta_{se} - \theta_e)$$

En el que:

h_i: Coeficiente superficial de transmisión de calor del medio "i" ($W/m^2 \cdot K$)

h_e: Coeficiente superficial de transmisión de calor del medio "e" ($W/m^2 \cdot K$)

Cualquier coeficiente superficial de calor, es una combinación de un término debido a la radiación y otro debido a la convección de calor:

$$h = h_{cv} + h_r$$

Donde:

h_{cv} Parte del coeficiente superficial debido a la convección.

h_r Parte del coeficiente superficial debido a la radiación.

Para la estimación de estos coeficientes existen diversos algoritmos, que varían en función de factores tales como la posición y geometría de la superficie, el tipo de flujo (laminar o turbulento), el material que constituye la superficie, la temperatura, etc. Estos algoritmos pueden encontrarse en la norma UNE-EN ISO 12241 "Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales".

3.2. Aislamiento térmico en los conductos

Las **transferencias de calor** a través de la red de conductos de distribución de aire, representan una **pérdida de la energía** aportada en el tratamiento del aire, lo cual supone un **coste económico** de funcionamiento.

Además, el aire circulante está cambiando sus características físicas como consecuencia de la pérdida de energía, lo cual deriva en que el aire proporcionado a los locales no está necesariamente en las mismas condiciones para todos ellos. En consecuencia es necesario conocer la relación entre las transferencias caloríficas y la variación de las temperaturas del aire, según las características geométricas de la red de conductos y los caudales circulantes.

Transmisión térmica en conductos

La transmitancia térmica entre dos ambientes, se define como la cantidad de calor que pasa de un medio a otro por unidad de área, dividida por la diferencia de temperaturas. La transmitancia U es la **inversa de la resistencia térmica total del sistema,** incluyendo las resistencias superficiales h.

En paredes planas (conductos de sección rectangular), se indica en forma de pérdidas por unidad de superficie:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \Sigma R_j + \frac{1}{h_e}} \ W/m^2 \cdot K \qquad (5.1)$$

Mientras que en elementos cilíndricos (tuberías) suele darse en forma de pérdida por unidad de longitud:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i \pi D_i} + \Sigma R_j + \frac{1}{h_e \pi D_e}} \ W/m \cdot K \qquad (5.2)$$

Por lo tanto, para conductos de sección rectangular utilizaremos la fórmula 5.1, en la que:

- Los valores de h_e pueden considerarse constantes, dado el ambiente exterior en calma que rodeará los conductos.
- $\Sigma\ e_j / \lambda_j$ depende de los materiales de la pared del conducto y está muy ligado al aislamiento térmico: si no existe, los λ_j suelen ser elevados y el término $\Sigma\ e_j / \lambda_j$ tiene un valor muy bajo. Por el contrario, la presencia de aislamiento térmico supone λ_j de esta capa muy bajo y por tanto, el término $\Sigma\ e_j / \lambda_j$ tiene un valor relativamente alto.
- El coeficiente que presenta mayores variaciones es h_j, ya que su valor crece fuertemente con la velocidad del aire en el conducto.

La influencia de estos términos en el valor global de U se resume en:

- Conductos sin material aislante térmico: valores elevados de U, que se incrementan con la velocidad del aire en el conducto.
- Conducto con material aislante térmico: valores bajos de U, con incremento muy moderado con la velocidad del aire en el conducto. Esto es debido a que, en este caso, los valores que presenta el término $\Sigma\ e_j / \lambda_j$ son siempre superiores a $1/h_i$ para las velocidades habituales del aire ($v < 18$ m/s).

Observemos ahora el gráfico de ASHRAE (Fig. 6), donde se indican los valores de U experimentales, en función de la velocidad del aire y de los diversos materiales para conductos. Podemos ver que los valores de U son relativamente independientes de la velocidad del aire, cuando se utilizan conductos autoportantes de lana de vidrio, o bien cuando se aisla por el exterior de un conducto de chapa metálica.

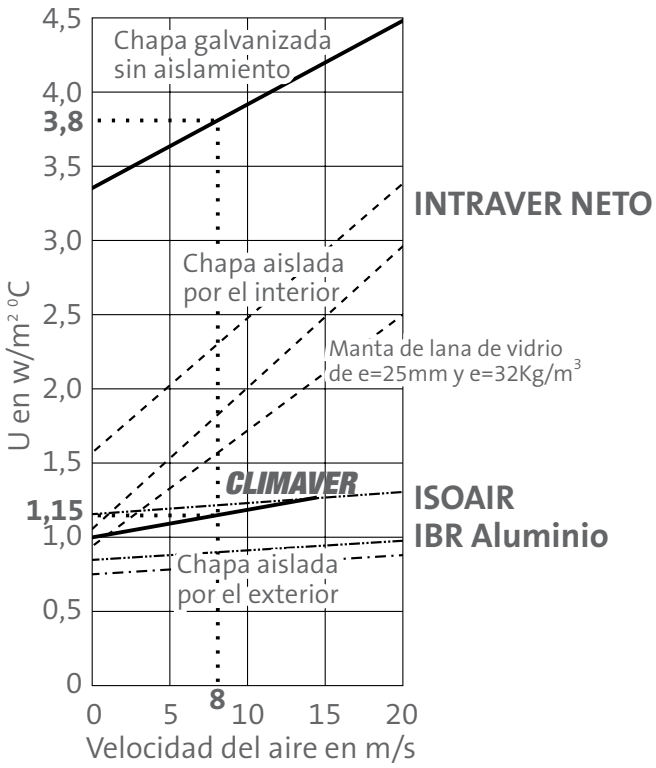


Figura 6. Valores experimentales de U en función de la velocidad del aire (Fuente: ASHRAE).

Esto es debido a que el aire circulante induce a una cierta movilidad del aire contenido en la lana de vidrio, lo que supone un aumento del valor de λ del material. Este efecto disminuye con el aumento de la densidad del material, de modo que en los conductos autoportantes de paneles rigidos de lana de vidrio (gama ***CLIMAVER***), este factor presenta muy poca influencia, como ocurre con los revestimientos exteriores de lana de vidrio para conductos metálicos.

Transferencia de calor en un sistema de conductos

El valor de transmitancia U calculado, nos permite conocer las transferencias globales por unidad de superficie de conducto y por cada grado °C de diferencia de temperatura entre el aire en el interior y el ambiente.

Sin embargo, como hemos comentado antes, las transferencias de calor a lo largo de todo el circuito de conductos suponen una variación de la temperatura del aire interior, y éstas pueden ser importantes según el valor de U, el caudal de aire, la geometría del conducto y las diferencias iniciales de temperatura interior y ambiente.

La solución a este problema está en la aplicación del cálculo de acuerdo con la Norma 90 A de ANSI/ ASHRAE/IES, que permite el cálculo para cada tramo de igual sección:

$$Qe = \frac{U \cdot P \cdot L}{1000} \left(\frac{t_e + t_i}{2} - ta \right)$$

$$te = \frac{t_i\,(y+1) - 2t_a}{y-1} \quad y \quad ti = \frac{t_e\,(y+1) - 2t_a}{y+1}$$

Donde:

y = (2·A·V·ρ/U·P·L) para conductos rectangulares;

y = (0,5·D·L·ρ/U·L) para conductos circulares;

A = área de la sección transversal del conducto, en mm^2.

V = velocidad media, en m/s.

D = diámetro del conducto, en mm.

L = longitud del conducto, en m.

Q_e = pérdida/ganancia de calor a través de las paredes del conducto, en W (negativa para ganancia de calor).

U = coeficiente de transferencia de calor total de la pared del conducto, en $W/(m^2 \cdot °C)$.

P = perímetro del conducto, en mm.

ρ = densidad del aire, en Kg/m^3.

t_e = temperatura del aire de entrada del conducto.

t_i = temperatura del aire de salida del conducto.

t_a = temperatura del aire que rodea el conducto.

Reducción del consumo energético (ejemplo)

En el punto anterior, hemos visto que las pérdidas de energía, para unas condiciones fijas de aire de entrada y de ambiente y una geometría determinada de los conductos, dependen en gran medida del valor de U de éstos.

Con carácter aproximado, puede tomarse el valor de U para cada tipo de material de conducto, como elemento proporcional de pérdidas.

Veamos un ejemplo:

Se considera un conducto de climatización situado en una cámara de aire, entre forjado y falso techo, con las siguientes características:

- Conducto de sección 400x400 mm y longitud 20 m.
- Velocidad del aire circulante = 8 m/s.
- Temperatura del aire de entrada: 14 °C.
- Temperatura del ambiente: 26 °C.

Se trata de comparar el intercambio térmico en un conducto según el material utilizado su constitución: chapa sin aislar o conductos ***CLIMAVER***.

Los coeficientes de transferencia utilizados de acuerdo con la fig. 6 son:

- Chapa galvanizada: U = 3,8 W/(m² · °C)
- Conductos ***CLIMAVER***: U = 1,1 W/(m² · °C)

Con estos datos, resultaría una pérdida total de calor de:

- Q (chapa galvanizada) = 1.403,2 W.
- Q (conducto ***CLIMAVER***) = 415 W.

Esto representa que las pérdidas con un sistema de conductos ***CLIMAVER*** son un 70,4% menores que si utilizamos conductos de chapa galvanizada.

LA INSTALACIÓN DE CONDUCTOS CLIMAVER PERMITE REDUCIR LAS PÉRDIDAS EN UN 70% RESPECTO A UN CONDUCTO DE CHAPA SIN AISLAR.

3.3. Aislamiento térmico en equipos

La aplicación en cada caso de las fórmulas indicadas en el apartado 1, permitirá analizar las diversas pérdidas caloríficas con diferentes aislamientos.

Este caso general admite algunas simplificaciones sin errores apreciables; por ejemplo, las instalaciones con líquidos en su interior presentan un valor de $1/h_i$ muy bajo, que puede despreciarse comparativamente a otros términos de U.

Para **instalaciones en el interior del edificio,** pueden aplicarse con las fórmulas aproximadas:

Tuberías horizontales: $h_e = C_A + 0{,}05\ \Delta\theta$ W/(m²·K)

Tuberías verticales y paredes planas: $h_e = C_B + 0{,}09\ \Delta\theta$ W/(m²·K)

Usando los coeficientes de la siguiente tabla:

Superficie	C_A	C_B
Aluminio brillante	2,5	2,7
Aluminio oxidado	3,1	3,3
Chapa de metal galvanizado, limpio	4,0	4,2
Chapa de metal galvanizado, sucio	5,3	5,5
Acero Austenítico	3,2	3,4
Plancha aluminio-zinc	3,4	3,6
Superficies no metálicas	8,5	8,7

Las anteriores ecuaciones son aplicables para tuberías horizontales en el rango de D_e = 0,25 m hasta 1 m, y para tuberías verticales, de todos los diámetros.

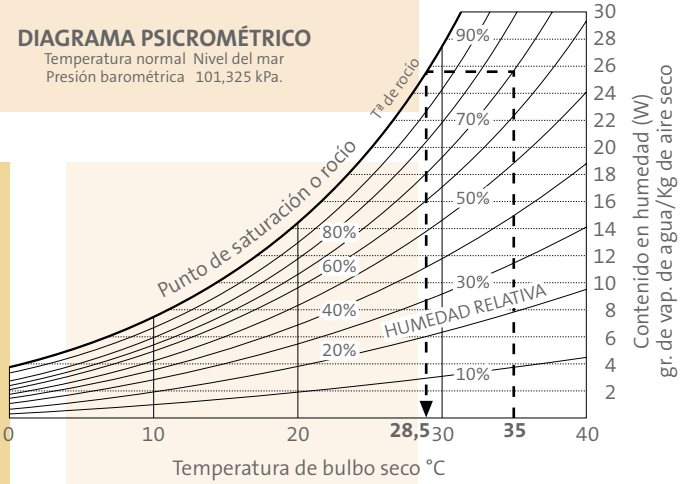
Los valores de C_A y C_B son coeficientes aproximados. Sólo son aplicables para valores de $\Delta\theta < 100º$ C y donde la radiación sea poco apreciable por no ser significativa la diferencia de temperatura entre la superficie externa del equipo y la del ambiente.

3.4. Riesgo de condensaciones

Si una masa de aire con temperatura y humedad relativa (H_R) dadas tiende a enfriarse, se producirán condensaciones si se alcanza la "temperatura de rocío" (t_r), en la cual la H_R es 100%.

Este hecho es importante cuando la temperatura interior de los equipos o de las instalaciones es inferior a la ambiental: el aire exterior próximo a las superficies disminuye su temperatura, aumentando la HR, con el riesgo de condensaciones indicado.

En general, si el elemento separador es metálico o de otro material buen conductor del calor, el riesgo de condensaciones es alto, aún con bajas diferencias de temperatura en los ambientes exterior e interior, considerando ambientes de alta HR.



La utilización de elementos separadores tipo sándwich con aislamiento térmico incluido, como es el caso de la gama ***CLIMAVER***, elimina los riesgos de condensaciones, incluso con diferencias notables de temperaturas.

No obstante, en cualquier caso es imprescindible estudiar el **nivel de aislamiento térmico necesario** en los equipos e instalaciones, teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables que puedan presentarse.

El cálculo de las temperaturas superficiales que pueden dar lugar a condensaciones, puede establecerse mediante los valores de U y h_e, determinando la temperatura en la superficie exterior θ_{se} y verificando el aumento de HR en el aire ambiental a esa temperatura.

El cálculo es laborioso, por lo que es más cómoda la aplicación del método gráfico simplificado que la norma VDI 2055, que permite calcular el espesor de aislante necesario en cada caso para evitar las condensaciones.

La utilización de aislantes de lana de vidrio exige la utilización de un barrera de vapor que evite la condensación intersticial en el interior de la masa de aislante. A este respecto, los conductos ***CLIMAVER*** disponen de un revestimiento exterior que actúa como barrera de vapor,

Ejemplo de aplicación

Se considera un conducto de chapa galvanizada, con una dimensión de 400x400 mm, con las siguientes condiciones:

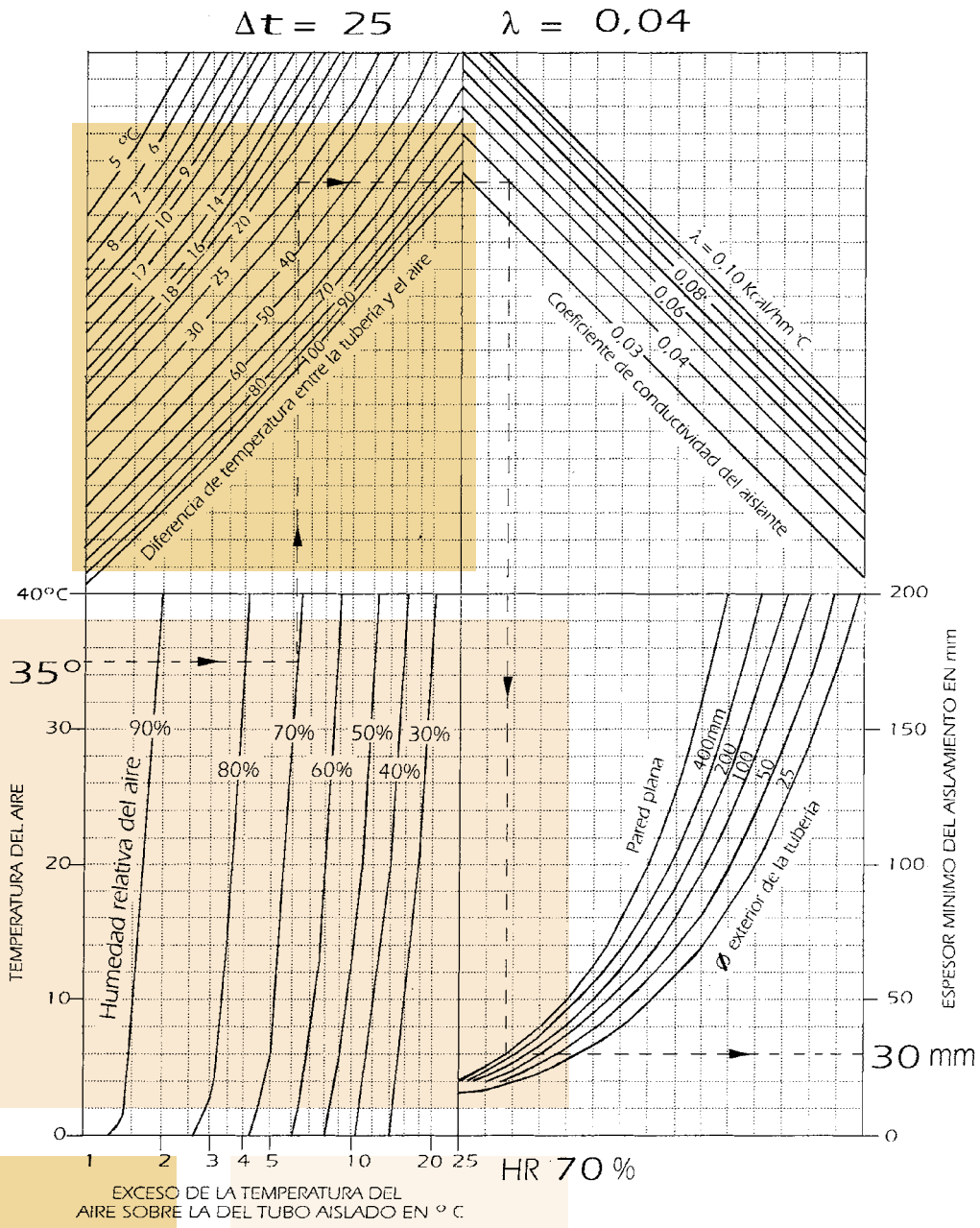
- El aire ambiente está a 35 °C con un 70% de HR.
- El aire que circula por el conducto está a 10 °C.

Se desea conocer si habrá condensaciones, y el aislamiento térmico necesario para que no las haya, utilizando un producto de $\lambda = 0{,}046$ W/(m · K).

Solución: El diagrama psicométrico de la página anterior nos indica que la t_r sería del orden de 28,5 °C, lo que supone la aparición de condensaciones.

Utilizando el siguiente gráfico de la VDI 2055, encontramos que serán necesarios al menos 30 mm del material citado para evitar las condensaciones.

Si el conducto utilizado fuese Climaver Plus R o Neto, con una $\lambda = 0{,}032$ W/(m · K), el espesor mínimo de producto necesario será de 20 mm. No existirán condensaciones, ya que el producto tiene 25 mm de espesor.


Δt = 25
λ = 0,04
Diferencia de temperatura entre la tubería y el aire
Coeficiente de conductividad del aislante
λ = 0,10 Kcal/hm °C
0,08
0,06
0,04
0,03
40°C
35°
30
20
10
0
TEMPERATURA DEL AIRE
Humedad relativa del aire
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
Pared plana
400mm
200
100
50
25
Ø exterior de la tubería
200
150
100
50
0
ESPESOR MINIMO DEL AISLAMIENTO EN mm
30 mm
1
2
3
4
5
10
20
25
HR 70 %
EXCESO DE LA TEMPERATURA DEL
AIRE SOBRE LA DEL TUBO AISLADO EN ° C

Resumen.

El consumo energético en una instalación de aire puede reducirse mediante un aislamiento térmico adecuado, tanto del local a acondicionar como de los conductos y tuberías de distribución de fluídos (aire y agua).

En lo que respecta al aislamiento térmico en las redes de conductos, éste depende del producto utilizado para aislamiento, de su espesor, y de las fugas de aire en el sistema de conductos. Estos tres efectos se resumen en: resistencia térmica elevada y correcta estanqueidad de las redes de conductos.

Los conductos CLIMAVER presentan la mayor eficiencia en lo referente a aislamiento térmico.

4. aislamiento acústico en la climatización

EL **RUIDO,** CONSIDERADO COMO SONIDO NO DESEADO, ES UN **CONTAMINANTE AMBIENTAL** según la decisión adoptada en la Conferencia Internacional de Medio Ambiente de Estocolmo en 1972.

Las consecuencias del ruido sobre el hombre abarcan un amplio espectro, que comprende desde las molestias que afectan al confort, (falta de intimidad, dificultad de comunicación), hasta graves problemas de tipo físico o psíquico (alteración del ritmo cardiaco, fatiga, presbiacusia acelerada, etc.).

Las instalaciones de climatización producen niveles sonoros variables, que dependen del diseño y potencia de los equipos, además de constituir una vía de transmisión del ruido a través de los conductos.

Con el objeto de reducir en lo posible las consecuencias del ruido, todos los países han establecido limitaciones a los niveles sonoros máximos admisibles en los edificios y locales, según la utilización de los mismos.

En España, el borrador del nuevo RITE establece que "las instalaciones térmicas de los edificios deben cumplir la exigencia del documento 'DB HR Protección contra el ruido' del Código Técnico de la Edificación.

a) Nivel de inmisión de ruido aéreo producido por las instalaciones

En la tabla adjunta se aportan los valores máximos de niveles sonoros de inmisión de ruido aéreo recomendados para los ambientes interiores por causa del funcionamiento de las instalaciones, según el RITE actual.

Valores máximos de niveles sonoros para el ambiente interior

Tipo de Local	Valores Máximos en dB(A)	
	Día (18-22 h)	Noche (22-8 h)
Administrativo y de oficinas	45	...
Comercial	55	...
Cultural y religioso	40	...
Docente	45	...
Hospitalario (día: 8 a 21 h)	40	30
Ocio	50	...
Residencial	40	30
Vivienda		
Piezas habitables excepto cocina	35	30
Pasillos, aseos y cocinas	40	35
Zonas de acceso común	50	40
Espacios comunes: vestíbulos, pasillos	50	...
Espacios de servicio: aseos, cocinas, lavaderos	55	...

b) Nivel de inmisión de ruido total en los locales

Independientemente de los valores indicados, las Comunidades Autónomas y Ayuntamientos tienen transferidas competencias de Medio Ambiente, lo que les permite establecer niveles sonoros más restrictivos en el ámbito de su competencia.

Es muy recomendable que el proyectista de instalaciones de climatización conozca las Normativas particulares que puedan afectar a un proyecto por su ubicación geográfica.

Al margen de toda exigencia normativa, la esencia de una instalación de climatización es mejorar el confort de los usuarios de un edificio. Parecería un contrasentido que no se tomaran las medidas necesarias para que las instalaciones no supusieran un deterioro del confort debido a los ruidos. Para ello, la correcta elección de los conductos, supone la mejor herramienta.

El Documento DB HR de Protección contra el ruido, del Código Técnico de la Edificación, en su apartado relativo a instalaciones, refiere lo siguiente:

b1) Aire acondicionado:

- Los conductos de aire acondicionado deben llevarse por conductos independientes y aislados de los recintos protegidos y los recintos habitables.
- Se evitará el paso de las vibraciones de los conductos a los elementos constructivos mediante sistemas antivibratorios, tales como abrazaderas, manguitos y suspensiones elásticas.
- En conductos vistos se usarán recubrimientos con aislamiento acústico a ruido aéreo adecuado.
- Los conductos de aire acondicionado deben revertise de un material absorbente y deben utilizarse silenciadores específicos de tal manera que la atenuación del ruido generado por la maquinaria de impulsión o por la circulación del aire sea mayor que 40 dBA a las llegadas a las rejillas y difusores de inyección en los recintos protegidos.
- Se usarán rejillas y difusores terminales cuyo nivel de potencia generado por el paso del aire acondicionado cumplan la condición:

$$L_w \leq L_{eqA,T} + 10 \cdot \lg V - 10 \cdot \lg T - 14 \quad (dB)$$

L_w nivel de potencia acústica de la rejilla (dB).

$L_{eqA,T}$ valor del nivel sonoro continuo equivalente estandarizado, ponderado A, establecido en la tabla D1, del Anejo D, en función del uso del edificio, del tipo de recinto y del tramo horario, (dBA).

T tiempo de reverberación del recinto que se puede calcular según la expresión anterior.
V volumen del recinto (m^3).

b.2) Ventilación

- Deben aislarse los conductos y conducciones verticales de ventilación que discurran por recintos habitables y protegidos dentro de una unidad de uso.
- Cuando estén adosados a elementos de separación verticales entre unidades de uso diferentes o fachadas, se revestirán de tal forma que no se disminuya el aislamiento acústico del elemento de separación y se garantice la continuidad de la solución constructiva.

4.1. Origen y vías de transmisión del ruido en las instalaciones

Encontrar solución a los problemas de ruidos, requiere:

- Evaluarlos.
- Conocer su origen y vía de transmisión.
- Aplicar soluciones correctoras.

El proyecto debe incluir un estudio de las evaluaciones acústicas esperadas en los locales del edificio, así como las medidas aplicables para que los ruidos no representen un nivel sonoro inadecuado, según las normativas exigidas, o bien unas condiciones de confort mínimas para los usuarios.

Tipos de ruido

a) Ruido Aéreo

Es aquél que se produce y transmite en el aire.

Corresponden a este caso la voz humana, la televisión, la radio, el teléfono...

La fuente del ruido es fácil de identificar, y su transmisión al receptor se produce directamente por el aire (huecos), o a través de las vibraciones que produce el aire sobre los elementos de separación entre el local emisor y receptor.

En la climatización pueden percibirse ruidos aéreos a través de los conductos debido a:

- Emisión desde los equipos motoventiladores.
- Emisión fluido-dinámica del aire, producida por variaciones de presión del aire circulante, así como los producidos por rozamiento del aire en los conductos por cambios de dirección o velocidad elevada.
- Transmisión cruzada, es decir, ruidos producidos en un local y percibidos en otro, siendo la vía de transmisión la red de conductos.

b) Ruido de transmisión por vía sólida – Ruido Impacto.

Son aquellos ruidos producidos por impacto o choque en la estructura del edificio y que se transmiten por esa vía hasta los locales, produciendo vibraciones de los elementos portantes y divisorios.

En general, son ruidos que se manifiestan en locales a veces muy alejados del origen, debido a la gran facilidad del sonido para transmitirse por los sólidos, lo que dificulta las posibilidades de detectar su procedencia.

Ejemplos típicos de estos ruidos, son las vibraciones producidas por los equipos mecánicos en funcionamiento, transmitidas por sus apoyos a la estructura, como es el caso de lavadoras, lavavajillas, climatizadores, torres de enfriamiento, etc.

4.2. Soluciones contra el ruido en instalaciones

No es posible establecer una solución única y sencilla para reducir el nivel sonoro de los ruidos que pueden producirse en una instalación de climatización. Sin embargo, existen soluciones efectivas, que serán más sencillas, eficaces y económicas si se consideran desde la fase de proyecto de la instalación.

Por una parte, hay equipos que transmiten ruidos aéreos y de transmisión por vía sólida de un modo simultáneo, como son los motores.

Asímismo, habrá que considerar, que el nivel de ruido que emite una fuente sonora está ligado a características propias del equipo, como es la potencia consumida en su funcionamiento.

A este respecto, la energía acústica radiada por los equipos electromecánicos es del orden de 10^{-3} a 10^{-7} de la energía consumida en su funcionamiento. Sin embargo, la sensibilidad del oído humano, capaz de detectar sonidos desde intensidades acústicas de potencia 10^{-12} W/m^2, percibe ya sonidos molestos para valores de 10^{-4} W/m^2, que representarán 80 dB.

Otra consideración importante es la ergonómica: el confort de los usuarios admite un nivel sonoro máximo en los locales. En todos los casos, la aplicación de unos métodos correctores u otros dependerá del nivel sonoro emitido por la fuente, la distancia y las vías de transmisión.

Por todo lo anterior, se explican a continuación los métodos a aplicar en función del origen del ruido, con especial atención a aquellos que se transmiten por los conductos.

4.2.1. Equipos de tratamiento (UTAS, Torres de refrigeración)

Estos equipos, con elementos móviles, siempre serán fuentes de ruido de **transmisión vía sólida,** así como de tipo aéreo por la radiación al ambiente de las vibraciones de sus elementos.

Además, como en ellos se produce un flujo de aire, se pueden producir **ruidos complementarios de tipo aéreo,** tanto en las aspiraciones como en las impulsiones de aire.

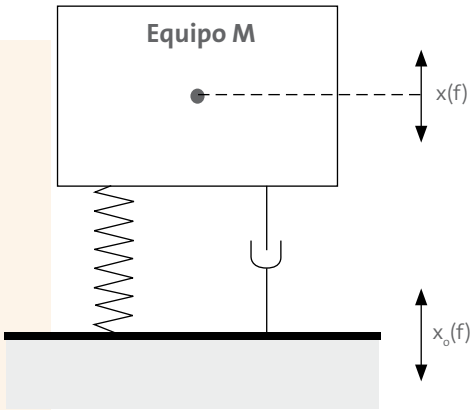
Por otra parte, su **ubicación** en el edificio es un condicionante más para las medidas contra el ruido: no serán las mismas para equipos situados en una terraza, que las necesarias para un equipo en el interior del edificio.

a) Ruido de Transmisión Vía Sólida

Si los apoyos o sustentaciones de equipos en funcionamiento son rígidos, se transmitirá una parte importante de la energía perturbadora a las estructuras del edificio, produciéndose ruidos de transmisión vía sólida.

La solución siempre pasa por la disposición de elementos flexibles antivibratorios en lugar de uniones rígidas, al efecto de disminuir la transmisión de las fuerzas vibratorias originadas por el equipo.

En la figura se observa el caso más sencillo: Un equipo de masa M, origina en su funcionamiento una fuerza F normal, con una frecuencia perturbadora dada f_p. Si se instalan en los apoyos unos elementos de amortiguación de rigidez K, el sistema tenderá a vibrar con una frecuencia:



$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{M}}$$

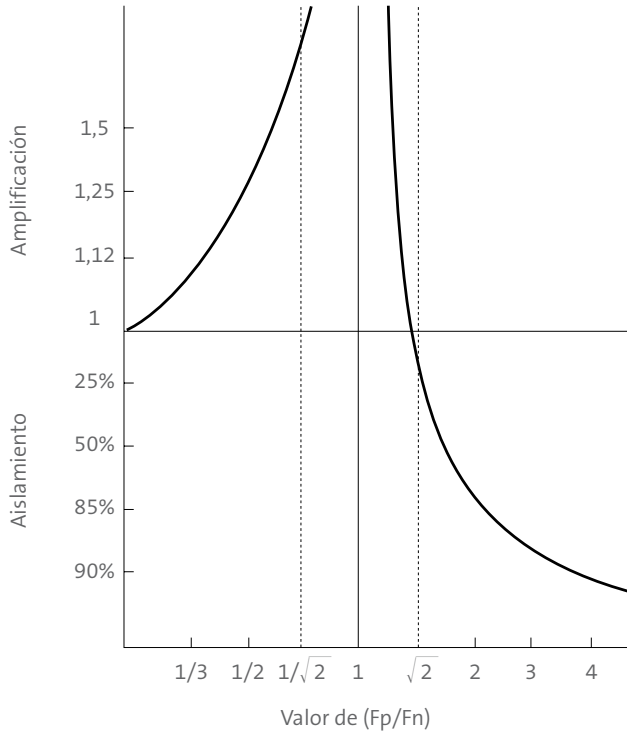
donde f_n es la denominada "frecuencia natural del sistema", y es a la cual el sistema vibraría indefinidamente si no existieran otros tipos de amortiguación (por ejemplo, rozamientos).

El interés está en conocer, para el sistema, cual es la parte del esfuerzo F que realmente se transmitirá, llamando T a la transmisibilidad. Esta se obtiene de la siguiente manera:

$$T = \frac{F}{\left(\frac{f_p}{f_n}\right)^2 - 1}$$

La representación gráfica indica:

- < 1, aumento de la T por f_n encima del valor de F, creciendo cuanto más próximo es f_p a f_n.
- > 2, disminución de T respecto a F, en sentido del aumento de la relación de frecuencias.



La **solución del problema** se simplifica para el proyectista:

- Se supone conocido el equipo en geometría y carga por cada uno de los apoyos, mediante datos del fabricante.
- La frecuencia perturbadora del sistema es normalmente la del rotor del equipo.
- La elección de dos elementos amortiguadores se efectuará considerando que la amortiguación eficaz se obtiene para relaciones de k = 3 ó 4, y teniendo en cuenta la carga que debe soportar cada amortiguador.

Este último punto es muy importante en la selección: los amortiguadores comerciales (muelles, cauchos naturales...), se construyen para unas condiciones de carga determinadas, para las cuales tienen la rigidez prevista, definida por una deflexión bajo carga o deflexión estática (d_{est}), siendo:

$$d_{est} = \frac{M}{K}$$

por lo que la frecuencia natural de sistema será:

$$f_n = \frac{15{,}76}{\sqrt{d_{est}}}$$

con d_{est} en mm.

EJEMPLO

Se trata de determinar el tipo de amortiguadores para un compresor, cuyo motor gira a 1.450 r.p.m., con un peso total de 2.000 Kg, montado en una bancada para 6 apoyos con reacciones iguales en cada uno de ellos.

La solución es:

- Reacción por apoyo: 2.000/6 = 333,33 Kg.
- Frecuencia perturbadora: f_p = 1.450/60 = 24,16 Hz.
- Frecuencia natural del sistema: $f_n \leq f_p/3$ = 8,05 Hz (Máxima).
- Deflexión estática:

$$d_{est} = \left(\frac{15{,}76}{8{,}05}\right)^2 = 3{,}83 \approx 4 \text{ mm}$$

b) Ruidos de Transmisión Aérea

En este apartado existen dos posibilidades: equipos situados en espacio abierto (p. e.: terrazas de edificios) y equipos en los locales cerrados del edificio.

Equipos en Espacio Abierto

El ruido aéreo generado en el funcionamiento por las carcasas de protección o las tomas de aire, se transmite al entorno, afectando a los edificios próximos y al propio.

El nivel de ruido percibido en cada caso, depende de la energía total sonora emitida, de la directividad del sonido y de la distancia. La intensidad sonora disminuye con la distancia, según la siguiente expresión:

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{\phi}{4\pi r^2}\right)$$

EN CAMPO ABIERTO, EL SONIDO SE AMORTIGUA DE FORMA MUY SIMILAR A LA ONDA QUE PRODUCIRÍA EN UN ESTANQUE INFINÍTAMENTE GRANDE UNA GOTA DE AGUA QUE CAYERA EN LA SUPERFICIE.

Donde:

L_p = Nivel de presión sonora a distancia "r" de la fuente (dB)

L_w = Nivel de potencia acústica de la fuente (dB)

r = Distancia (m)

Φ = Directividad (Φ = 1 para emisión esférica)

(Φ = 4 para emisión semiesférica)

NOTA: Los valores de L_p y L_w corresponden a cada banda o tercio de octava.

Conocida la potencia acústica emisora L_w (o calculada como se indica más adelante), se determinará el nivel L_p del receptor más próximo.

Si el valor L_p resultante global en dB(A) es superior al admisible por la normativa municipal existente o por las condiciones autoimpuestas, es necesario disponer de medidas correctoras apropiadas.

Para ello, debe considerarse que los equipos situados en espacios abiertos, disponen de **carcasas de protección exterior,** lo que equivale a un aislamiento acústico en las zonas así protegidas.

Asimismo, las zonas abiertas de tomas de aire son los puntos de emisión de potencia sonora más elevada de todo el conjunto, y los primeros que deben disponer de medidas correctoras por medio de atenuadores acústicos. Para controlar estas zonas abiertas se emplean generalmente **silenciosos disipativos o de absorción,** construidos a base de carcasas metálicas que contienen en su interior colisas de lana de vidrio o roca, responsables de la amortiguación sonora al entrar en contacto con la corriente de aire.

El empleo de silenciosos de absorción aporta atenuaciones significativas sin producir, en la mayoría de los casos, pérdidas de carga importantes. El material absorbente se coloca tanto en los laterales como en el centro de la corriente de fluido, montado sobre bastidores. El número de los mismos, la altura que los separa y la altura del silencioso definen la sección útil.

En cuanto a la protección del material absorbente, la necesidad de realizarla o el tipo más adecuado, depende de la velocidad de la corriente del fluido, no siendo necesaria para velocidades menores de 10 m/s (en general, se utilizan productos tipo PANEL NETO). Para velocidades hasta 25 m/s, además del tejido de vidrio debe protegerse con chapa perforada o bien un tejido de alta resistencia mecánica.

La **elección del modelo de silencioso** debe fundamentarse en las características del equipo emisor del ruido y en la situación del receptor más próximo, considerando las normativas existentes (ordenanzas municipales, etc.)

Existen fabricantes que, tras realizar los correspondientes ensayos en cámaras anecoicas, aportan el espectro sonoro de su equipo. En caso contrario, será necesario calcularlo. Para ello, suele considerarse

que el foco emisor predominante son los ventiladores, y se utilizan las siguientes fórmulas empíricas en función de los datos disponibles:

$$L_w = 25 + 10 \log Q + 20 \log P \text{ (dB)} \quad \text{(Madison-Graham)}$$

$$L_w = 77 + 10 \log W + 10 \log P \text{ (dB)} \quad \text{(Allen)}$$

donde:

Q: Caudal de aire (m^3/h)

P: Presión Estática (mm.c.a.)

W: Potencia del Ventilador (kW)

Para conocer la potencia sonora en cada banda de octava, se adapta el nivel global L_w obtenido mediante la introducción de unos coeficientes correctores para cada frecuencia. Estos coeficientes varían según el tipo de ventilador.

Los ventiladores emiten "ruido" en todo el espectro de frecuencias, presentando un pico a la llamada "frecuencia de aspas", que puede determinarse con la siguiente expresión:

$$f_{aspas} = \frac{W_g \cdot N}{60} \text{ Hz}$$

donde:

W_g: Velocidad de giro de las aspas. (r.p.m.)

N: Número de aspas.

Al aumentar la velocidad de giro, se incrementa el nivel de ruido emitido, pudiendo anotarse a nivel indicativo que, para un cierto tipo de ventilador, doblar las revoluciones de giro supone aumentar el nivel sonoro en aproximadamente 17 dB.

EJEMPLO

Determinar el silencioso de absorción necesario para atenuar el ruido emitido por una torre de refrigeración, con un ventilador helicoidal que mueve un caudal de aire de 20.000 m^3/h, venciendo una pérdida de carga de 15 mm. de columna de agua, si el receptor más próximo se encuentra a 20 m.

Solución:

Utilizando la fórmula de Madison-Graham:

L_w = 91,53 dB.

Si se introducen los coeficientes correctores para un ventilador helicoidal (no indicados) se tendrá el espectro del ruido:

F (Hz)	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
L_w(dB)	86,53	83,53	84,53	82,53	80,53	80,53	78,53	66,53

Se determina el nivel en el receptor (en cada banda de frecuencia); según la fórmula de propagación del sonido en espacios abiertos:

$$L_p = L_w + 10 \log \frac{1}{4\pi (20)^2} = L_w - 37{,}01 \text{ (dB)}$$

F (Hz)	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
L_p	49,52	46,52	47,52	45,52	43,52	43,52	41,52	29,52
L_p(A)	23,52	30,52	38,52	42,52	43,52	44,52	42,52	28,52

NOTA: L_p(A) se obtiene aplicando la ponderación A a los valores L_p.

El nivel global se obtiene con la fórmula

$$Lp_g = 10 \log \sum \text{antilog } L_p / 10$$

con lo que:

$$Lp_g = 49{,}81 \text{ dB(A)}$$

Si se considera que la normativa no permite un nivel de presión sonora superior a 40 dB(A), será necesario instalar un silencioso que reduzca al menos 9,81 dB(A).

Eligiendo dentro de la oferta disponible, de acuerdo con las características exigidas y la geometría deseada (los fabricantes aportan tablas de selección en función de la amortiguación requerida y las condiciones de trabajo), se llegaría a un silenciador con el siguiente espectro de atenuación:

F (Hz)	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
Atenuación silencioso en dB	4	6	11	22	25	25	19	15

NOTA: (La selección se ha realizado entre aquellos que reducen como mínimo 10 dB a la frecuencia de 250 Hz, existiendo soluciones alternativas que presentan atenuaciones, similares.)

El nivel sonoro en el lugar del receptor sería:

L_p	45,52	40,52	36,52	23,52	18,52	18,52	22,52	14,52
L_p(A)	19,52	24,52	27,52	20,52	18,52	19,52	23,52	13,52

El nivel global es: $Lp_g = 31{,}64$ dB(A)

Se cumple, por lo tanto, la normativa del ejemplo.

Equipos en locales cerrados

El ruido aéreo generado afecta al local donde está ubicado el equipo, y desde éste se transmite al resto del edificio, principalmente a las zonas más próximas. Si se tratase de vibraciones, podrían repercutir en dependencias no colindantes con el local considerado.

Los equipos situados en locales cerrados presentan los problemas de vibraciones que se mencionaron en el capítulo anterior, y por lo tanto deben ser tratados con los amortiguadores adecuados. En cuanto a las tomas de aire, cuyo nivel sonoro ha de ser calculado, en caso necesario se instalaría un silencioso disipativo.

El nivel de presión sonora percibido depende, como en el caso anterior, de la directividad del sonido y de la distancia, influyendo además el área absorbente del recinto, según la siguiente expresión:

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{\phi}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$

donde:

L_p= Nivel de presión sonora a distancia "r" de la fuente. dB

L_w= Nivel de potencia acústica de la fuente. dB

r= Distancia. m

Φ= Directividad ($\Phi = 1$ para emisión esférica)
($\Phi = 4$ para emisión semiesférica)

A= Área absorbente ($A = \Sigma\, \alpha_i\, S_i$) m^2

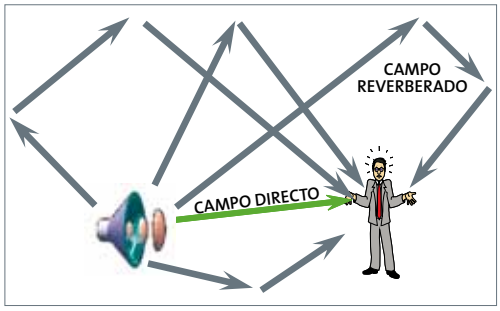
α_i= Coeficiente de absorción Sabine de los materiales del recinto.

S_i= Superficie de los cerramientos del recinto. m^2

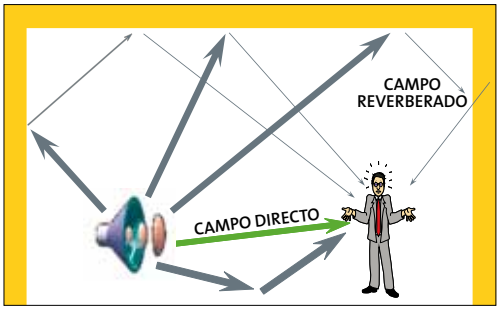
NOTA: Los valores de Lp y Lw corresponden a cada banda o tercio de octava.

Los niveles de presión en los locales colindantes dependerán del aislamiento a ruido aéreo de los cerramientos separadores.

Como solución general, además de aislar acústicamente el equipo, se realizará un tratamiento de los elementos constructivos del recinto con material **absorbente,** y se procurará que los cerramientos proporcionen el **aislamiento** adecuado.



En un recinto cerrado, el receptor percibe un campo directo y un campo reverberado (o resultado de las reflexiones del sonido en las paredes del recinto).



La aplicación de materiales absorbentes acústicos en las superficies interiores de un recinto puede disminuir el campo reverberado.

4.2.2 Conductos de distribución de aire

El ruido que se genera en los conductos se debe a las turbulencias causadas por el flujo de aire que circula a través de los mismos, flujo turbulento producido por curvas, ramificaciones laterales, cambios de sección, etc.

En ocasiones, las turbulencias provocan que las paredes de los conductos no revestidos interiormente entren en vibración, incrementando de forma importante el ruido trasmitido al recinto. Los sonidos que se propagan a través de conductos sin material absorbente por su interior, apenas se atenúan (generalmente la posible amortiguación se desprecia).

Para lograr incrementar de forma significativa la amortiguación de estos sonidos puede revestirse la superficie interior de los conductos con un material absorbente.

Para un conducto suficientemente largo, la amortiguación viene dada por la siguiente expresión:

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

donde:

ΔL: Amortiguación (*dB/m*).

α: Coeficiente de absorción Sabine del material (adimensional).

P: Perímetro interior del conducto (m).

S: Sección libre del conducto (m^2)

De la anterior expresión se deduce que, cuanto más pequeños sean los conductos (se incrementa la relación P/S), mayor será la atenuación lograda. Este razonamiento puede no ser sencillo de aplicar, pues exigiría, a menores secciones, velocidades superiores para mantener el caudal circulante.

El coeficiente de absorción, y por lo tanto la atenuación, dependen de la naturaleza y geometría del material en contacto con el flujo de aire. Respecto a la geometría, habitualmente se utilizan superficies planas y es el espesor del producto la variable que influye en el coeficiente alfa (α) de Sabine. A mayor espesor, las amortiguaciones son superiores, fundamentalmente a bajas y medias frecuencias. En lo que respecta a la naturaleza del material, las lanas de vidrio aportan los mejores coeficientes de absorción acústica.

a) Conductos de Lana de Vidrio

Desde el punto de vista acústico, los conductos autoportantes de lana de vidrio (gama ***CLIMAVER***) representan una solución muy ventajosa para atenuar el ruido que se transmite a los locales a través de los conductos, cuyo origen es la unidad de tratamiento.

En las fichas técnicas de cada producto de la gama, se indican los valores del coeficiente de absorción acústica (α), de acuerdo con los resultados normalizados de los ensayos en laboratorio.

La acción combinada de la geometría de un conducto y el tipo de material que lo constituye puede verse en la TABLA I: en ésta, se aprecia la atenuación acústica teórica en bandas de octava, de un tramo recto de conducto en dB/m, para dos materiales diferentes; ***CLIMAVER*** PLUS R Y ***CLIMAVER*** NETO, así como para diversas geometrías de conductos.

Sin embargo conviene precisar que los valores anteriores son teóricos y no representan la atenuación efectiva. Los valores reales que se obtienen en una red de conductos, dependen de dos factores importantes: el espectro del ruido en la unidad de tratamiento y las geometrías necesarias de los conductos, especialmente en la salida de la máquina y primeros tramos de la red.

TABLA I. ATENUACIÓN ACÚSTICA EN TRAMO RECTO [dB/m]

Sección (mm)	Frecuencia (Hz)	150	250	500	1000	2000
200 x 200	***CLIMAVER*** NETO	3,71	11,09	12,26	19,7	21
	CLIMAVER PLUS R	0,32	2,05	7,96	8,41	7,08
300 x 400	***CLIMAVER*** NETO	2,17	6,47	7,15	11,49	12,25
	CLIMAVER PLUS R	0,18	1.20	4,64	4,90	4,13
400 x 500	***CLIMAVER*** NETO	1,67	4,99	5,52	8,86	9,45
	CLIMAVER PLUS R	0,14	0,92	3,58	3,78	3,19
400 x 700	***CLIMAVER*** NETO	1,46	4,36	4,81	7,74	8,25
	CLIMAVER PLUS R	0,12	0,81	3,13	3,30	2,78
500 x 1000	***CLIMAVER*** NETO	1,11	3,33	3,68	5,91	6,30
	CLIMAVER PLUS R	0,10	0,62	2,39	2,52	2,12

Influencia del Espectro de Ruido Real

Se comprueba que, en la mayoría de los casos, los sonidos originados en la unidad de tratamiento, tienen componentes dominantes en las frecuencias medias y bajas. Por tanto, son los valores de α para esas frecuencias los que mayor influencia tienen en la atenuación acústica real.

EJEMPLO

Calcular la reducción de ruido que aporta la instalación de un metro de conducto autoportante de lana de vidrio ***CLIMAVER*** NETO y ***CLIMAVER*** PLUS R de sección 350*350 mm si la fuente sonora es un ventilador helicoidal que mueve un caudal de aire de 20.000 m^3/h, venciendo una pérdida de carga de 15 mm de columna de agua.

La potencia sonora generada por el ventilador puede determinarse utilizando la fórmula de Madison-Graham y los coeficientes correctores para tipos helicoidales.

F (Hz)	125	250	500	1.000	2.000
Lw (dB)	83,53	84,53	82,53	80,53	80,53

La amortiguación aportada por el conducto ***CLIMAVER*** NETO o ***CLIMAVER*** PLUS R viene dada por la fórmula:

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

donde

$$P/S = \frac{4 \times 0{,}35}{0{,}35 \times 0{,}35} = 11{,}43$$

y los valores de α (tomados de la ficha técnica)

Absorción acústica α

	F (Hz)	125	250	500	1.000	2.000
CLIMAVER NETO	α	0,25	0,6	0,65	0,95	1
CLIMAVER PLUS R	α	0,20	0,20	0,20	0,60	0,50

con lo que obtenemos:

Atenuación acústica

	F (Hz)	125	250	500	1.000	2.000
CLIMAVER NETO	L(dB/m)	1,72	5,87	6,56	11,16	12,00*
CLIMAVER PLUS R	L(dB/m)	1,26	1,26	1,26	5,87	4,55

* NOTA. El valor de α tomado para cálculo es 1, aunque teóricamente sea superior a este valor.

El nivel sonoro a la salida será:

Nivel sonoro a lo salido (1m) de conductos

	F (Hz)	125	250	500	1.000	2.000
CLIMAVER NETO	L_p (dB)	81,81	78,66	75,96	69,37	68,53
CLIMAVER PLUS R	L_p (dB)	82,27	83,27	81,27	74,66	75,98

Los valores globales se exponen a continuación.

L_{wg} = 89,61 dB(A)

L_{pg} (***CLIMAVER*** NETO) = 84,47 dB

L_{pg} (***CLIMAVER*** PLUS R) = 87,66 dB

En las condiciones anteriores del espectro de partida 1 metro de conducto ***CLIMAVER*** NETO reduce 5,1 dB, Y un ***CLIMAVER*** PLUS R reduce 1,9 dB.

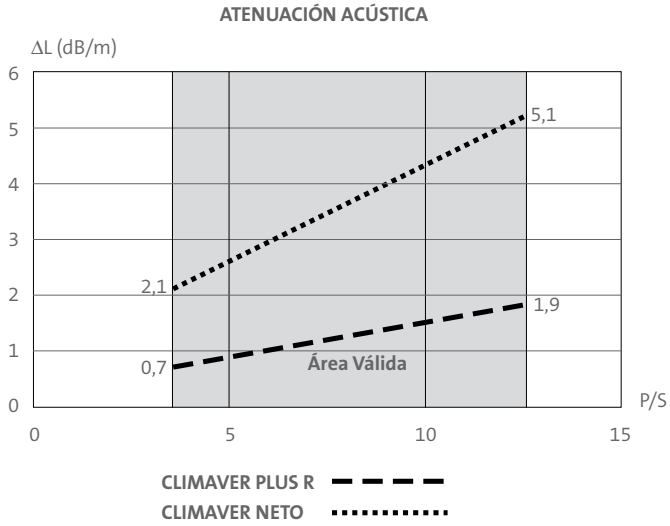
*LA ELEVADA ABSORCIÓN DE **CLIMAVER** NETO PERMITE OBTENER REDUCCIONES ACÚSTICAS SIGNIFICATIVAS EN LOS CONDUCTOS DE AIRE.*

Influencia de las Geometrías de Conductos

Los primeros tramos de conducto, desde la salida de máquina, son los que en mayor grado determinan la atenuación acústica hasta las primeras rejillas o difusores del local, pues son las más próximas a dicha máquina, la fuente de sonido más significativa. Precisamente será en estas rejillas donde menor atenuación se tendrá de todo el sistema, por lo que si para éstas se consigue un valor de atenuación razonable, el resto del sistema no presentará problemas, puesto que siempre tendrá valores más elevados para esa característica.

Por todo esto, la práctica permite reducir el campo de la atenuación acústica a los conductos con las dimensiones mayores del sistema, que en la gran mayoría de los casos tienen valores mínimos de 350x350 mm, sin superar generalmente 1000x1000 mm. Esto equivale a unos valores de P/S comprendidos entre 11,4 Y 4 respectivamente.

Para el espectro de sonido del ejemplo anterior, las posibilidades de atenuación acústica en función de las posibles geometrías reales, serían las de la figura.



b) Comparativo con otras Soluciones para Conductos

La utilización de conductos de otros materiales, chapa metálica principalmente, no es buena solución para la atenuación acústica, debido a su bajo coeficiente de absorción (α) en todo el espectro de frecuencias.

Para resolver este problema se puede optar por dos tipos de soluciones:

- Instalar atenuadores o silenciosos de absorción inmediatamente después de la salida de la máquina, de características similares a los indicados en el apartado anterior. Su cálculo está muy condicionado a la geometría del conducto y a las pérdidas de carga admisibles.
- Utilizar elementos absorbentes que recubran el interior del conducto, incrementando así el valor de alfa en toda la gama de frecuencias. Para esto se deben utilizar planchas o mantas de lana de vidrio.

Las cualidades de absorción están muy ligadas al espesor de la capa de lana, especialmente en las bajas y medias frecuencias, por lo que no se utilizan espesores menores de los 25 mm.

Aunque no es objeto de este apartado, debe recordarse el valor añadido de esta solución por el aislamiento térmico que proporciona la lana de vidrio al sistema de conductos, y la necesidad mínima de este espesor para cumplir la exigencia del RITE.

En la siguiente tabla se representan los resultados comparados de la atenuación acústica (dB/m) de un conducto de 400x500 mm para diferentes materiales:

TIPO	ATENUACIÓN ACÚSTICA (dB/m)				
F (Hz)	125	250	500	1000	2000
Metálico	0,07	0,07	0,19	0,19	0,1
Metálico + Intraver Neto (15 mm)	0,14	0,18	0,23	1,28	2,8
Metálico +IBR Aluminio	0,14	0,14	0,38	0,38	0,2
CLIMAVER PLUS R	0,99	0,99	0,99	4,62	3,58
CLIMAVER NETO	1,36	4,62	5,17	8,80	9,45

NOTA: Los valores de α correspondientes al producto CLIMAVER, superan el valor de "1" para algunas frecuencias, en los resultados de ensayo en laboratorios oficiales. No obstante, en la aplicación práctica se toma el valor de "1" como valor máximo de cálculo.

Puede verse el valor nulo de la atenuación del conducto de chapa metálica, y cómo mejora esta característica cuando se le recubre interiormente con INTRAVER NETO, material de lana de vidrio de 15 mm de espesor, recubierto en una de sus caras por un tejido de vidrio de color negro de alta resistencia. Esta mejora no es muy importante en las bajas y medias frecuencias dado el reducido espesor del material, aunque es suficiente en muchos casos, por lo que es un producto de utilización habitual, así como en su versión de 25 mm.

A título orientativo se presenta el caso del aislamiento térmico exterior al conducto, cuando se ejecuta con lana de vidrio (IBR-Aluminio), sobre conductos de chapa galvanizada. Existe una leve mejora de la atenuación respecto al conducto desnudo, si bien es poco representativa.

Los mejores resultados, con gran diferencia, se obtienen con la utilización de conductos autoportantes de lana de vidrio de la gama ***CLIMAVER*** NETO, como se ha visto en el apartado anterior.

Resumen.

Las instalaciones de climatización presentan gran complejidad acústica, ya que las incidencias en lo que al ruido se refiere pueden encontrarse en diversos puntos de la instalación. Sin embargo, existen soluciones viables para tratar los problemas acústicos en una instalación; estas soluciones serán más efectivas, sencillas y económicas si se consideran desde la fase de proyecto.

En lo que se refiere a los conductos de distribución de aire, éstos pueden contribuir a disminuir los ruidos generados en la instalación, mediante el empleo de materiales absorbentes, bien constituyendo el conducto, o bien en silenciadores de absorción.

Los últimos desarrollos en conductos de distribución de aire, confirman que la mejor opción al respecto la constituyen los conductos de lana de vidrio, revestidos interiormente con un tejido de vidrio, que permite la absorción acústica por el alma del panel: ***CLIMAVER*** Neto.

5. la protección contra incendios en la climatización

LOS INCENDIOS CONSTITUYEN UNO DE LOS RIESGOS MÁS IMPORTANTES para los usuarios de los edificios, por lo que las exigencias legislativas para la protección contra incendios son cada vez mayores, como es el caso del Documento Básico-Seguridad en caso de Incendio (DB-SI) incluido en el Código Técnico de la Edificación, de obligado cumplimiento.

Las redes de conductos pueden contribuir a la propagación de incendios entre locales, así como al transporte del humo. Por ello, es necesaria la disposición de medios de protección pasiva (materiales) y activa (mecanismos), que reduzcan los riesgos a un límite razonable.

5.1. Generalidades sobre el origen y desarrollo de un incendio

Un material inicia un incendio cuando alcanza, en una zona, la temperatura de combustión.

Al ser la combustión un proceso exotérmico, se produce un aumento de la temperatura en las zonas próximas al foco del incendio, que puede ser suficiente para que otras partes del material u otros materiales próximos entren en combustión.

Este proceso se incrementa de un modo casi exponencial en la relación tiempo-temperatura, siempre que exista el suficiente material combustible.

En un incendio real, dentro de un local determinado, se alcanzará en el tiempo una temperatura que provoca la combustión súbita y generalizada de todo el material combustible en el local, lo que se denomina *flash over*.

A partir de ese momento, el incendio es incontrolable: la temperatura se eleva hasta el punto de equilibrio en el que el calor aportado por la combustión es igual al evacuado al ambiente. El proceso continúa hasta la disminución progresiva de la temperatura por falta de material combustible.

EL "FLASH OVER" SE DEFINE COMO EL MOMENTO A PARTIR DEL CUAL EL INCENDIO ES INCONTROLABLE.

Algunos factores son determinantes en la curva temperatura-tiempo:

- la carga de fuego del local
- la capacidad y velocidad de propagación del incendio.

La carga al fuego está representada por el poder calorífico de los materiales existentes, medida por unidad de superficie del local. Esta característica depende de cada material y no es posible su modificación.

También la capacidad y velocidad de propagación de llama es característica de un material, pero es susceptible de ser modificada de forma artificial mediante la utilización de ignifugantes, que actúan como retardadores de llama.

5.2. Comportamiento ante el fuego de los materiales: normativa

La clasificación legal obligatoria establece diferentes clases conforme a la norma UNE-EN 13501-1, con denominación A1, A2, B, C, D, E y F. Estas clases indican la **contribución al incendio,** el poder calorífico y el grado de inflamabilidad del material.

Un material clasificado como A1 será aquel que no contribuya en ningún caso al incendio, incluso en uno plenamente desarrollado. Un material A2 será el que no puede aportar, de modo significativo, una carga al fuego, ni contribuir a su desarrollo. Un material B será un material combustible que no haya superado los valores exigidos para las clases anteriores, y así sucesivamente.

Los productos clasificados como A2, B, C y D deberán añadir además dos clasificaciones adicionales:

- en relación a la producción de **humo:** s1 (nulo o bajo nivel de humos), s2 (producción media de humos), s3 (muy elevada producción de humos). Esta clasificación tiene en cuenta la toxicidad y opacidad de los mismos.
- en relación con la producción de **gotas** y/o partículas en llamas: d0 (ninguna caída), d1 (caída de gotas a plazo) y d2 (caída rápida de gotas).

Esta normativa es de ámbito europeo, por lo que los materiales fabricados en Europa irán etiquetados con esta clasificación en cuanto a su reacción al fuego.

Clases de reacción al fuego de revestimientos de paredes y techos, de aislamientos térmicos o acústicos y de conductos

Clase exigida conforme a la norma UNE 23727:1990	Clase que debe acreditarse conforme a la norma UNE EN 13501-1:2002(1)	
	Revestimiento de paredes o techos, aislamientos térmicos (no lineales) o acústicos y conductos	Productos lineales para aislamiento térmico en tuberías
M0	A1 ó A2-s1, d0	$A1_L$ ó $A2_L$-s1, d0
M1	B-s3, d0	B_L-s3, d0
M2	C-s3, d0(2)	C_L-s3, d0(2)
M3	D-s3, d0	D_L-s3, d0

(1) Se admite que toda clase cuyos índices sean iguales o más favorables que los índices correspondientes de otra clase satisface las condiciones de esta. Tanto el índice principal (A1, A2, B, C, D o E) como el de producción de humo (s1, s2 o s3) y el de caida de gotas/partículas inflamadas (d0, d1 o d2) son más desfavorables en sentido creciente.

(2) Cuando esta clase pertenezca a un material cuyo grosor sea menor de 1,0 mm y cuya masa sea menor de 1,0 kg/m², también será válida para aquellas aplicaciones para las que se exija clase M1.

LAS EUROCLASES SUPONEN UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y ENSAYO ÚNICO PARA TODA EUROPA.

5.3. Exigencias normativas para los materiales en la Climatización

Todos los materiales que formen parte de una instalación de climatización, deben tener una clase de comportamiento ante el fuego, de acuerdo con el DB-SI incluido en el Código Técnico de la Edificación.

Destacamos en la sección SI 1, el apartado 4, "Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario", y dentro de éste, el punto 2, en el cual podemos leer:

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}
Aparcamientos	A2-s1, d0	$A2_{FL}$-s1
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1, d0	C_{FL}-s1
Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos, suelos elevados, etc.	B-s3, d0	B_{FL}-s2(6)

(1) Siempre que superen 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 el 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 esta sección.
(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) esta condición no es aplicable.

La lectura de este apartado de la normativa vigente permite las siguientes observaciones:

- Los **conductos y sus aislamientos deben de ser Euroclase B-s3, d0** como mínimo, certificada mediante ensayo normalizado en laboratorios acreditados por la Administración, como es preceptivo.

  A este respecto, todos los materiales fabricados por ISOVER para conductos autoportantes de la gama ***CLIMAVER***, como los destinados al aislamiento térmico de conductos (Isoair, IBR Aluminio, Intraver Neto) cumplen esta clasifición e incluso la mejoran en lo que se refiere a emisión y toxicidad de humos, alcanzado el nivel más favorable: s1.

- Los conductos que atraviesen cerramientos o divisorios del edificio que limiten sectores de incendios, deben diseñarse con dispositivos adecuados que garanticen el mantenimiento de la resistencia al fuego del elemento constructivo.

Se define como resistencia al fuego (RF) de un elemento constructivo al tiempo durante el mal este elemento, sometido a las condiciones de un ensayo normalizado conforme define la norma UNE 23093 (Art. 13), es capaz de cumplir las condiciones de estabilidad, ausencia de gases inflamables, no paso de llamas y límite de temperatura en la cara no expuesta.

Establecidos los límites de compartimentación en sectores de incendios, los niveles de RF exigibles por los elementos constructivos se determinan en el artículo 15 de la Normativa.

La instalación de la compuerta cortafuego se debe efectuar de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

5.4. El problema de los humos en la seguridad contra incendios

Los humos en los incendios presentan dos problemáticas diferenciadas:

- la opacidad visual que provocan
- el grado de toxicidad de los componentes de los humos.

EN UN INCENDIO, LOS HUMOS CONSTITUYEN EL MAYOR RIESGO DE VÍCTIMAS, POR INHALACIÓN O BIEN POR NO PERMITIR VER LAS SALIDAS DE EMERGENCIA (OPACIDAD).

La **opacidad de humos** se manifiesta como el oscurecimiento visual en los caminos de evacuación que permiten escapar a los usuarios de un edificio donde se ha declarado un incendio. Cuanto mayor es el grado de oscurecimiento, más lento y difícil será poder escapar, y más aumenta el riesgo de ser víctima de aquel.

En cuanto a la **toxicidad de los humos,** sabemos que la composición química de los gases de la combustión es diferente según el tipo de material. Siempre que el material tenga origen orgánico, caso de los conductos de polisocianurato, existirá un elevado porcentaje de CO_2 y menores cantidades de CO y NO_x.

Además, como existen otros componentes, se puede producir desprendimiento de gases tipo CIH, FENOL, HCN, SO_2...

Todos ellos presentan una acción de toxicidad en el ser humano, dependiendo de una relación tiempo-concentración, que es diferente para cada uno. En general, se define una "concentración crítica" como aquella que provocaría la mortalidad en un 50% de las personas, en un periodo de 45 minutos.

En la norma UNE-EN 13501-1, podemos encontrar cómo definir un material según su producción de humo. Para ello, deberemos medir dos variables:

- SMOGRA: tasa de producción de humo. Es el valor máximo del cociente de la velocidad de producción de humo por la muestra y el tiempo durante el cual se ha producido.
- TPS_{600s}: producción total de humos en 600 segundos (m^2).

(NOTA: ver norma EN 13823 para más información)

Tendremos un producto clasificado s1 si:

SMOGRA ≤ 30 m^2/s^2 y $TPS_{600s} \leq 50\ m^2$

Tendremos un producto clasificado s2 si:

SMOGRA ≤ 180 m^2/s^2 y $TPS_{600s} \leq 200\ m^2$

Finalmente, los productos s3 son aquellos en los que no se declara ningún comportamiento o no cumplen los criterios de s1 y s2.

Nota: CLASIFICACIÓN GAMA *CLIMAVER*: s1 (la más segura frente al fuego).

5.5. Caída de gotas y partículas en llamas

Otro de los parámetros que introducen las Euroclases en su nomenclatura es la producción de gotas y/o partículas en llamas. Es claro que, dado que las redes de conductos se instalan sobre falsos techos, la no proliferación de estas gotas o partículas en caso de incendio es de vital importacia, tanto para la seguridad de las personas que se encuentran en el recinto como para la no contribución a la propagación del fuego (por ejemplo, mediante la combustión del mobiliario debido a la caída de gotas).

La forma de determinar la clasificación la establece la norma EN 13501-1.

- Tendremos una clasificación d0 si no se producen gotas/partículas en llamas dentro de un periodo de 600 segundos cuando se ensayen de acuerdo con la norma EN 13823.
- Tendremos una clasificación d1 si no se producen gotas/partículas en llamas, con una persistencia superior a 10 segundos, dentro de un periodo de 600 segundos cuando se ensayen de acuerdo con la norma EN 13823.
- Finalmente, tendremos un producto d2 si no se declara ningún comportamiento o si el producto:

-no cumple los criterios de clasificación d0 y d1 indicados o;

-inflama el papel en el ensayo de inflamabilidad (prEN ISO 11925-2).

Nota: CLASIFICACIÓN GAMA *CLIMAVER*: d0 (la mejor posible)

Resumen.

Los incendios constituyen una de las principales causas de siniestros en los edificios, dando lugar a pérdidas tanto humanas como materiales. Por seguridad en la edificación, por tanto, deben considerarse las técnicas y materiales que impidan el desarrollo o propagación de un incendio.

En lo que respecta a las redes de conductos, esta circunstancia es especialmente importante. Al elegir el material que constituya el conducto, debe considerarse su comportamiento al fuego, evaluado por su Euroclase, clasificación que determina: su poder calorífico, su emisión de humos, o la caída de gotas al quemarse.

Los conductos de lana de vidrio ***CLIMAVER***, representan la opción más segura para un conducto de climatización, al no producir humos ni gotas incandescentes, y aportar un mínimo poder calorífico.

6. pérdidas de carga en conductos climaver

EL AIRE QUE CIRCULA POR LA RED DE CONDUCTOS, RECIBE LA ENERGÍA de impulsión (aspiración) por medio de un ventilador. Esta energía debe ser suficiente para que el aire sea distribuido a todos los locales a acondicionar, en las condiciones previstas de caudal, temperatura y velocidad, según las condiciones de diseño.

El problema reside en el diseño correcto de las dimensiones de los conductos, para que circule por ellos el caudal previsto, y para que la energía total del aire sea capaz de vencer de manera equilibrada las inevitables pérdidas que se producen en todo proceso de flujo dinámico en conductos.

Estas pérdidas son de dos tipos:

- Pérdidas por rozamiento, debido a la viscosidad del fluido. Dependen de la geometría, la rugosidad interna de los conductos y el régimen de movimiento del aire.
- Pérdidas dinámicas, causadas por las perturbaciones de velocidad, por cambios direccionales o por variaciones bruscas de la temperatura.

A lo largo de este capítulo, se tratará de establecer tanto el método de cálculo como la valoración de estas pérdidas.

6.1. Presiones estática, dinámica y total

Conceptos

La energía suministrada por el sistema de impulsión (aspiración) se establece en forma de presiones, mediante dos componentes:

a) La presión estática, P_s, que es la consecuencia de la compresión del fluido dentro del conducto. Se mide por exceso (o defecto) sobre la presión atmosférica ambiental.

   Esta presión es positiva en impulsión y negativa en aspiración.

   La presión estática es máxima en el punto de impulsión y decrece a lo largo del conducto por efecto de las pérdidas por fricción, hasta ser prácticamente nula en la salida. Sucede lo mismo en el circuito de aspiración, aunque con valores negativos.

b) La presión dinámica, P_d, es la componente de energía debido a la velocidad del fluido, y su valor se obtiene mediante la expresión:

$$P_d = \frac{\rho v^2}{2}$$

siendo:

ρ = densidad del aire circulante (kg/m³)

v = velocidad del aire circulante (m/s)

La presión dinámica siempre es positiva (en el sentido de avance del aire).

Como la masa de aire transportada en la unidad de tiempo es constante a lo largo del conducto, la velocidad varía en cada cambio de sección del conducto, hasta su salida o hasta la distribución del aire en las bifurcaciones.

c) La presión total, P_t, es la resultante de la suma algebraica de $P_s + P_d$.

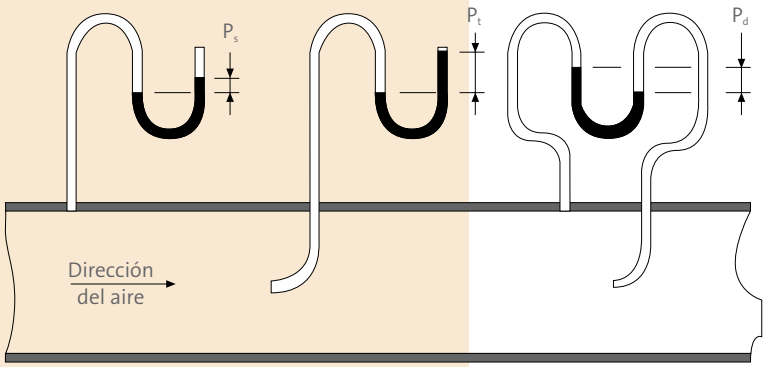
En un conducto de aspiración, la P_t será negativa (depresión), siendo siempre positiva en conductos de impulsión.

Unidades y equipos de medida

La unidad utilizada para medida de presiones en el Sistema Internacional es el Pascal (1 Pa = 1 N/m²).

Habitualmente, en cálculos relativos a aire acondicionado se utiliza también el milímetro de columna de agua (mm.c.a), cuya equivalencia es: 1 mm.c.a. = 9,81 Pa.

Como equipo de medida se utilizan tubos de Pitot, como se indica en la figura.



6.2. Pérdidas de carga

El progreso fluido-dinámico del aire en los conductos provoca dos tipos de pérdidas de carga: pérdidas por rozamiento y pérdidas dinámicas.

a) Pérdidas de carga por rozamiento

Se deben a la viscosidad del fluido, y a las variaciones de dirección y choques de las partículas de aire dentro del régimen de turbulencia, en las condiciones habituales para la climatización.

Las pérdidas se producen a lo largo de toda la extensión lineal del conducto, y se expresan en valores de pérdidas de la presión total por unidad de longitud del conducto considerado: (Pa/m) ó (mm.c.a./m).

El cálculo de pérdidas de carga mediante formulación es complicado, ya que depende de un número de factores considerable en forma de ecuaciones exponenciales, establecidas por Darcy-Weisbach

y Colebrook. Unicamente es posible la utilización de estas fórmulas con métodos informáticos, mediante el software adecuado.

Otro método más práctico, si no se dispone de software, es la utilización de Gráficos de Rozamientos, que se establecen para una geometría del conducto, tipo de material (única rugosidad absoluta), y unas condiciones del aire en temperatura y densidad, así como de presión atmosférica (altura).

Las variaciones en las condiciones señaladas en los gráficos necesitan factores de corrección que, aplicándose a los obtenidos directamente de las Gráficas de Rozamiento, darán el valor de pérdida de carga real buscado.

Pérdidas de carga en conductos CLIMAVER Plus R y CLIMAVER Neto

Las experiencias de laboratorio, realizadas sobre montajes reales de diversas secciones, han permitido establecer:

- Las pérdidas de carga reales son prácticamente iguales a las teóricas determinadas por el Gráfico de Rozamiento de ASHRAE para conductos cilíndricos de chapa galvanizada, dentro del campo de velocidades de 0 a 15 m/s para **CLIMAVER** Plus R, y de 0 ó 10 m/s para **CLIMAVER** Neto(*).
- Los codos de dos ángulos de 135º, es decir, aquellos fabricados a partir de tramos rectos, tienen similares o ligeramente inferiores pérdidas de carga que los codos curvos fabricados a partir de **CLIMAVER** Plus R y **CLIMAVER** Neto.

(*) Para conseguir una adecuada atenuación acústica, se recomienda trabajar a baja velocidad en instalaciones de conductos **CLIMAVER** *Neto*.

En estas condiciones, es posible la utilización directa del gráfico indicado, por lo que se procede del modo siguiente:

a) Establecer el diámetro del conducto rectangular, con una sección circular que representa la misma pérdida de carga para igual caudal.

   Para ello, se utiliza la equivalencia:

$$D_e = 1{,}3 \frac{(a \cdot b)^{0{,}625}}{(a + b)^{0{,}25}} (mm)$$

   Siendo a y b los lados del conducto rectangular en mm.

b) Conocido el caudal (m^3/ h) y el valor "De", se determina la pérdida de carga en el Gráfico de Rozamiento correspondiente a estos conductos.

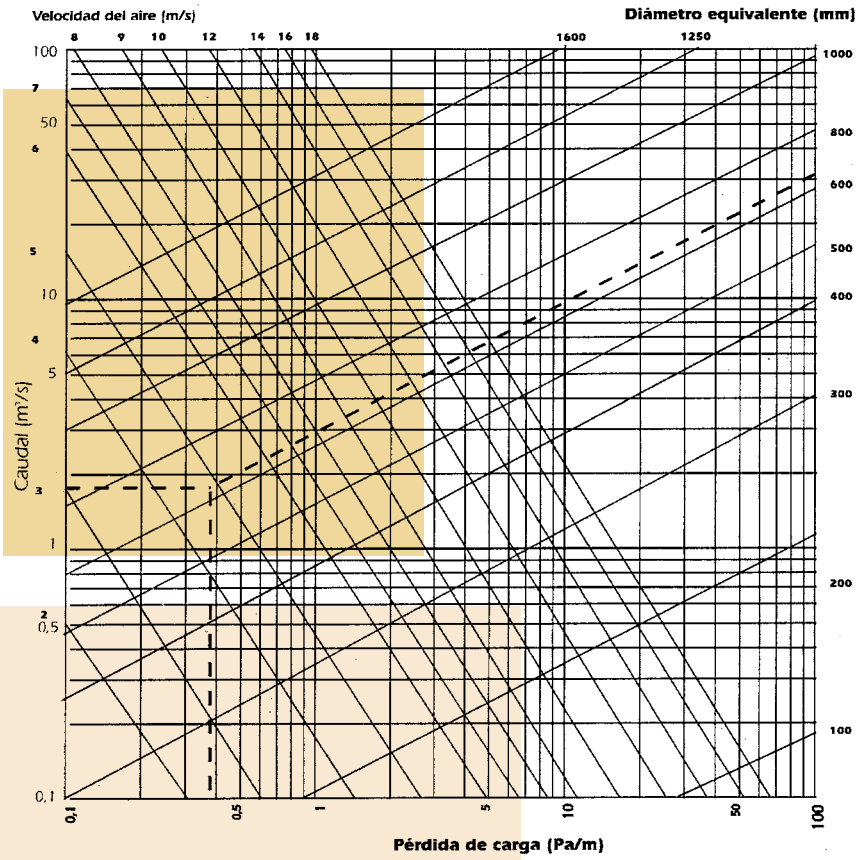
EJEMPLO

Se desea conocer la pérdida de carga a 20 °C y 760 mm.c.a. (101,325 KPa) de un conducto de **CLIMAVER** Plus R de 600x600 mm de sección y considerando un caudal de 1,70 m^3/s.

$$De = 1{,}3 \frac{(600 \cdot 600)^{0{,}625}}{(600 + 600)^{0{,}25}} = 656{,}3 \text{ mm}$$

Para este diámetro equivalente y un caudal de 1,7 m^3/s, el Gráfico de Rozamiento indica un pérdida de carga de 0,37 Pa/m (0,037 mm.c.a./m).

Gráfico de rozamiento para CLIMAVER PLUS R y CLIMAVER NETO



Pérdidas de carga locales o dinámicas

Corresponden a aquellos puntos o tramos donde el flujo sufre perturbaciones de velocidad por cambios de direcciones o variación de sus valores absolutos.

Estas pérdidas dinámicas, aunque se producen en toda la longitud de un conducto, a efectos prácticos se suponen localizadas en las zonas que afectan al cambio en la velocidad que se ha mencionado, lo que facilita el cálculo de las mismas.

Este cálculo es válido, siempre que se considere que las pérdidas de carga por rozamiento afectan a tramos rectos suficientemente largos (longitudes mayores que 6 diámetros equivalentes). Si el tramo recto entre dos uniones que supongan pérdidas de carga locales, es inferior a esta cantidad, las configuraciones de la corriente no permiten este tipo de cálculo.

Coeficientes para pérdidas locales

Son valores adimensionales que responden a la relación de pérdidas de carga, referidas a la presión total, respecto de la presión dinámica en la sección considerada:

$$C = \frac{\Delta P_t}{P_v}$$

Siendo:

C: Coeficiente de pérdidas (adimensional).

ΔP_t: Pérdida de presión total en la sección considerada (Pa).

P_v: Presión dinámica en la sección considerada (Pa).

Estos coeficientes responden a configuraciones geométricas en las uniones, así como a las características adimensionales de los conductos.

Cuando el flujo de aire cambie de dirección en un conducto, las consideraciones geométricas deben complementarse con otro coeficiente que afecta a las características propias del aire circulante, mediante correcciones debidas al número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\mu}$$

Donde:

Re: Número de Reynolds (adimensional).

ρ: Densidad del aire (Kg/m^3).

D: Diámetro equivalente del conducto (m).

v: Velocidad del aire (m/s).

μ: Viscosidad del aire (m·Pa/s).

En condiciones normales, aplicables al aire acondicionado:

$$Re = 6{,}63 \times 10^4 \cdot D \cdot v$$

En estos casos, el coeficiente de pérdidas viene representado por:

$$C = C' \cdot K_{Re}$$

Siendo:

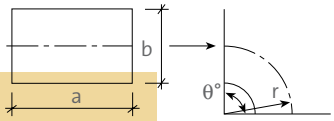
C': Coeficiente de pérdidas por características geométricas (adimensional).

K_{Re}: Coeficiente de pérdidas por flujo (adimensional).

Valores de los Coeficientes de Pérdidas Locales en Conductos CLIMAVER

Se indican a continuación los coeficientes C para algunas de las condiciones geométricas más usuales en los conductos de la gama ***CLIMAVER***. Para el producto ***CLIMAVER*** *Plus R* o ***CLIMAVER*** *Neto*, los coeficientes C son equivalentes a los valores de la chapa galvanizada y pueden obtenerse a partir de los valores reflejados en el "Manual Fundamentals" de ASHRAE.

Codo con radio uniforme y sección rectangular



a) Codo a 90°

$$C = C' \cdot K_{Re}$$

siendo:

Valores de C'											
a/b	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
r/b											
0,5	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	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	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	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15

Valores de K_{Re}									
$Re \cdot 10^{-4}$	1	2	3	4	6	8	10	14	20
r/b									
0,5	1,40	1,26	1,19	1,14	1,09	1,06	1,04	1,0	1,0
≥0,75	2,0	1,77	1,64	1,56	0,46	1,38	1,30	1,15	1,0

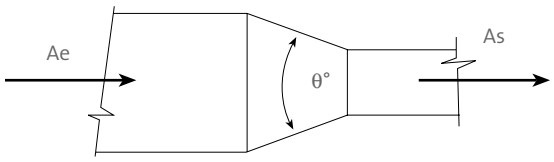
b) Codo a θ°

$$C = C' \cdot K_{Re} \cdot K_{\theta}$$

Nota: C' y K_{Re} corresponden a los valores indicados en a).

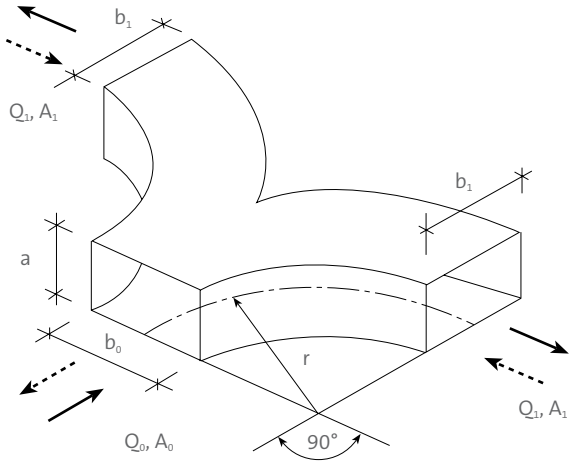
Valores de K_{θ}										
θ°	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
Kθ	0,31	0,45	0,60	0,78	0,90	1,00	1,13	1,20	1,28	1,40

Reducción y sección rectangular



Valores de C							
θ°	10	15-40	50-60	90	120	150	180
Ae/As							
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

Y simétrica y sección rectangular

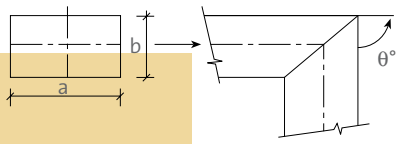


Nota: sólo para $r/b_o = 1,5$

$Q_1 = Q_o/s$

Valores de C		
A_1/A_0	0,5	1’
Flujo		
Convergente	0,23	0,07
Divergente	0,3	0,25

Codo a bisel y sección rectangular



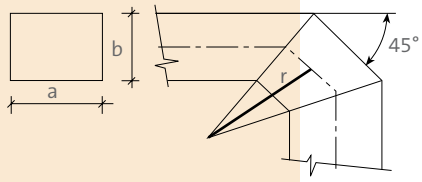
$$C = C' \cdot K_{Re}$$

siendo:

Valores de C'											
a/b	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
θ°											
20	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
30	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
45	0,38	0,37	0,36	0,34	0,33	0,31	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24
60	0,60	0,59	0,57	0,55	0,52	0,49	0,46	0,43	0,41	0,39	0,38
75	0,89	0,87	0,84	0,81	0,77	0,73	0,67	0,63	0,61	0,58	0,57
90	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	0,98	0,92	0,89	0,85	0,83

Valores de K_{Re}								
Re · 10^{-4}	1	2	3	4	6	8	10	≥14
K_{re}	1,40	1,26	1,19	1,14	1,09	1,06	1,04	1,0

Codo 90° (achaflanado 45°) y sección rectangular



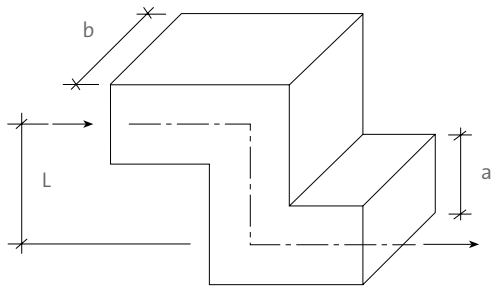
$$C = C' \cdot K_{Re}$$

siendo:

Valores de C'							
a/b	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3
r/b							
0,5	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	0,98
0,75	0,9	0,85	0,78	0,72	0,65	0,64	0,64
1	0,49	0,47	0,44	0,40	0,36	0,34	0,34
1,5	0,47	0,45	0,43	0,39	0,34	0,32	0,32
2	0,46	0,45	0,43	0,39	0,34	0,32	0,32

Piezas en Z, codos a 90° y sección rectangular

a) Para a = b



$$C = C' \cdot K_{Re}$$

siendo:

Valores de C'											
L/a	0,4	0,6	0,8	1	1,4	1,8	2	2,4	2,8	3,2	4
C'	0,62	0,9	1,6	2,6	4	4,2	4,2	3,7	3,3	3,2	3,1

Nota: Valores de K_{Re}, iguales a 8.2.2.2.2.

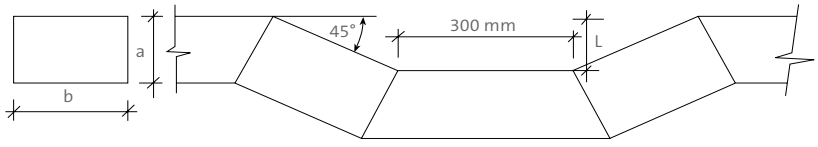
b) Para a ≠ b

$$C = C' \cdot K_{Re} \cdot K_{Ge}$$

siendo C' y K_{Re}, valores iguales a a) y

Valores de K_{Ge}								
b/a	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4
K_{Ge}	1,1	1,07	1,04	1	0,95	0,9	0,83	0,78

Bordeo de obstáculo y sección rectangular

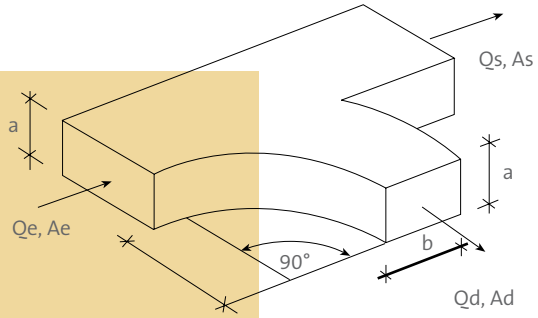


a/b = 0,5

L 1,5 a

Valores de C					
V (m/s)	4	6	8	10	12
C	0,18	0,22	0,24	0,25	0,26

Derivación con radio y sección rectangular



Nota: sólo para θ = 90° y r = b

Qe, Ae: caudal y área de entrada.

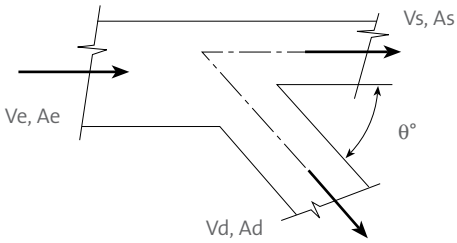
Qs, As: caudal y área de salida (principal).

Qd, Ad: caudal y área de la derivación.

Valores de C_d (en derivación)										
Qd/Qe		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Ad/As	Ad/Ae									
0,25	0,25	0,55	0,50	0,60	0,85	1,2	1,8	3,1	4,4	6,0
0,33	0,25	0,35	0,35	0,50	0,80	1,3	2,0	2,8	3,8	5,0
0,5	0,5	0,62	0,48	0,40	0,40	0,48	0,60	0,78	1,1	1,5
0,67	0,5	0,52	0,40	0,32	0,30	0,34	0,44	0,62	0,92	1,4
1,0	0,5	0,44	0,38	0,38	0,41	0,52	0,68	0,92	1,2	1,6
1,0	1,0	0,67	0,55	0,46	0,37	0,32	0,29	0,29	0,30	0,37
1,33	1,0	0,70	0,60	0,51	0,42	0,34	0,28	0,26	0,26	0,29
2,0	1,0	0,60	0,52	0,43	0,33	0,24	0,17	0,15	0,17	0,21

Valores de C_s (en C. principal)										
Qd/Qe		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Ad/As	Ad/Ae									
0,25	0,25	-0,01	-0,03	-0,01	0,05	0,13	0,21	0,29	0,38	0,46
0,33	0,25	0,08	0	-0,02	-0,01	0,02	0,08	0,16	0,24	0,34
0,5	0,5	-0,03	-0,06	-0,05	0	0,06	0,12	0,19	0,27	0,35
0,67	0,5	0,04	-0,02	-0,04	-0,03	-0,01	0,04	0,12	0,23	0,37
1,0	0,5	0,72	0,48	0,28	0,13	0,05	0,04	0,09	0,18	0,30
1,0	1,0	-0,02	-0,04	-0,04	-0,01	0,06	0,13	0,22	0,30	0,38
1,33	1,0	0,10	0	0,01	-0,03	-0,01	0,03	0,10	0,20	0,30
2,0	1,0	0,62	0,38	0,23	0,13	0,08	0,05	0,06	0,10	0,20

Derivación a bisel y conducto rectangular



Nota: sólo para 15° < θ < 90° y Ae = As + Ad

Ve, Ae: velocidad y área de entrada.

Vs, As: velocidad y área de salida (principal).

Vd, Ad: velocidad y área de la derivación.

Valores de Cd (en derivación)													
Vd/Ve	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
θ°													
15	0,81	0,65	0,51	0,38	0,28	0,20	0,11	0,06	0,14	0,30	0,51	0,76	1,0
30	0,84	0,69	0,56	0,44	0,34	0,26	0,19	0,15	0,15	0,30	0,51	0,76	1,0
45	0,87	0,74	0,63	0,54	0,45	0,38	0,29	0,24	0,23	0,30	0,51	0,76	1,0
60	0,90	0,82	0,79	0,66	0,59	0,53	0,43	0,36	0,33	0,39	0,51	0,76	1,0
90	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Valores de Cs (en cond. principal)							
θ		15-60	90				
Vs/Ve	As/Ae	0-1,0	0-0,4	0,5	0,6	0,7	≥0,8
0		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1		0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
0,2		0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
0,3		0,50	0,50	0,52	0,52	0,50	0,50
0,4		0,36	0,36	0,40	0,38	0,37	0,36
0,5		0,25	0,25	0,30	0,28	0,27	0,25
0,6		0,16	0,16	0,23	0,20	0,18	0,16
0,8		0,04	0,04	0,17	0,10	0,07	0,04
1,0		0	0	0,20	0,10	0,05	0
1,2		0,07	0,07	0,36	0,21	0,14	0,07
1,4		0,39	0,39	0,79	0,59	0,39	—
1,6		0,90	0,90	1,4	1,2	—	—
1,8		1,8	1,8	2,4	—	—	—
2,0		3,2	3,2	4,0	—	—	—

Resumen.

Al diseñar una red de conductos, debe evaluarse la resistencia al paso del aire que ofrece el conducto; y las pérdidas de presión a las que esta resistencia da lugar.

Para la evaluación de las pérdidas de carga, pueden utilizarse programas informáticos, o ábacos, o tablas, que relacionan el caudal, sección, velocidad y pérdida de carga, algunos de los cuales se presentan en este manual.

En lo que respecta a los conductos ***CLIMAVER***, tanto ***CLIMAVER*** Plus R como ***CLIMAVER*** Neto asimilan sus pérdidas de carga a la de conductos metálicos, y, por tanto, pueden utilizarse los gráficos de Ashrae para cálculos.

7. los conductos de aire y su influencia en la calidad de aire interior

LOS ASPECTOS RELATIVOS A LA CALIDAD DEL AIRE DE LOS AMBIENTES DE LOS EDIFICIOS se tratan con frecuencia en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Se indica en este Reglamento la necesidad de una correcta ventilación de los locales, haciéndose referencia a la norma UNE-EN-13779. En concreto, se menciona:

- El aire exterior de ventilación, se introducirá debidamente filtrado en el edificio.
- Se establecerán clases de filtración mínimas a emplear, en función de la calidad de aire exterior, y de la calidad de aire interior requerida.
- En el proyecto se detallarán los puntos de control y limpieza de la instalación de filtrado para mantenimiento de equipos y conductos.
- Por lo general, hay que recurrir a las sistemas de acondicionamiento de aire para que las condiciones higrométricas del ambiente y las de confort coincidan.

Los conductos de aire son elementos estáticos de la instalación, a través de los cuales circula el aire en el interior del edificio, conectando todo el sistema: aspiración, unidades de tratamiento, locales de uso, retorno y evacuación del aire viciado.

Considerando la calidad del aire interior y el confort que deben de proporcionar las instalaciones, los **conductos** pueden presentar diversos **factores** que influyen en la calidad de aire y en el confort de la instalación:

- Variación de las magnitudes físicas del aire.
- Ruidos.
- Factores exógenos y endógenos de calidad del aire.

Estos efectos pueden ser:

7.1. Factores que influyen en la calidad del aire debido a los conductos

a) Variaciones de temperatura y humedad

La red de conductos trata de conseguir que el aire tratado llegue al local a acondicionar con la temperatura y humedad fijados en proyecto. Este aire proveniente de la máquina de aire acondicionado, circula con unas características de temperatura y humedad diferentes a las del ambiente a acondicionar, por lo que existirá una transferencia de calor (no deseada) a través de las paredes del conducto de aire acondicionado.

Esta transferencia de calor será tanto mayor cuanto menor sea el aislamiento utilizado en los conductos (Gráfico 1).

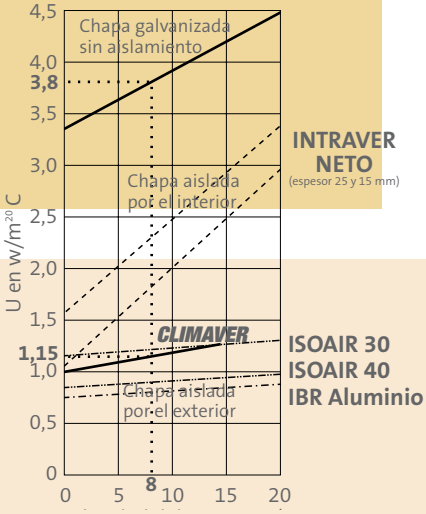


Gráfico 1: Obtención del coeficiente U de transmitancia térmica para distintos tipos de conductos.
Fuente: ASHRAE Fundamentals.

A esta transferencia de calor no deseada hay que añadir las pérdidas energéticas debidas a las filtraciones de aire tratado a través de las juntas de los conductos de aire acondicionado.

Las pérdidas energéticas en una red de conductos debido al flujo de calor a través de las paredes y a las filtraciones de aire en las uniones del conducto se ilustran en la Tabla 2.

El efecto de estas pérdidas energéticas a través de los conductos de aire acondicionado es doblemente negativo, puesto que por un lado, repercute en un mayor consumo energético (la máquina deberá aportar un caudal extra para compensar las pérdidas) y por otro lado, significa que el caudal de aire, que en su paso a través de la red de conductos, ha ido perdiendo sus características higrométricas originales, llegará al local a acondicionar con unas características diferentes a las de proyecto.

La **solución** pasa irrevocablemente por conseguir un **aislamiento térmico** eficaz en la red de conductos, construyendo los conductos a partir de paneles de material aislante, como en el caso de ***CLIMAVER***. Otra solución es añadir un material aislante (manta de lana de vidrio), si se parte de un conducto construido a partir de materiales sin estas características intrínsecas.

Tabla 2. Pérdidas energéticas según el tipo de conductos.
Fuente: Ensayo NAIMA 1998

Pérdidas energéticas en instalaciones de conductos				
Tipo concepto	Chapa (sin sellar)	Chapa (sin sellar) + manta de 15 mm de espesor (tipo Intraver Neto 15)	Chapa (sin sellar) + manta de 55 mm de espesor (tipo IBR Al)	Conducto de lana de vidrio (tipo ***CLIMAVER***)
Filtraciones: - Volumen (m^3/h) - Energía (Kwh)	 223 1,28	 223 1,28	 223 1,28	 28 0,19
Paredes: - U ($W/h \cdot m^2$) - Energía (Kwh)	 3,70 1,66	 2,10 0,97	 0,80 0,35	 1,10 0,57
Total pérdidas energéticas (Kwh)	2,94	2,25	1,63	0,76

b) Condensaciones

Otra característica muy importante relacionada con un correcto aislamiento térmico de los conductos, pasa por la presencia o no de condensaciones en los conductos (ver capítulo 2).

Una de las condiciones de partida de proyecto debe ser la total ausencia de condensaciones en la red de conductos, puesto que éstas pueden dar lugar a un caldo de cultivo para bacterias u hongos. En este sentido, los conductos ***CLIMAVER*** no contribuyen al desarrollo o proliferación de mohos.

Para constatar este hecho, se han realizado ensayos en laboratorio homologado, siguiendo la Norma Europea UNE-EN 13403, los cuales demuestran que los conductos ***CLIMAVER*** no constituyen sustrato para desarrollo o proliferación de mohos.

En este ensayo, se toman dos muestras de conducto de lana de vidrio de dimensiones 102 mm x 102 mm x 25 mm, y se depositan mohos y esporas de pan en puntos concretos, sobre cada cara de estas muestras. A continuación se colocan las muestras así tratadas, junto con una muestra sin tratar en una cámara climática acondicionada a temperatura ambiente y saturada en vapor de agua.

Se observa periódicamente el estado de las muestras, detectando si existe crecimiento de mohos o esporas, o si se desintegran. Si no se da ninguna de estas dos situaciones, se mantiene en la cámara durante 60 días. Pasado este tiempo se estudia si hay extensión del moho, deterioro de la estructura o abertura de juntas en el material.

En el caso de los paneles de lana de vidrio ensayados, los resultados obtenidos en todas las muestras ensayadas fueron idénticos:

- No existe deterioro de la estructura del panel ni aberturas de juntas
- No se observa crecimiento del moho fuera de la zona inoculada.

Así pues, las conclusiones del ensayo son claras: las muestras cumplen con los requisitos de la norma UNE-EN 13403, pues el moho inoculado no se extiende, la estructura no se deteriora y las juntas no se abren, por lo que se concluye la **no proliferación de mohos en conductos de lana de vidrio.**

c) Desequilibrios de presión

El transporte de fluidos supone admitir unas pérdidas de carga, por la acción combinada para cada fluido de los siguientes factores:

- Rozamiento del fluido con las paredes del conducto: función del régimen de flujo, de la geometría y rugosidad de la cara interna.
- Pérdidas dinámicas: por variación de la geometría y/o dirección del flujo.

Para que la difusión sea correcta, las bocas de los conductos deben de tener una sección correctamente definida, con una velocidad media de aire dada y una presión estática equilibrada.

Diseños inadecuados de redes de conductos, o defectos en la ejecución material y en el equilibrado de presiones, producirán unas condiciones de confort inadecuadas sobre las previstas, lo que producirá una descompensación de las cargas térmicas en los locales a acondicionar y, en una parte de los mismos, un aporte insuficiente de aire de renovación, con las consecuencias que esto implica en el bienestar de los usuarios.

d) Ruido en la red de conductos y Atenuación Acústica

Otro aspecto no material en el que los conductos pueden jugar un papel fundamental es la atenuación acústica del ruido, proveniente tanto de la instalación de climatización en sí (unidades de tratamiento, ventiladores, flujo de aire en el conducto, difusores...), como de los ruidos de "transmisión cruzada", que son los producidos en un local y transmitidos a otros adyacentes vía el sistema de conductos.

Entendiendo el ruido como un sonido no deseado, es evidente que conseguir atenuar el ruido redundará en una mayor calidad del ambiente interior.

Para ello, **se deben instalar conductos con un alto coeficiente de absorción acústica** (conductos de lana de vidrio), o bien recubrir el interior del conducto con este tipo de material. Con la primera solución, podemos conseguir atenuaciones muy elevadas.

Como puede observarse en Tabla nº 3 la atenuación acústica por metro lineal de red de conductos, según cual sea la solución escogida, es tremendamente importante. Los valores mostrados en la Tabla nº 3 son los valores obtenidos en ensayos reales realizados en el CSIC, Instituto de Acústica.

Se puede observar que la atenuación acústica en conductos ***CLIMAVER*** Neto, es del orden de 20 veces superior en las frecuencias significativas de una instalación de aire acondicionado, a la atenuación obtenida por un conducto de chapa aislado por el exterior. Es decir, necesitaríamos hasta 20 metros de conducto de chapa para obtener la misma atenuación acústica que se obtendría en un solo metro de conducto ***CLIMAVER*** Neto.

En el caso de utilizar conductos revestidos interiormente con aluminio (***CLIMAVER*** Plus R), la atenuación acústica sigue siendo un orden de magnitud superior (siempre más de 10 veces superior) a la obtenida con las soluciones de conductos de chapa, mostrando sus grandísimas cualidades desde el punto de vista acústico.

e) Factores exógenos y endógenos de calidad de aire

Es un hecho bien conocido por los profesionales que se dedican al control y al mantenimiento de las instalaciones de aire acondicionado, la presencia de depósitos de suciedad en zonas del interior de los conductos.

El origen de esta suciedad que finalmente ha terminado depositada en el interior del conducto puede ser muy variado. Entre las causas, podemos encontrar desde la suciedad producida en el montaje de la instalación (recogiendo polvo, tierra o restos de otros materiales de construcción), hasta los depósitos de suciedad debidos a una toma de aire exterior contaminada unido a un incorrecto filtrado de este aire exterior.

No obstante, también debido al uso diario del edificio, puede acumularse suciedad en el interior del conducto. En este sentido el propio sudor de las personas que habitan en el local acondicionado, el humo del tabaco o de las cocinas, e incluso todas las fibras que se desprenden de moquetas, alfombras o cortinas, pueden terminar depositándose en los conductos de aire acondicionado, ensuciando el conducto, y pudiendo llegar a deteriorar la calidad del aire interior. Asimismo, el aire exterior aporta una cantidad variable de materia orgánica e inorgánica, que penetra en el sistema de conductos. Si no disponemos de un sistema de tratamiento de aire adecuado, una parte de este

aire será introducida en los locales y otra se depositará en la vías de transporte, en este caso, la red de conductos.

Cabe recalcar, para contrastarlo con los argumentos otras veces más alarmistas, que según un estudio de la empresa Health Building International sobre un total de 11 millones de metros cuadrados de conductos, solo un 10% de las quejas relacionadas con una incorrecta calidad del aire interior tienen su origen en la contaminación en el interior de los conductos.

Operaciones de mantenimiento	76%
Filtrado Ineficiente	56%
Ventilación Insuficiente	54%
Mala distribución del aire	21%
Contaminación interior de conductos	12%

No obstante, y atendiendo a esta casuística, es evidente que debe diseñarse la red de conductos con la previsión de una futura limpieza de los mismos. En concreto, el RITE menciona que debe efectuarse la limpieza de las redes de conductos una vez terminado su montaje, y según las directrices de la norma UNE 100012.

Asimismo, se debe de garantizar una limpieza inicial de los mismos, antes de la puesta en funcionamiento del edificio. Durante el periodo de funcionamiento, además de una tasa de renovación de aire adecuada, son necesarios filtros eficientes y aplicar unas condiciones de limpieza y mantenimiento de la instalación adecuadas.

7.2. Mantenimiento de instalaciones

El RITE, en lo que se refiere al mantenimiento de las instalaciones, establece un programa de mantenimiento preventivo de la instalación, distinguiendo para la perioricidad de las operaciones de mantenimiento entre instalaciones con potencia mayor o menor de 70 kW.

Se adjunta a continuación una tabla con las operaciones de mantenimiento, así como su periodicidad, relativas a los conductos y elementos afines de las instalaciones que aparece en el apartado ITE 08.1.3., titulado “Operaciones de mantenimiento”:

Operación	Periodicidad	
	≤ 70 kW	> 70 kW
1. Limpieza de los evaporadores	t	t
2. Limpieza de los condensadores	t	t
3. Drenaje y limpieza de circuito de torres de refrigeración	t	2 t
4. Comprobación de la estanqueidad y niveles de refrigerante y aceite en equipos frigoríficos	t	m
5. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas	t	2 t
6. Comprobación y limpieza, si procede, de conductos de humos de chimenea	t	2 t
7. Limpieza del quemador de la caldera	t	m
8. Revisión del vaso de expansión	t	m
9. Revisión de los sistemas de tratamiento de agua	t	m
10. Comprobación de material refractario	—	2 t
11. Comprobación de estanqueidad de cierre entre quemador y caldera	t	m
12. Revisión general de calderas de gas	t	t
13. Revisión general de calderas de gasóleo	t	t
14. Comprobación de niveles de agua en circuitos	t	m
15. Comprobación de estanqueidad de circuitos de tuberías	—	t
16. Comprobación de estanqueidad de válvulas de interceptación	—	2 t
17. Comprobación de tarado de elementos de seguridad	—	m
18. Revisión y limpieza de filtros de agua	—	2 t
19. Revisión y limpieza de filtros de aire	t	m
20. Revisión de baterías de intercambio térmico	—	t
21. Revisión de aparatos de humectación y enfriamiento evaporativo	t	m
22. Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	t	2 t
23. Revisión de unidades terminales agua-aire	t	2 t
24. Revisión de unidades terminales de distribución de aire	t	2 t
25. Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	t	t
26. Revisión de equipos autónomos	t	2 t
27. Revisión de bombas y ventiladores	—	m
28. Revisión del sistema de preparación de agua caliente sanitaria	t	m
29. Revisión del estado del aislamiento térmico	t	t
30. Revisión del sistema de control automático	t	2 t
31. Revisión de aparatos exclusivos para la producción de agua caliente sanitaria de potencia térmica nominal ≤24,4 kW	4a	—
32. Instalación de energía solar térmica	*	*
33. Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido	s	s
34. Apertura y cierre del contenedor plegable en instalaciones de biocombustible sólido	2t	2 t
35. Limpieza y retirada de cenizas en instalaciones de biocombustible sólido	m	m
36. Control visual de la caldera de biomasa	s	s
37. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas y conductos de humos y chimeneas en calderas de biomasa	t	m
38. Revisión de los elementos de seguridad en instalaciones de biomasa	m	m

*s: una vez cada semana; m: una vez al mes, la primera al inicio de la temporada; t: una vez por temporada (año); 2 t: dos veces por temporada (año), una al inicio de la misma y otra a la mitad del período de uso, siempre que haya una diferencia mínima de 2 meses entre ambas; 4 a: cada 4 años; *: el mantenimiento de estas instalaciones se realizará de acuerdo con lo establecido en la Sección HE4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria" del Código Técnico de la Edificación.*

7.3. Limpieza de conductos

Este apartado está basado en 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 la Asociación Norteamericana de Fabricantes de Aislamiento (NAIMA).

El procedimiento para la operación de limpieza de los conductos se desglosa en:

- Inspección del sistema de aire acondicionado y evaluación para determinar si existe necesidad de limpiar los conductos y, en caso positivo, acciones a seguir.
- En caso necesario, apertura de los conductos para su limpieza.
- Métodos de limpieza.
- Cierre de los conductos después de la limpieza, inspección final y puesta en funcionamiento.

a) Inspección de la instalación.

La limpieza de la red de conductos puede ser costosa e ineficaz para resolver el problema de la calidad del aire interior si la fuente de la contaminación está en otra parte. Por esa razón, antes de tomar la decisión de limpiar los conductos, deben de investigarse completamente todas las causas potenciales del problema, realizando un chequeo total del ambiente interior y de la instalación de aire acondicionado en el caso de que este análisis nos dirija hacia la misma.

Una lista guía de comprobaciones puede ser:

- ¿Cuáles son los síntomas? Debe de estudiarse si las reacciones de los ocupantes provienen de la temperatura, el polvo, el aire viciado, olores...Debe de analizarse el tipo de reacción que produce.
- ¿Dónde y cuándo se produce el problema? Se determinará si éste es localizado o general, para tratar de detectar la fuente de contaminación.
- ¿Cuál es el estado de mantenimiento del edificio?
- ¿Cómo es la distribución del aire? ¿Es eficaz y contempla un adecuado retorno del aire?
- ¿Funcionan correctamente las unidades de tratamiento del aire? Se inspeccionaran los equipos para determinar si las baterias de calor y frio, los filtros y los sistemas de humectación funcionan correctamente y tienen un mantenimiento adecuado. Especial relevancia tiene la existencia de humedad excesiva.
- ¿Qué sucede con el aire exterior? ¿Están correctamente situadas las tomas de aire exterior? ¿Es adecuada la filtración del mismo?
- ¿Y el aire interior? ¿Existen fuentes de contaminación interna anómalas?
- ¿Qué sucede con el inmueble? Debe de verificarse si el uso que se está haciendo de él es compatible con su diseño inicial. Es importante comprobar que los materiales decorativos, el mobiliario y los equipos de trabajo (fotocopiadoras, impresoras...) no constituyan una fuente de contaminación excesiva, o en su caso, que esté previsto el tratamiento de dicha contaminación.

Aunque los problemas de calidad del aire interior son atribuibles con frecuencia a algunas de las causas mencionadas anteriormente, los conductos contaminados también pueden ser fuente de problemas, por lo que debe realizarse una inspección cuidadosa del interior de los conductos. No obstante deben tenerse en cuenta dos puntos:

- El moho no se desarrolla en los conductos, a no ser que se den unas condiciones determinadas y conjuntas de humedad y suciedad.
- Generalmente se deposita una capa de polvo sobre las superficies interiores (en contacto con el flujo de aire) de todos los tipos de conductos, incluidos los metálicos. Esto no debe de considerarse un problema. No obstante, si la inspección del conducto revela la presencia de polvo, y no en una delgada capa, es hora de proceder a la limpieza de los conductos, según los criterios de la norma UNE 100012.

Protección personal

El sistema de climatización debe estar parado para la inspección del circuito.

Deberán tomarse precauciones para evitar la exposición de los ocupantes a la contaminación, que podría desprenderse durante el trabajo de inspección.

Debe evitarse también la exposición de los trabajadores a los contaminantes de los conductos. Deberán llevar guantes, protección ocular de seguridad de seguridad, blusa de manga larga y mascarilla.

Operaciones de inspección detalladas

Son las siguientes:

- Verificar si el aire está siendo correctamente distribuido por todos los espacios ocupados del edificio.
- Inspeccionar el equipo de filtración de aire.
- Inspeccionar los serpentines de refrigeración.
- Verificar los equipos centrales de calor y refrigeración (incluyendo humidificadores).

El acceso al interior de los conductos con propósitos de inspección deberá efectuarse a través de aperturas ya existentes, tales como puertas de acceso, y de aperturas de rejillas y registros.

Efectuar un reconocimiento ocular del interior de los canales de impulsión y de retorno, mediante aperturas de inspección colocadas a intervalos apropiados a lo largo de la longitud del conducto. Donde se detecte el desarrollo de moho o de cualquier materia extraña, recoger muestras para su análisis.

Las aperturas de inspección deben cerrarse antes de que empiece la limpieza del conducto.

El resultado de la inspección debe de ser contrastado cuidadosamente con los planos del circuito de climatización, para determinar en qué partes del conducto y con qué intensidad hay que efectuar la limpieza.

b) Apertura de conductos

Según el RITE debe instalarse aperturas de servicio en las redes de conductos para facilitar su limpieza; las aperturas se situarán según lo indicado en la UNE-ENV 12097.

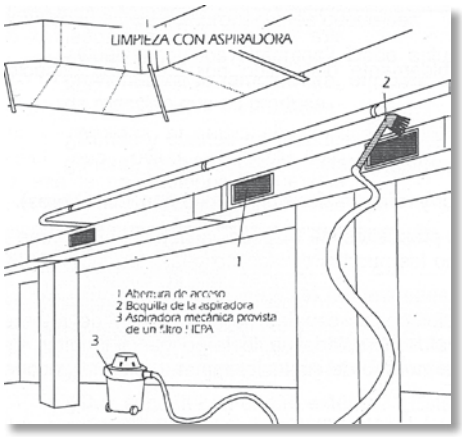
Independientemente del tipo de construcción y aislamiento del conducto, es importante que las aperturas para acceder a la limpieza se hagan de tal forma que, cuando la limpieza se haya completado y cerrado las aperturas, éstas queden perfectamente estancas.

EL RITE INDICA: "LAS REDES DE CONDUCTOS DEBEN ESTAR EQUIPADAS CON APERTURAS DE SERVICIO DE ACUERDO A LO INDICADO EN LA NORMA UNE-EN 12097 PARA PERMITIR LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN".

c) Métodos de limpieza de conductos

Existen varios métodos usados para la limpieza de los conductos con aislamiento interior. Los tres más empleados y que se consideran más eficaces son descritos brevemente en este manual. Estos métodos son:

- Aspiración por contacto.
- Limpieza por aire a presión.
- Limpieza por aire a presión con cepillado.



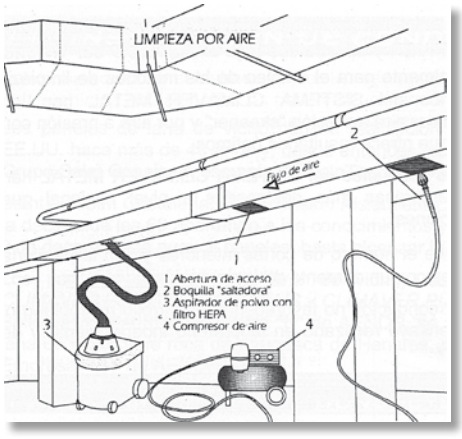
Método de aspiración por contacto

La limpieza convencional por aspiración de la superficie interior de los conductos, realizada a través de aberturas practicadas en los mismos, es satisfactoria en la medida en que se haga con un cuidado razonable. El riesgo de dañar las superficies es mínimo. Sólo debe usarse el equipo de aspiración HEPA (recuperador de partículas de alta eficiencia) si la descarga del aire se hace en el interior de espacios ocupados. Los equipos convencionales de aspiración de polvo pueden liberar en la atmósfera partículas extremadamente finas, en lugar de recogerlas.

La aspiración directa requerirá, por lo general, aperturas de acceso más grandes que si se utilizan los otros métodos, para permitir que los equipos de limpieza alcancen hasta el último rincón del conducto. La separación entre las aperturas dependerá del tipo de equipo de aspiración utilizado y de la distancia que hay que alcanzar desde la abertura.

La cabeza de la aspiradora se introduce en el conducto por la apertura más cercana al inicio de la red de conductos (UTA). Seguidamente, se pone en marcha la máquina. La aspiración continuará siguiendo el curso de la corriente de aire, lo suficientemente despacio para permitir que la aspiradora vaya recogiendo toda la suciedad.

Método de limpieza por aire a presión



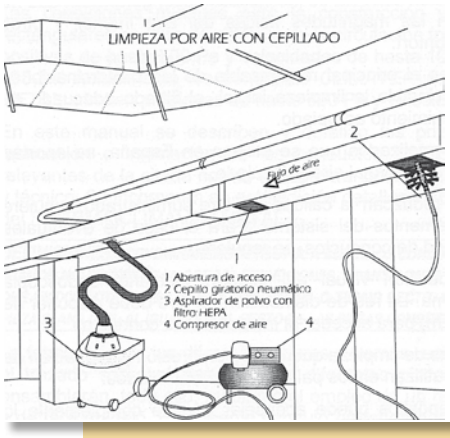
Se conecta un dispositivo colector de polvo por aspiración en una apertura del conducto, situada en un punto extremo, aguas abajo del mismo. Se recomienda que la zona aislada del circuito de conductos que se está limpiando tenga una presión estática mínima de 25 mm. c.a., para asegurar un transporte correcto del material desprendido. Por medio de una manguera, provista en su extremo por una boquilla "saltadora", se introduce aire comprimido en el interior del conducto.

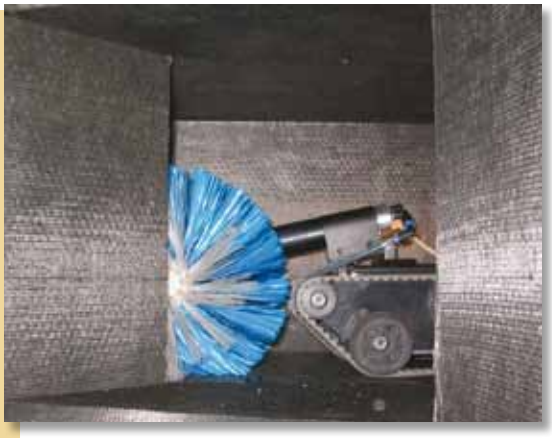
Esta boquilla está diseñada de manera que el aire comprimido la impulse a lo largo del interior del conducto. De esta forma se desalojan los residuos, que al flotar en el aire son arrastrados corriente abajo del conducto y son extraidos del mismo por la acción del equipo de aspiración de polvo. La fuente de aire comprimido debe de ser capaz de producir entre 11 kg/m^2 y 13,5 kg/m^2, y tiene que tener una cubeta colectora de 70 litros, para que el método de lavado por aire sea efectivo.

Método de limpieza por aire a presión con cepillado

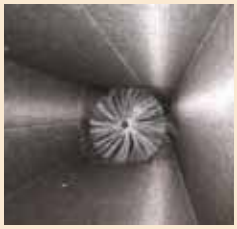
Como en el sistema de limpieza por aire, se conecta un dispositivo de aspiración de polvo en el punto más extremo, aguas abajo del conducto a traves de una abertura. Para desalojar la suciedad y las partículas

de polvo que luego estarán suspendidas en el aire, se usan unos cepillos rotatorios, movidos eléctrica o neumáticamente. Las partículas de suciedad son arrastradas en la dirección de la corriente del aire por el interior de los conductos, siendo evacuadas por el aspirador de polvo.





El cepillado mecánico requerirá, normalmente, mayores aberturas de acceso que en el método anterior; sin embargo, se necesitará un número de aberturas menor. Hay cepillos mecánicos capaces de alcanzar hasta 7 m en ambas direcciones de la apertura.



***CLIMAVER** NETO HA SIDO ENSAYADO POR LOS MÉTODOS MÁS AGRESIVO DE LIMPIEZA, CON RESULTADOS POSITIVOS, COMO CERTIFICA AELSA (ASOCIACIÓN ESPAÑOLA LIMPIADORA DE INSTALACIONES).*

Para información sobre limpieza de conductos, contactar:

AELSA
C/ Capitán Haya, 47 - 9ª planta, oficina 905
28020 Madrid
Tlfno.: 91 572 05 15 - Web: www.aelsa.es

Resumen/Conclusiones

- Un diseño adecuado y una ejecución correcta de las instalaciones, garantizan que no existirán problemas que alteren las magnitudes físicas del aire interior y otros aspectos adicionales ligados al confort.
- La suciedad en los conductos es el principal responsable de la contaminación endógena del aire, lo que hace imprescindible la limpieza inicial, el filtrado adecuado de todo el aire circulante y un mantenimiento apropiado.
- Los materiales de conductos normalizados que se utilizan en España no aportan unos contaminantes en grado significativo al aire conducido por la red de conductos.
- La detección de problemas que reduzcan la calidad del aire suministrado, requiere una inspección de todos los elementos del sistema. Para el caso de eventuales depósitos de polvo en cualquier red de conductos, se requiere:
  - Un sistema de inspección visual del interior, mediante endoscopia luminosa u otro sistema. La red de distribución de aire debe de disponer de compuertas (cada 10 m) para acceder al interior de los conductos.
  - Algunos de los sistemas de limpieza que combinan presión y aspiración de aire.

8. los conductos de climatización: comparativa técnico-económica

LA SELECCIÓN ADECUADA DE LOS MATERIALES con los que construir los conductos para una red de distribución, presenta aspectos diferenciados:

- **Aspectos técnicos,** por los cuales se deben utilizar sólo aquellos materiales contrastados que sean capaces de cumplir las funciones previstas, y que conduzcan el aire en condiciones idóneas hasta los puntos de difusión.
- **Aspectos económicos,** tanto desde el punto de vista de la inversión necesaria en materiales a instalar y en su propia instalación, como en los costes de funcionamiento asociados a las características de la red.

Este último aspecto económico, adquiere cada día más relevancia para el usuario de la instalación, ya que ésta debe considerarse como una inversión productiva, y como tal, el usuario tiene derecho a que la instalación se realice con criterios económicos, que contemplen tanto la inversión como los costes de funcionamiento. A esto hemos de añadir el encarecimiento progresivo de la energía eléctrica y la necesidad para el medioambiente de minimizar su consumo.

El objetivo final de una instalación de climatización no es otro que alcanzar unos estándares suficientes de confort ambiental para los usuarios del edificio.

En este sentido, las condiciones físico-químicas del aire son importantes (temperatura, humedad relativa, pureza del aire, etc.), pero no debe olvidarse el aspecto del ruido, ya que toda la red de conductos es una vía transmisora de este contaminante ambiental.

El estudio que se presenta a continuación, tratará de dar respuesta a estos problemas, considerando las soluciones más adecuadas con respecto a los materiales que componen los conductos.

8.1. Bases del estudio

Al final del siglo pasado, los técnicos estadounidenses observaron que existían frecuentes diferencias entre los cálculos teóricos del consumo energético de los proyectos y los resultados reales de las instalaciones, para mantener un grado de confort determinado.

Estas diferencias se traducían habitualmente en un consumo energético más elevado que el previsto. Una investigación sobre más de 1000 edificios en Estados Unidos, demostró desvíos de entre un 10% y un 12% en los consumos, estableciéndose que, en gran medida, el origen del problema estaba en los conductos, a causa de las filtraciones de aire y la ausencia de aislamiento térmico en los mismos.

En 1990, la asociación TIMA (Termal Insulation Manufacturers Association) presentó los resultados de un estudio con el fin de determinar, por un método comparativo y exacto, cuáles eran las pérdidas en conductos geométricamente iguales y trabajando en las mismas condiciones, aplicado a los distintos tipos de materiales utilizados en Estados Unidos. Estos estudios han sido confirmados posteriormente, por NAIMA (North American Insulation Manufacturers Association).

De esta manera, se establecieron las pérdidas energéticas por filtración de aire y de transmisión de calor, en función de los materiales, tipos de montaje y grados de aislamiento térmico.

8.2. Estudio técnico-económico para España

Basado en las condiciones anteriores y en los datos de los estudios realizados, se ha realizado una adaptación para el mercado español.

Se han considerado:

- Conductos de igual geometría: sección rectangular de 900x450 mm y longitud total de 15 m.
- Presión de diseño: 250 Pa.
- Velocidad del aire: 6 m/s.
- Diferencia de temperatura entre el aire tratado y el aire ambiente: 13,7 °C (ciclo de verano).

8.3. Materiales considerados

Son los siguientes:

- Conducto de chapa galvanizada, sin sellado de juntas (sin juntas tipo “METU”).
- Conducto de chapa galvanizada, sin sellado de juntas, recubierto interiormente por un producto de lana de vidrio termo-acústico, de 15 mm. de espesor (nombre comercial: Intraver Neto).
- Conducto de chapa galvanizada, sin sellado de juntas, aislado exteriormente por un producto de lana de vidrio termo-acústico de 55 mm. de espesor (nombre comercial: IBR Aluminio).
- Conducto autoportante de lana de vidrio termo-acústico, revestido por ambas caras con un complejo de aluminio visto, sellado exteriormente con una banda de aluminio autoadhesiva (nombre comercial: ***CLIMAVER*** Plus R).
- Conducto autoportante de lana de vidrio termo-acústico, revestido en su cara interior con un tejido de vidrio de alta resistencia mecánica y en su cara exterior con un complejo de aluminio visto, sellado exteriormente con una banda de aluminio autoadhesiva (nombre comercial: ***CLIMAVER*** Neto).

8.4. Pérdidas en las Instalaciones

En el Cuadro I, se encuentran representados los resultados de las pérdidas para cada una de las instalaciones descritas, tanto las filtraciones como las pérdidas térmicas por las paredes del conducto, en función del aislamiento térmico existente.

Cuadro I. Pérdidas térmicas por diferencia de temperatura y por filtración

		Metal sin sellar	Metal sin sellar con Intraver N	Metal sin sellar con IBR Aluminio	Climaver Neto o Plus R
Filtraciones total instalación	m^3/h	365	365	365	46
U (transmitancia térmica)	W/m^2 °C	3,60	2,10	1,20	1,10
Pérdida por diferencia de temperatura	kWh/m^2	0,60	0,35	0,20	0,18
Pérdidas por filtraciones	kWh/m^2	0,51	0,51	0,50	0,06
Pérdidas totales	kWh/m^2	1,12	0,86	0,70	0,25

Para la velocidad de aire prevista (6 m/s) y el tipo de material de conducto resultan los coeficientes U ($W/m^2 \cdot K$) de transmitancia térmica, indicados en el cuadro I.

8.5. Valoraciones Económicas

En el cuadro II podemos ver la comparativa económica de las inversiones que representarían las instalaciones de conductos como las indicadas, con el sobrecoste de funcionamiento que suponen las pérdidas calculadas y el periodo de payback.

El estudio se ha realizado a mediados de 2006 en Madrid, por lo que los datos de costes, de inversión y de funcionamiento de la instalación, se centran en esas coordenadas. El método de cálculo es válido, siempre y cuando se actualicen los valores económicos en el tiempo y se tenga en cuenta la zona geográfica a estudiar.

Sobre los datos que aparecen en el cuadro II, debemos añadir lo siguiente:

1. Inversiones

Cada una de las cantidades se ha obtenido como promedio de varios datos de mercado real, para instalaciones de entre 500 y 1000 m^2 de conductos.

2. Costes por pérdidas.

Para establecer un precio real del kWh, se han estudiado dos valores extremos: un gran edificio climatizado, de más de 16000 m^2 de superficie de oficinas y un estudio de 325 m^2.

En ambos casos se ha obtenido el precio real medio del Kwh consumido, según facturas pagadas por el usuario durante un año, resultado un promedio de 0,18 €/kWh, que es el valor aplicado.

El rendimiento energético del sistema, COP, se ha estimado en 2,5. En este sentido, se han reducido los consumos energéticos procedentes del cuadro I.

3. Payback.

Como base de comparación del estudio americano, se toma, de entre todos los tipos de conductos que se utilizan, el conducto de chapa metálica desnudo y sin sellado de juntas. También en el

presente estudio, tomaremos como base el conducto de chapa desnudo y sin sellado de juntas. Así, el payback obtenido, equivale a las horas de funcionamiento que deben transcurrir para que se compense, por menor sobrecoste de funcionamiento, el mayor coste de inversión de otros sistemas de conductos.

La particularidad del mercado español consiste en que los conductos ***CLIMAVER***, son (tanto para el Neto como para el Plus) de menor coste de instalación que el de chapa metálica de referencia, además de tener un sobrecoste de funcionamiento más bajo que éste. Todo ello supone un payback menor que cero, o lo que es lo mismo, *es la instalación más barata de inversión y con más bajo sobrecoste de funcionamiento*.

Es interesante precisar que, en comparación con el conducto de chapa metálica, cualquier otra instalación tiene un sobrecoste de funcionamiento más bajo, por lo que una vez alcanzado el payback, se tendrá siempre un ahorro proporcional al tiempo de funcionamiento.

		Metal sin sellar	Metal sin sellar con Intraver Neto	Metal sin sellar con IBR Aluminio	Climaver
Coste instalación conductos	€	810	1417,5	1215	688,5
Sobrecoste funcionamiento	€/día	8,14	6,30	5,09	1,81
Payback (día)		base	96,42	79,61	—
Payback (horas)			5785,07	4776,83	—

Las **conclusiones** de este estudio son claras:

- ***CLIMAVER*** tanto Neto como Plus R, es, un sistema de conductos con menor coste de instalación y de mantenimiento que cualquiera de los sistemas basado en conductos de chapa.
- Los sistemas basados en conductos de chapa aislada necesitan periodos elevados de funcionamiento para compensar la inversión inicial. En cualquier caso, conllevan costes de funcionamiento mayores que los sistemas de conductos ***CLIMAVER***.

8.6. Reducción del ruido

Los conductos de climatización representan una vía de transmisión de dos tipos de ruido:

- Los propios de la instalación, a causa de elementos en movimiento (unidades de tratamiento de aire, ventiladores, flujo de aire en los conductos, etc.).
- Los de "transmisión cruzada", producidos en un local y transmitidos a otros adyacentes por el sistema de conductos.

El material del conducto juega un papel esencial en la atenuación acústica de los ruidos, ya que está asociado al coeficiente de absorción acústica del conducto.

Por tanto, para la geometría de conductos que se estudia, las atenuaciones acústicas específicas por unidad de longitud (dB/m), están representadas en el cuadro III para cada material, para un conducto de 500 x 400 mm.

TIPO	ATENUACIÓN ACÚSTICA (dB/m)				
F (Hz)	125	250	500	1000	2000
Metálico	0,07	0,07	0,19	0,19	0,1
Metálico + Intraver Neto (15 mm)	0,14	0,18	0,23	1,28	2,8
Metálico +IBR Aluminio	0,14	0,14	0,38	0,38	0,2
CLIMAVER PLUS R	0,99	0,99	0,99	4,62	3,58
CLIMAVER NETO	1,36	4,62	5,17	8,80	9,45

NOTA: Los valores de α correspondientes al producto CLIMAVER, superan el valor de "1" para algunas frecuencias, en los resultados de ensayo en laboratorios oficiales. No obstante, en la aplicación práctica se toma el valor de "1" como valor máximo de cálculo.

En el cuadro podemos ver que los conductos metálicos desnudos no tienen prácticamente atenuación acústica. Esta aumenta claramente cuando existe un revestimiento interior de lana de vidrio (por ejemplo, con Intraver Neto).

Para alcanzar valores importantes de atenuación acústica, debemos instalar conductos de la gama ***CLIMAVER***. En este estudio se presentan dos productos de la gama apropiados para este caso: ***CLIMAVER*** Plus R y, especialmente, ***CLIMAVER*** Neto, ya que bastan solo unos pocos metros de este conducto para apreciar la atenuación.

Resumen/Conclusiones

Por todo lo expuesto en este capítulo, puede afirmarse que, en el aspecto técnico, los conductos de lana de vidrio ***CLIMAVER*** Neto y ***CLIMAVER*** Plus R poseen las mayores ventajas, por sus menores pérdidas energéticas por filtraciones y transmisiones de calor, por su menor coste de instalación y por aportar las mejores propiedades en cuanto a atenuación acústica para la reducción del ruido.

Nota: Si utilizamos el Sistema ***CLIMAVER*** Metal con conductos ***CLIMAVER***, las características técnicas de los conductos tendrán una calidad técnica de aislamiento térmico y acústico similar a la mencionada. En cuanto a la valoración económica, deberemos añadir al coste de montaje del conducto ***CLIMAVER***, el coste de los perfiles Perfiver H y la mano de obra de su montaje.

9. instalación de conductos

LOS PANELES DE LANA DE VIDRIO PARA LA REALIZACIÓN DE CONDUCTOS fueron desarrollados en EE.UU. hace más de 40 años y, desde entonces, se fabrican por una de las sociedades del Grupo Saint Gobain en ese país (CertainTeed Corp.).

SAINT-GOBAIN CRISTALERIA, S.A., División Aislamiento, productor de lana de vidrio y de lana de roca, fabrica este tipo de paneles desde el año 1967 bajo la marca comercial ***CLIMAVER***®. Las características de resistencia, flexibilidad, cohesión y ligereza de la lana de vidrio ISOVER, la califican como material idóneo para estos paneles de alta densidad.

Los paneles canteados de lana de vidrio ***CLIMAVER*** PLUS R, ***CLIMAVER*** PLATA, ***CLIMAVER*** NETO, ***CLIMAVER*** A2..., acreditados con la Marca "N" de AENOR, se fabrican en el Centro de Producción de lana de vidrio y de roca de Azuqueca de Henares, poseedor del Certificado de Registro de Empresa "ER" de AENOR.

9.1. Introducción

Características de la gama *CLIMAVER*

Paneles rígidos de lana de vidrio aglomerada con resinas termoendurecibles. Una de sus caras, la que constituirá la superficie externa del conducto, está recubierta de un revestimiento que actúa de barrera de vapor y proporciona estanqueidad al conducto. La otra cara, la interior del conducto, puede aparecer con revestimiento de velo de vidrio, de revestimiento de aluminio o con tejido neto.

Aplicaciones

Construcción de conductos para la distribución de aire en instalaciones de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

DIMENSIONES DEL PANEL		
Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (mm)
3	1,19	25

Los diferentes tipos de revestimientos y densidades de los paneles de lana de vidrio definen los distintos productos que constituyen la gama ***CLIMAVER.***

GAMA CLIMAVER	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (l) (W/m °C)	Marcas de calidad	CONDICIONES DE TRABAJO MÁXIMAS		
			Presión estática (mm c.a)	Velocidad del aire (m/s)	Temperatura máxima (°C)
PLATA	0,032	N	≤ 50	≤ 12	100
Superficie exterior: lámina de aluminio exterior, Kraft y malla de vidrio textil. Superficie interior: velo de vidrio					
PLUS R	0,032	N	≤ 80	≤ 18	70
Superficie exterior: lámina de aluminio exterior, malla de vidrio textil y Kraft. Superficie interior: revestimiento con lámina de aluminio exterior y Kraft. El canteado «macho» del panel ***CLIMAVER*** PLUS R está rebordeado con este revestimiento.					
NETO	0,032	N	≤ 80	≤ 18	100
Superficie exterior: lámina de aluminio exterior, kraft y malla de vidrio textil. Superficie interior: tejido de vidrio negro de alta resistencia mecánica.					
A2	0,032	N	≤ 80	≤ 18	70
Superficie interior y exterior: lámina de aluminio reforzado por una malla de vidrio textil.					
A2 NETO	0,032	N	≤ 80	≤ 18	70
Superficie exterior: lámina de aluminio reforzada por una malla de vidrio textil. Superficie interior: Tejido de vidrio negro de alta resistencia mecánica.					

En los paneles ***CLIMAVER*** PLUR R y ***CLIMAVER*** A2 el canto macho dispone de un rebordeado interior, que se consigue prolongando el revestimiento de aluminio del panel y adaptándolo a la forma del borde del canto.

En ***CLIMAVER*** Neto y A2 Neto se protege el canto macho del panel, igualmente.

Los paneles ***CLIMAVER*** Neto constituyen uno de los últimos desarrollos en la familia ***CLIMAVER*** y proporcionan los valores más altos de absorción acústica para un conducto.

El Método del Tramo Recto

Una red de distribución de aire por conductos está formada por tramos rectos, donde la velocidad y la dirección del aire no varían, y por figuras, tramos donde el aire cambia de velocidad y/o dirección.

El Método del Tramo Recto, basa la construcción de la red de conductos en la unión de elementos o figuras obtenidos a partir de conductos rectos.

Este método presenta claras ventajas con respecto a otros métodos tradicionales, como, por ejemplo, el método de tapas:

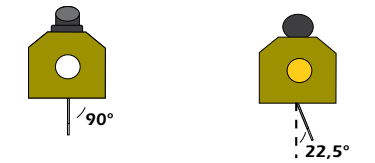
- Mayor precisión
- Resistencia y calidad
- Menores pérdidas de carga
- Mejor acabado
- Menores desperdicios

El Método del Tramo Recto puede utilizarse con cualquiera de los paneles ***CLIMAVER***.

Los paneles ***CLIMAVER***, disponen de un revestimiento exterior exclusivo, con marcado de líneas guía, que facilita el corte de los conductos rectos para la obtención de figuras y elimina riesgos de errores en el trazado.

Las herramientas MTR, realizan el corte de conductos rectos para su transformación en figuras, con los ángulos de corte necesarios. Debido a su especial configuración, realizan un corte limpio y preciso, con la inclinación adecuada a cada caso.

Herramientas MTR



Herramienta punto blanco

Herramienta punto amarillo

En el Método del Tramo Recto son imprescindibles:

- **Cola *CLIMAVER*** especialmente desarrollada para lana de vidrio. Debe emplearse siempre en el montaje. Sirve para sellar y aportar una mayor resistencia de las uniones de las piezas de conducto fabricadas bajo el Método del Tramo Recto.
- **Cinta *CLIMAVER*.** Cinta adhesiva de aluminio para el sellado exterior de los conductos. La cinta incorpora el marcaje de la palabra ***CLIMAVER*** como garantía de calidad y de cumplimiento de los requisitos necesarios para esta aplicación.

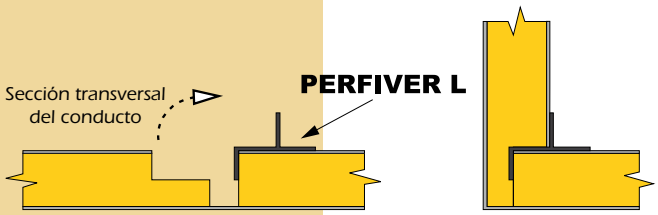
El Sistema *CLIMAVER* Metal®

Las mayores exigencias en aspectos relativos a la calidad del aire interior y de las instalaciones han motivado el desarrollo del nuevo Sistema ***CLIMAVER*** Metal en el que el montaje de los conductos también se basa en el denominado Método del Tramo Recto.

El Sistema ***CLIMAVER*** METAL es una alternativa de montaje que proporciona mayor calidad.

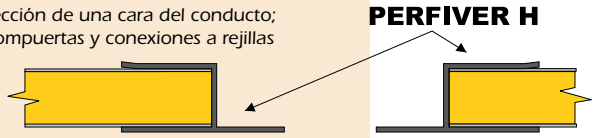
a) Componentes del SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL®

- **PANELES *CLIMAVER*:** El sistema ***CLIMAVER*** METAL puede instalarse con cualquier panel ***CLIMAVER*** excepto ***CLIMAVER*** PLATA.
- **PERFIVER®:** perfilería patentada compuesta por dos tipos de perfiles: PERFIVER L y PERFIVER H.
- **PERFIVER L:** su misión es reforzar y cubrir las juntas longitudinales internas de los conductos.



- **PERFIVER H:** rebordea los cantos del panel de lana de vidrio en las conexiones a unidades terminales (rejillas...), máquinas (juntas elásticas, marcos metálicos...) y compuertas (de inspección, cortafuego...). El perfil PERFIVER H no es exclusivo del Sistema ***CLIMAVER*** Metal.

El perfil Perfiver H no es de uso exclusivo al Sistema ***CLIMAVER*** Metal, sino que tiene aplicación para realización de puertas de acceso y enganches a máquinas para todo tipo de ***CLIMAVER***.



- **Cola *CLIMAVER*.**
- **Cinta *CLIMAVER*.**

b) Ventajas del SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL®

Los conductos del SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL basados en el montaje con el Método del Tramo Recto y compuestos por los elementos indicados en el apartado anterior, han sido desarrollados para añadir a los 12 años de garantía que aportan los paneles de la gama ***CLIMAVER*** cualidades adicionales de resistencia y facilidad de mantenimiento. Los múltiples ensayos a los que se han sometido los conductos del SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL avalan las ventajas que a continuación se mencionan:

- Homologación de los conductos del SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL por empresas de limpieza de conductos de reconocido prestigio y según métodos avanzados de uso extendido a nivel internacional. (Ver «Manual de Conductos de Aire Acondicionado ***CLIMAVER***» para más información.)
- Durabilidad. Los conductos del SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL, han superado satisfactoriamente tests de envejecimiento acelerado basados en múltiples ciclos con variación de temperatura y humedad. El más conocido de estos tests es el FLORIDA TEST (21 ciclos de 8 horas de duración con variaciones de Humedad Relativa de 18% a 98% y de Temperatura de 25 ˚C a 55 ˚C).

- Mayor resistencia mecánica a la presión. Los ensayos realizados bajo la Norma europea EN 13403 y americana UL 181 permiten a los conductos del SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL alcanzar presiones estáticas de 800 Pa (80 mm.c.a.)
- Ensayo de no proliferación de mohos. Los conductos no favorecen el desarrollo de microorganismos ni mohos según se demuestra en el ensayo realizado en laboratorio independiente y de acuerdo con las citadas normas.
- Velocidad de circulación de aire de hasta 18 m/s.
- Elevada absorción acústica.
- Máxima estanqueidad: Al igual que el resto de la Gama ***CLIMAVER***, los conductos del SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL, son los que presentan menores valores de pérdidas por filtraciones.

9.2. Fundamentos de Construcción de Conductos

Los requisitos para la construcción y montaje de sistemas de conductos en lana de vidrio, para la circulación forzada de aire con presiones negativas o positivas de hasta 500 Pa y velocidades de hasta 10 m/s, se recogían hasta el momento en la Norma UNE 100-105-84. Actualmente los conductos ***CLIMAVER*** PLUS R admiten presiones de hasta 800 Pa y velocidades de hasta 18 m/s y sus condiciones de trabajo, características, etc, se recogen en la norma europea EN13403.

DEFINICIONES: denominaremos FIGURA a aquellos conductos de forma especial, es decir, a aquellos tramos no rectos (ej.: codos, reducciones, derivaciones, «pantalones», «r»...) Se denominará PIEZA al elemento que unido a otros da lugar a una figura . Finalmente TAPA es un elemento o pieza plana que, unida a otras, constituye una figura o tramo recto.

La fabricación de las diferentes figuras y tramos rectos de la red de conductos se inicia con el trazado sobre el panel de las diferentes piezas que posteriormente se recortarán y ensamblarán, todo ello, mediante el empleo de un reducido número de herramientas ligeras y de fácil manejo.

El presente manual pretende describir las operaciones a realizar para la correcta instalación de una red de distribución de aire.

Se diferencian claramente dos métodos de fabricación de figuras:

- **Método del Tramo Recto,** es el método recomendado en general e imprescindible para la fabricación de las figuras en el SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL.
- **Método por Tapas** o tradicional, que solamente se aplicará en este manual para el apartado de construcción de reducciones.

Para ambos métodos, la construcción de tramos rectos es la misma. En cambio, las diferencias son notables en lo que se refiere a la fabricación de figuras.

Aunque existen máquinas automatizadas para la fabricación de tramos rectos de conducto, el empleo de herramientas manuales es la forma más usual de fabricación y son imprescindibles para la realización de figuras, sobre todo para el método por tapas.

Para la fabricación de los conductos se requiere:

Material	CLIMAVER PLUS R		SISTEMA CLIMAVER METAL
	MTR	Tapas	
Paneles de lana de vidrio **CLIMAVER PLUS R ®**	√	√	√
Perfilería **PERFIVER L®**	—	—	√
Perfilería **PERFIVER H ®**	—	—	√
Cola CLIMAVER para reforzar las uniones de piezas en la fabricación de figuras	√	—	√
Herramientas MTR	√	—	—
Herramientas CLIMAVER MM	√	√	√
Regla-escuadra CLIMAVER MM	√	√	√
Sierra circular tangencial con aspiración	—	—	√
Cinta CLIMAVER de aluminio autoadhesiva para sellar exteriormente uniones	√	√	√
Un **rotulador,** un **flexómetro,** un **cuchillo de doble filo con una de las puntas roma y una grapadora**	√	√	√

* Cualquier panel CLIMAVER excepto CLIMAVER PLATA.
**Para realización de puertas de acceso y enganches a máquina.

9.2.1. Trazado

Una vez conocidas las secciones y el tipo de elemento o figura de la red de conductos (tramo recto, codo, desvío, etc.), se trazan sobre el panel o tramo recto de conducto las diferentes piezas, se cortan y se ensamblan. Los trazados que aquí se desarrollan, se realizan para las Herramientas ***CLIMAVER*** MM.

La Regla-escuadra ***CLIMAVER*** MM facilita extraordinariamente la realización de tramos rectos.

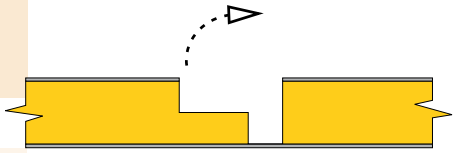
9.2.2. Corte

Se detallan en imágenes posteriores las dimensiones y cortes a considerar en función del tipo de elemento que se va a realizar.

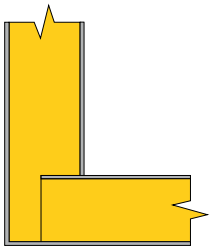
Las Herramientas ***CLIMAVER*** MM utilizan cuchillas de acero de gran calidad y de fácil reposición.

Han sido desarrolladas especialmente para cortar el complejo interior del panel ***CLIMAVER*** PLUS R y sirven para toda la gama.

Realizan acanaladuras en forma de «media madera» para doblar el panel con un ángulo de 90°. Extraen el recorte a medida que se avanza al cortar con la herramienta.

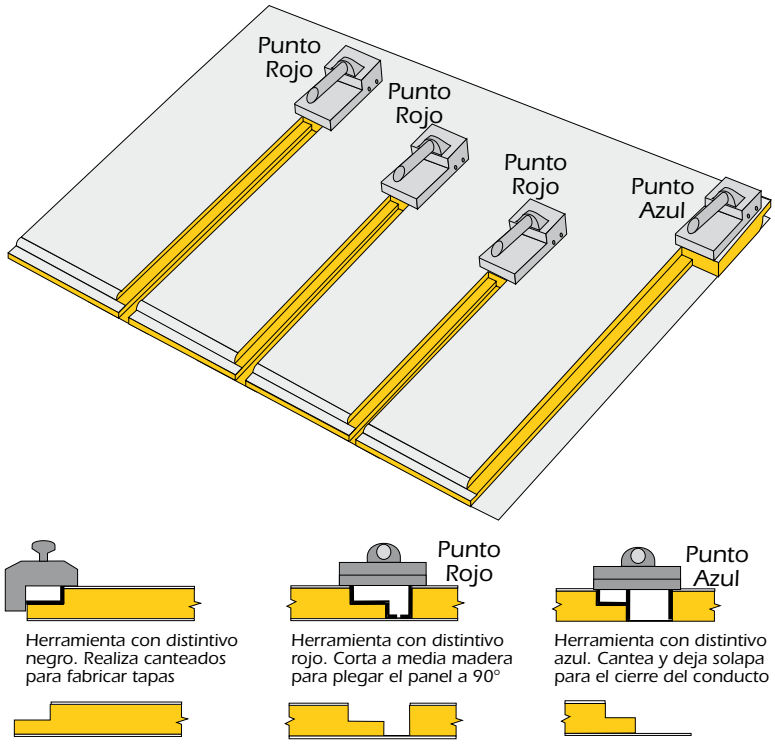


Corte de «Media Madera»



Nota: Este tipo de corte proporciona una mayor rigidez a la sección, por lo que **se recomienda su uso, en sustitución de las herramientas de corte en «v».**

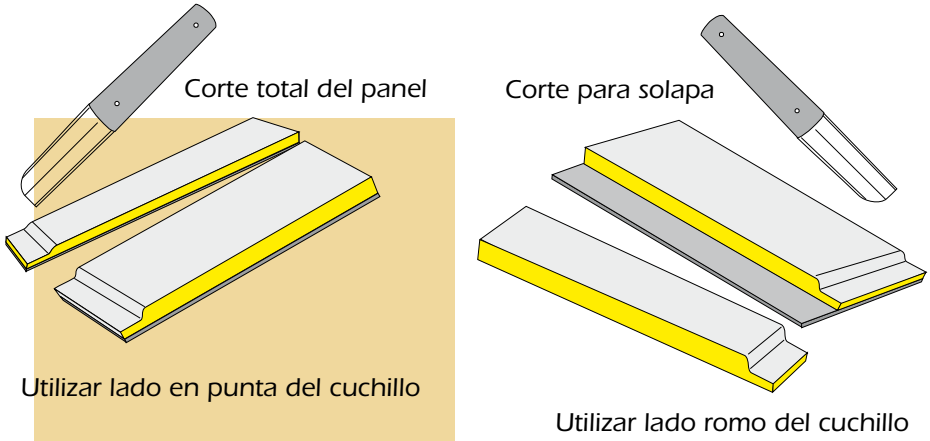
Estos útiles son más ligeros y permiten el ahorro de tiempo en el trazado, mediante el empleo de útiles calibrados como la Regla-escuadra ***CLIMAVER*** MM.



Las herramientas se componen de un soporte o cuerpo al que van atornilladas las cuchillas. Las Herramientas ***CLIMAVER*** MM llevan incorporado un dispositivo que simultáneamente corta el panel y facilita la separación del recorte sobrante.

Sobre el panel se marcan las referencias que sirven para colocar una regla guía en la que se apoya el soporte, produciéndose el corte a medida que se avanza con la herramienta. Con la ayuda de la Regla-escuadra ***CLIMAVER*** MM ya no es necesario marcar las referencias.

Otra herramienta imprescindible para el corte es el cuchillo de doble filo. En el dibujo se aprecia la diferencia en la utilización del cuchillo para cortar el revestimiento o para otras operaciones, como la limpieza de la solapa.



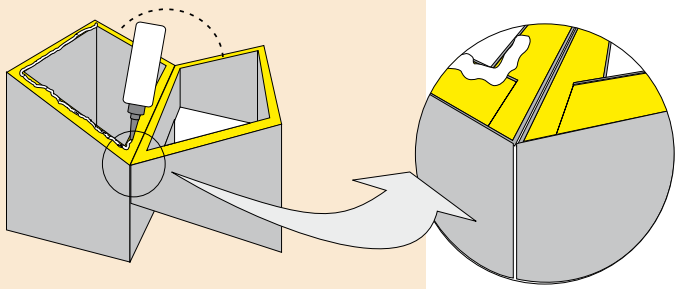
Este cuchillo se suministra en una funda para incorporación al cinturón de trabajo.

9.2.3. Sellado

Existen dos tipos de sellado:

Sellado interior:

Esta operación se realiza obligatoriamente en la unión de piezas para la obtención de figuras como son los codos, las derivaciones «r, pantalón y zapato»...



El sellado se obtiene aplicando un cordón de Cola ***CLIMAVER*** sobre la superficie de lana de vidrio de una de las piezas a unir, junto al borde del revestimiento interior y completando el perímetro interior de la sección.

La sujeción que permitirá el secado correcto de la Cola ***CLIMAVER*** y el sellado exterior de las piezas que conforman la figura se realiza aplicando unas tiras transversales a las juntas exteriores en cada plano del conducto y el encintado perimetral posterior.

Sellado exterior:

El sellado exterior de los conductos de la gama ***CLIMAVER*** es especialmente estanco, siendo despreciables las fugas de aire hacia el exterior, siempre y cuando hayan sido construidos y ensamblados correctamente.

Importante: Para garantizar la resistencia y duración de los conductos, las cintas adhesivas deben cumplir:

— Hoja de aluminio puro de 50 µm de espesor con adhesivo a base de resinas acrílicas.

— La cinta debe tener una anchura mínima de 65 mm.

— Homologación bajo Norma americana UL 181 A-P o garantía similar del fabricante: [Resistencia a la tracción ≥ 2,8 N/mm; Elongación ≤ 5%; Pelado (180°) ≥ 0,5 N/mm; Pelado (20°) ≥ 0,36 N (24 h.)/mm].

Consejos de aplicación:

Para la aplicación de las cintas de aluminio la temperatura ambiente deberá ser superior a 0 ˚C. Debe eliminarse la suciedad de las superficies a sellar. Mediante la espátula plástica, se hará presión sobre la cinta friccionando hasta que aparezca el relieve del revestimiento marcado en la cinta.

En las uniones longitudinales de paneles para obtener conductos rectos y en las uniones transversales entre conductos, el sellado se realiza posteriormente al grapado del revestimiento exterior, mediante la cinta de aluminio adhesiva.

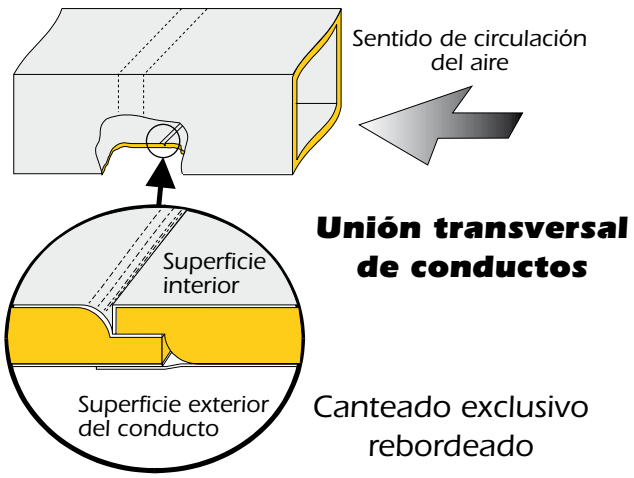
Debe adherirse la mitad del ancho de la cinta a la solapa ya grapada, y la otra mitad a la superficie sin solapa.

En las uniones de piezas para la construcción de figuras mediante el Método del Tramo Recto no existirá grapado previo al encintado, y se realizará el sellado de las uniones interiores con Cola ***CLIMAVER***.

SAINT-GOBAIN CRISTALERÍA, S.A. comercializa las **Cintas *CLIMAVER*** que cumplen los requisitos de la Norma UL-181. Como identificativo de calidad en las instalaciones llevan impresa en toda su longitud la marca ***CLIMAVER***.

9.2.4. Unión transversal de elementos

Como se comentó en el apartado de sellado exterior, la unión transversal de elementos para formar la red de conductos se realiza colocando las superficies de dos tramos de conducto en un mismo plano, grapando la solapa de uno de ellos al otro (sin solapa) y sellando la unión con cinta autoadhesiva. La simplicidad de montaje estriba en que los bordes de los elementos a unir están canteados, de forma que una de las secciones se denomina «macho» y la otra, «hembra».



Los paneles de la gama ***CLIMAVER*** poseen los bordes canteados de fábrica facilitándose así la operación de ensamblado.

Gracias a que se trata de un canteado exclusivo de fábrica, la densidad de la lana de vidrio en este borde es muy superior, lo que aumenta la rigidez de la unión y mejora el montaje.

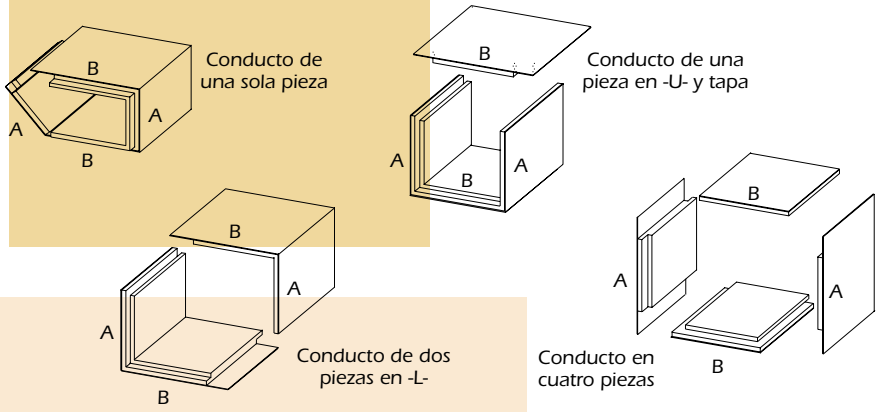
Para conseguir un acabado interior perfecto, el panel *CLIMAVER* PLUS R, presenta el canto macho rebordeado. Igualmente el panel *CLIMAVER* NETO dispone de una protección del canto macho.

9.3. Fabricación de Conductos Rectos

Los tramos rectos son las figuras más sencillas y rápidas de realizar. Con las Herramientas ***CLIMAVER*** MM y la Regla-escuadra ***CLIMAVER*** MM se simplifica aún más la fabricación de estos tramos, ya que eliminan las operaciones de medida y marcaje a ambos lados del panel, necesarias para la colocación de la guía de deslizamiento de las herramientas.

Los tramos rectos son los elementos de base para la fabricación de las diferentes figuras de la red de conductos usando el Método del Tramo Recto, de ahí que este método sea el más rápido y sencillo.

En los dibujos siguientes se muestran las distintas formas de fabricar un conducto recto dependiendo del tamaño de los paneles disponibles y de la sección del tramo a fabricar.

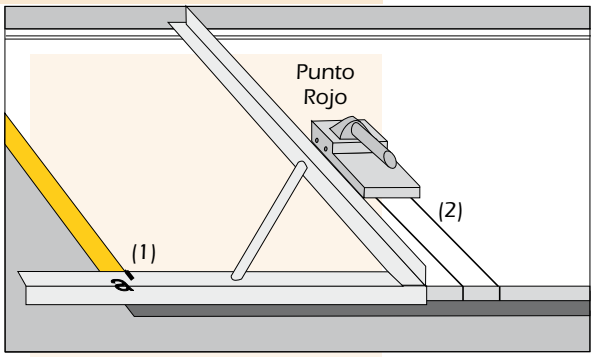


El aprovechamiento de «retales» de panel o la necesidad de construir conductos de gran sección nos orientarán hacia la forma más lógica de fabricar el conducto. **El trazado y corte se debe realizar por la cara interior del panel, y a partir del borde macho del panel.**

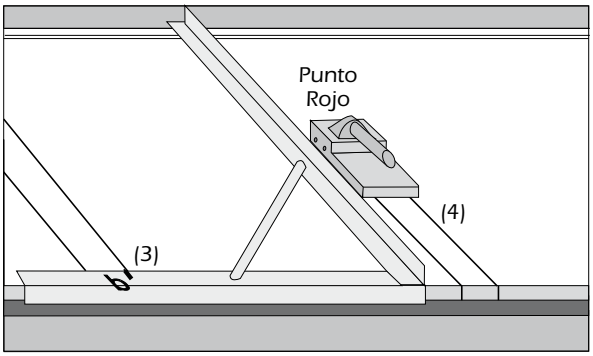
9.3.1. Fabricación de un Conducto Recto de una Pieza

Se trata de realizar un tramo recto de medida interior **a**x**b**. **Todos los cortes descritos se realizan partiendo del canto macho del panel y avanzando hacia el hembra.**

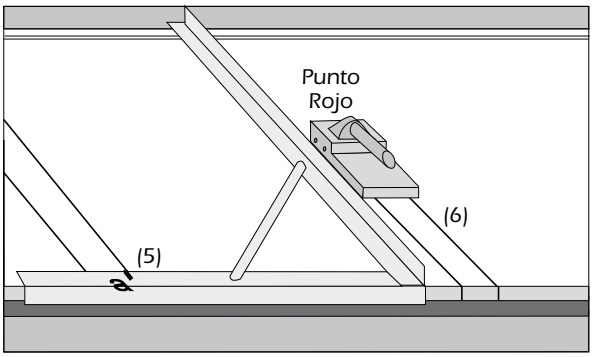
1. Se colocará la Regla-escuadra ***CLIMAVER*** MM con la medida de uno de los lados de la sección interna del conducto a obtener **a**, de forma que coincida con el borde izquierdo del panel ***CLIMAVER*** (1). Se pasará la herramienta ***CLIMAVER*** MM con punto ROJO (2).



2. Se colocará la Regla-escuadra ***CLIMAVER*** MM con la medida **b** del otro lado de la sección interna del conducto a obtener a partir del corte situado más a la derecha realizado por la herramienta de punto ROJO que venimos de emplear (3). En dicha medida, se pasará la herramienta ***CLIMAVER*** MM con punto ROJO (4).

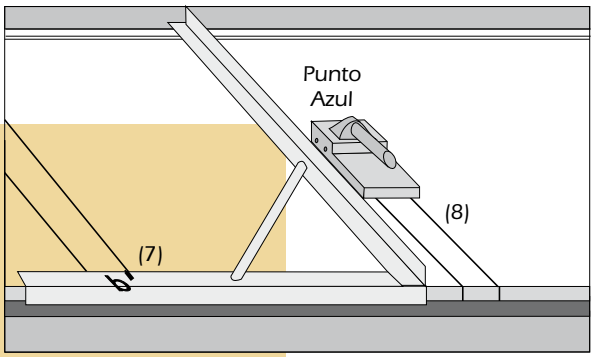


3. Se repetirá el paso 2) pero con la medida **a,** colocando la medida en el último corte (5) y pasando de nuevo la herramienta ***CLIMAVER*** MM de punto ROJO (6).



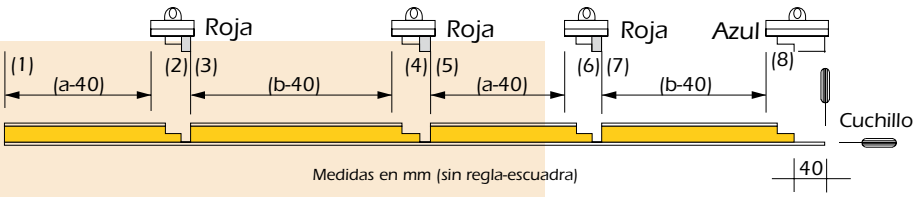
4. Por último del mismo modo que en 2) y 3) se colocará la regla-escuadra en la medida **b** a partir del último corte derecho (7), pero en lugar de pasar la herramienta de punto ROJO, se pasará la herramienta ***CLIMAVER*** MM con punto AZUL (8), encargada de realizar la última ranura a media madera y de dejar la solapa para el grapado.

   Con el cuchillo se dará un corte para separar la parte de panel sobrante. Para eliminar las tiras cortadas se levantará el panel colocando un dedo en la parte inferior del mismo, a la altura de la tira que ahora podrá extraerse con facilidad.



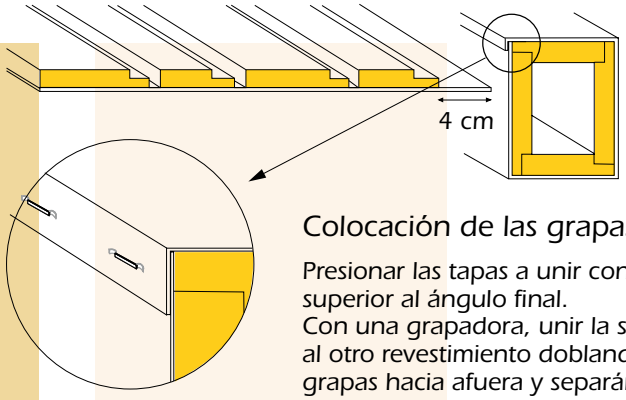
En resumen: la regla escuadra transporta las medidas de la sección interior del conducto **a x b** desplazándose hacia la derecha a partir del último corte, pasando 3 veces la herramienta con punto ROJO y al final, la herramienta AZUL.

En la figura se realiza un esquema de las medidas en mm, las cuchillas a utilizar y dónde se deben aplicar, si no se utilizara la regla-escuadra. **En caso de utilizar la regla, ésta descuenta automáticamente los 40 mm y las medidas son directas.**



Si se ha utilizado todo el ancho del panel (1,19 m) se tendrá el machihembrado necesario para las uniones con el resto de los conductos. Si no fuese así, se deberá hacer el macho y/o la hembra utilizando para ello la herramienta con empuñadura circular NEGRA.

La unión de los extremos del panel para conformar el tramo recto debe realizarse, en el caso del Sistema ***CLIMAVER*** Metal, colocando los perfiles PERFIVER L en las ranuras (ver siguiente apartado) y, en todos los casos, doblando el panel por las zonas cortadas formando una sección rectangular de conducto inclinada, es decir forzando el conducto con ángulos ligeramente menores al deseado (90º) para que la unión quede tirante y fuerte. Uno de los extremos del panel llevará una prolongación del revestimiento exterior que se grapará superpuesto al otro extremo.

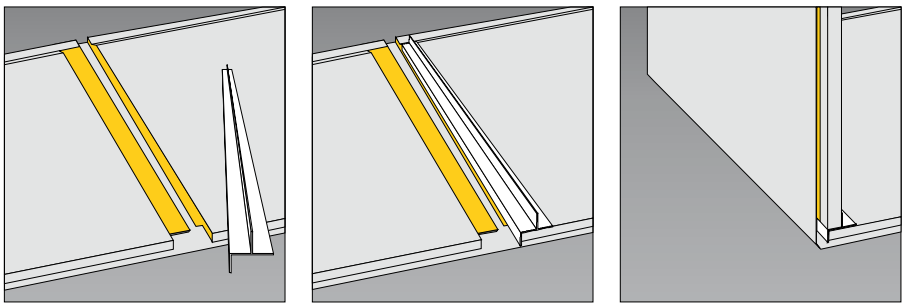


Colocación de las grapas

Presionar las tapas a unir con ángulo superior al ángulo final.
Con una grapadora, unir la solapa al otro revestimiento doblando las grapas hacia afuera y separándolas 5 cm entre sí.

*9.3.1.1. Colocación del PERFIVER L en conductos del SISTEMA **CLIMAVER** METAL*

La fabricación de un tramo recto de conducto del SISTEMA **CLIMAVER** METAL se basa en lo anterior, común a todos los conductos de la gama **CLIMAVER**, pero a diferencia de estos, en cada ranura de «media madera» efectuada por las herramientas de corte se coloca un perfil PERFIVER L, de 1,155 m de longitud para reforzar la junta longitudinal interior del conducto recto.

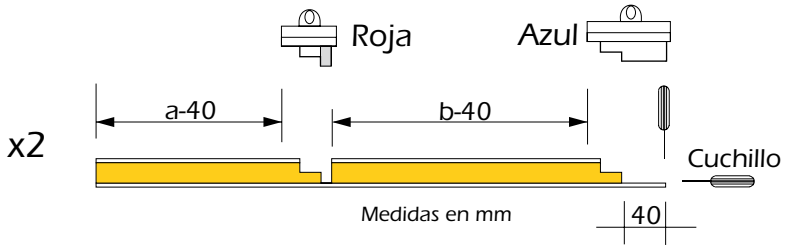


9.3.2. Fabricación de un Conducto Recto en Dos Piezas

Se marcarán sobre el panel, partiendo del borde izquierdo y de forma consecutiva, las medidas de la base del conducto que se quiera realizar y seguidamente la altura.

Se pasará por la primera medida la herramienta con punto ROJO y por la segunda la de punto AZUL.

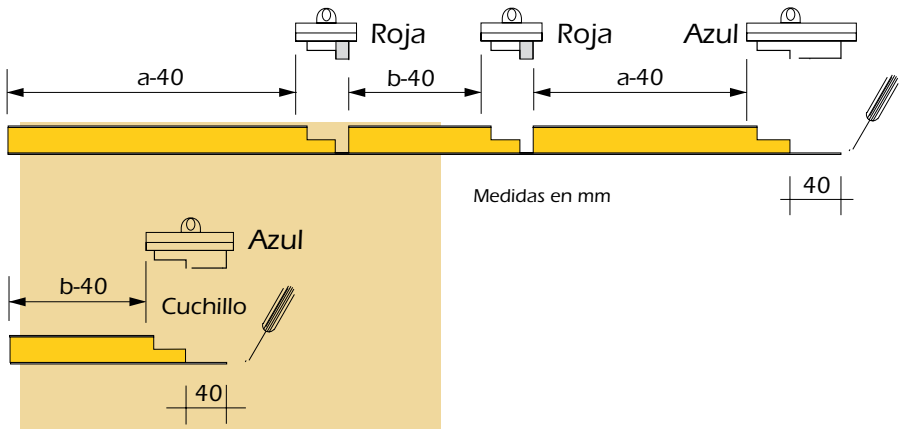
El resto del proceso se realiza como en el caso anterior.



En la figura se realiza un esquema de las medidas en mm, las cuchillas a utilizar y dónde se deben aplicar. La Regla-escuadra **CLIMAVER** MM descuenta automáticamente los 40 mm.

9.3.3. Fabricación de un Conducto Recto de una Pieza en -U- y Tapa

Sólo se diferencia del proceso anterior en la obtención de la U, que se realizará colocando la regla-escuadra a la medida de la altura **a** para pasar entonces la herramienta con punto ROJO. Desde el último corte derecho se medirá con la regla-escuadra el ancho **b** y se pasará de nuevo la herramienta con punto ROJO. Finalmente, desde el último corte mediremos la altura **a** y por esta marca pasaremos la herramienta con punto AZUL.



La tapa se obtiene marcando la distancia de la base **b** y pasando la herramienta de punto AZUL. Por los dos extremos por donde hemos pasado la cuchilla AZUL pasaremos el cuchillo para obtener la solapa a grapar de la U y de la tapa. Sólo faltará para el conformado final del tramo, grapar y encintar.

9.3.4. Fabricación de un Conducto Recto en Cuatro Piezas

Esta pieza es fundamental para todas las figuras que se desarrollan según el Método por Tapas, aunque para los conductos rectos sólo tiene sentido en aquellos de gran sección. Se desarrolla a partir de cuatro tapas de igual forma aunque, para un conducto rectangular, de distintas medidas (dos de ellas; **a** - 40 mm, y las otras dos; **b** – 40 mm).

Así, las cuatro caras tendrán un lado cortado con cuchillo, sin canteado, y el otro lado cortado con la herramienta con punto AZUL, de manera que quede solapa para poder sellar el conducto.

La medida de las tapas se obtiene con **a** – 40 mm a partir del borde izquierdo del panel, donde **a** es la base de la sección interior del conducto. Una vez marcada dicha medida la haremos coincidir con la guía y pasaremos la herramienta ***CLIMAVER*** MM con punto AZUL. Cortaremos el panel por la línea obtenida y limpiaremos la solapa.

Se repetirá el proceso para obtener la otra tapa 1, y también para las tapas 2 y 4 pero, obviamente, sustituyendo la medida **a** – 40 mm, por **b** – 40 mm.

Por último, para la obtención del tramo recto se procederá a grapar la solapa de cada tapa al borde recto de la siguiente, se colocarán los perfiles PERFIVER L (en el caso del ***CLIMAVER*** Metal) y se cerrará el conducto con la cuarta tapa, grapando y sellando con cinta cada unión.

Insistimos en que, en caso de utilizar la regla-escuadra, no es necesario descontar los 40 mm, y basta con tomar directamente las medidas **a** y **b**.

9.4. Figuras: cambios de dirección

9.4.1. Fabricación de Figuras

Tradicionalmente las figuras se han fabricado según el método de tapas. En este Manual proponemos el Método del Tramo Recto, que facilita la calidad de los montajes, y es válido tanto para los conductos del SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL, como para el resto de la gama ***CLIMAVER***.

El Método del Tramo Recto de fabricación de figuras se basa, como su nombre indica, en construir figuras a partir de conductos rectos.

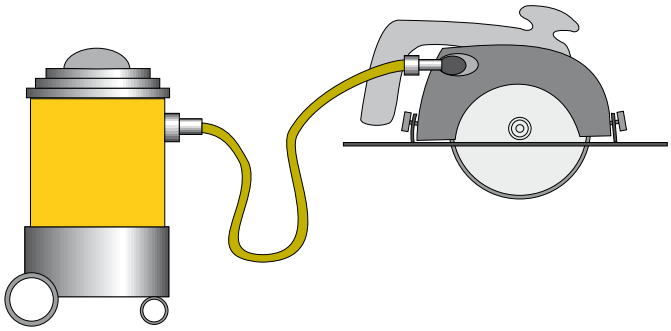
Las piezas que constituirán las figuras se obtienen realizando cortes de secciones de tramos rectos.

- **Si se realiza una instalación sin perfiles con cualquiera de los paneles de la gama *CLIMAVER* (PLUS R,NETO...),** se emplean las herramientas MTR, o bien el cuchillo de mango de madera respetando, eso sí, los ángulos de incidencia del mismo.
- **Si se realiza una instalación de *CLIMAVER* METAL,** los conductos llevarán incorporados los perfiles longitudinales PERFIVER L. Por tanto, al tener que cortar perfiles de aluminio, la forma más rápida y sencilla de hacerlo es emplear una **Sierra Circular Tangencial.** Como orientación se indican a continuación algunos modelos comerciales: BOSCH PKS 40; BLACK & DECKER KS 840 y AEG HK 46.

En cuanto al disco, el diámetro aconsejable es de 130 mm con 80 dientes aproximadamente (ej.: ref. E40CVH de BOSCH). La profundidad de corte de la sierra circular no será inferior a 38 mm y no sobrepasará los 40 mm. En este sentido la sierra posee un dispositivo de ajuste.

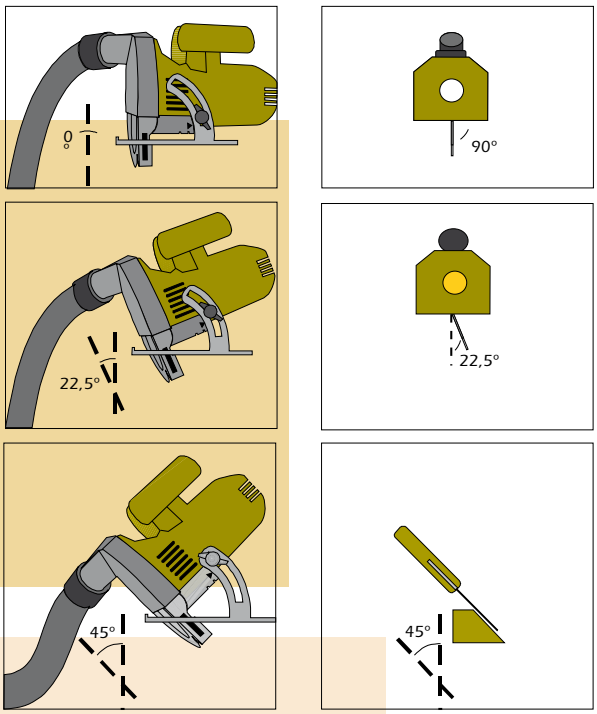
La sierra circular estará provista de otro dispositivo para la inclinación del ángulo de corte. Generalmente se realizarán cortes perpendiculares, a 22,5º y a 45º sobre la vertical.

IMPORTANTE: Por motivos de seguridad e higiene en el trabajo, deberá conectarse a la sierra un sistema de aspiración forzada.



El corte de las esquinas de los tramos rectos, que llevan embutidos el PERFIVER L, puede realizarse con sierra de arco manual y el resto del conducto puede cortarse con cuchillo. Sin embargo, esta forma de fabricación posee menor precisión que la proporcionada por la sierra circular.

En los siguientes dibujos se puede observar los tres ángulos de incidencia que se utilizarán para la realización de todas las figuras.



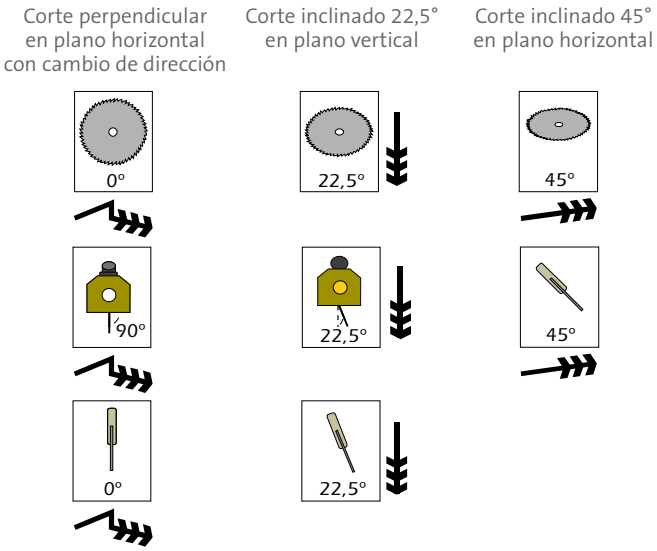
A continuación se presentarán los esquemas que desarrollan los pasos necesarios para la obtención de figuras.

En estos esquemas se empleará la siguiente simbología:

El disco, cuchillo o herramienta MTR, que puede aparecer inclinado, indica que el corte puede no ser siempre perpendicular al conducto (0°). El ángulo exacto de corte respecto a la superficie del conducto se indicará debajo.

El número, indica el grado de inclinación al que habrá que ajustar la sierra o el cuchillo. La flecha representa la dirección que sigue la sierra o el cuchillo al cortar.

En el siguiente ejemplo se observan las tres posibilidades de corte:



Tras las operaciones de corte se procederá a la unión de las distintas piezas obtenidas. La unión de estas piezas se realizarán siguiendo lo expuesto en el apartado de «Fundamentos», tanto para el sellado interior como exterior de los conductos.

9.4.2. Fabricación de Codos

El codo es la primera figura cuya construcción se explica en este manual. Como ya se indicó, se denomina figura a los conductos de forma especial, es decir, a los tramos no rectos.

Codo es todo cambio de dirección dentro de la red, sin que exista bifurcación del caudal de aire circulante.

Siempre se evitará la construcción de codos, o cualquier otro tipo de figura, mediante curvas puras (circulares) puesto que para su construcción son necesarios un mayor número de cortes del revestimiento interior del conducto, lo que debilita la figura y podría dar lugar a una degradación de la lana de vidrio en el caso de una ejecución incorrecta.

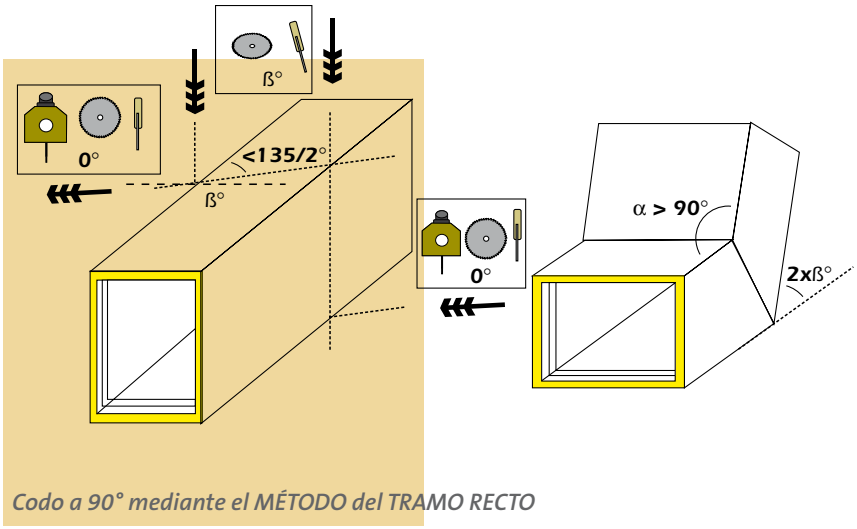
Dada su simplicidad, se explica la construcción de codos de ángulo superior a 90º.

9.4.2.1. Codos con Ángulos Mayores de 90° a partir de Conducto Recto

Se realizan a partir de un tramo recto. Se marca la línea de corte, según muestra la figura, y se corta con la herramienta MTR (o, en el Sistema ***CLIMAVER*** Metal, con la sierra circular transversal), según el plano imaginario que atraviesa el conducto y pasa por dicha línea. Los cortes con la herramienta MTR de distintivo amarillo (o, en el S.C.M., con el disco inclinado βº) se realizarán primero, y posteriormente los de corte con la herramienta de distintivo blanco (disco perpendicular a la superficie del conducto en el S.C.M). Una de las piezas obtenidas se gira para forma el codo.

No es posible machihembrar ni se dispone de solapas para grapar las piezas, por lo que **es imprescindible la aplicación de un cordón de Cola *CLIMAVER*** a lo largo de los bordes a unir, próximo a la cara interior del conducto. Al unir las piezas que se sujetarán con cinta adhesiva, se repartirá el sobrante de cola mediante una espátula. Tras esta operación se sella exterior y perimetralmente la zona de unión con Cinta ***CLIMAVER***. La unión quedará ajustada y rígida, tanto interior como exteriormente.

En el ***CLIMAVER*** METAL no se recomienda la colocación de deflectores pues dificulta las labores de limpieza.



9.4.2.2. Codo a 90° mediante el MÉTODO del TRAMO RECTO

Este es el sistema recomendado para la fabricación de codos. Se parte de un tramo recto que, en el caso de los conductos del SISTEMA ***CLIMAVER*** METAL, tendrá ya los perfiles PERFIVER L.

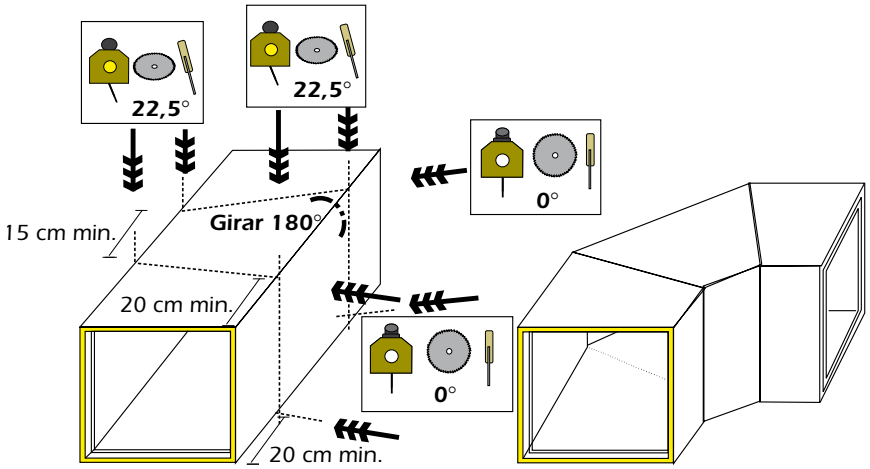
Sobre una de las caras del tramo recto, se toma una de las líneas guía del revestimiento exterior. En las dos caras contiguas, se marcan dos líneas verticales o bien se toman las líneas discontinuas marcadas en el revestimiento exterior. En la cara restante, se toma la línea guía que une las dos líneas verticales.

Con las herramientas MTR o la sierra circular se corta el conducto siguiendo las líneas; prestando atención a la inclinación de la herramienta de corte (herramienta punto blanco, o bien disco de sierra perpendicular a la superficie del conducto en las líneas con ángulo de 22,5° e inclinado este mismo ángulo en las verticales). Así se obtiene la primera de las tres piezas que formarán el codo.

A más de 15 cm de las líneas anteriores se realiza la misma operación pero con ángulo de 22,5° simétrico al anterior. De esta forma obtenemos los tres tramos de conducto.

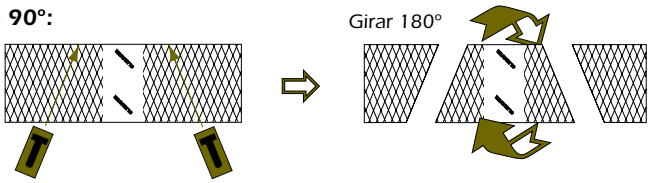
Giramos 180° la pieza intermedia y formamos el codo. No resulta necesario en este caso colocar deflectores. El sellado entre piezas se realiza como en el apartado anterior.

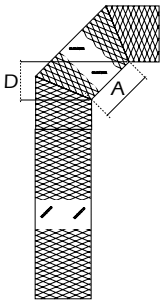
Se debe seguir una de las líneas guía del revestimiento exterior (o bien, una imaginaria paralela), con ángulo de 22,5°. Si no se siguiera esta línea, se obtendrían codos con menos de 90º (codos cerrados) o de más de 90° (codos abiertos).



De forma esquemática:

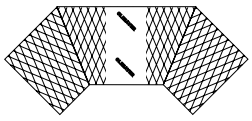
CODO 90°:





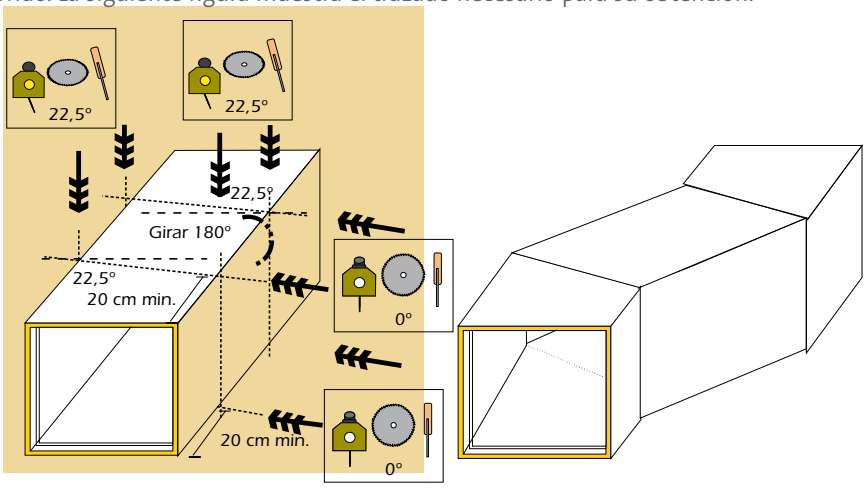
Separación **A** (cm)	Distancia **D** (cm)
20	14,1
25	17,7
30	21,2
35	24,7
40	28,3
45	31,8
50	35,4
55	38,9
60	42,4

Sellar con Cola
y Cinta Climaver



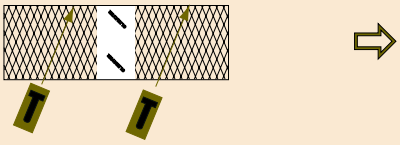
9.4.3. Quiebro

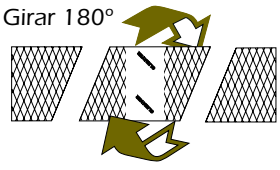
Es una desviación en la dirección del conducto, que puede ser necesaria para evitar obstáculos que se interponen en la trayectoria recta del mismo. El conducto mantiene la sección constante en todo su recorrido. La siguiente figura muestra el trazado necesario para su obtención.



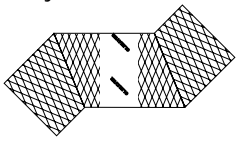
De forma esquemática:

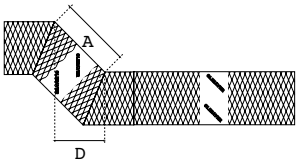
DESVÍO o QUIEBRO:





Sellar con Cola
y Cinta Climaver





Separación **A** (cm)	Distancia **D** (cm)
20	14,1
25	17,7
30	21,2
35	24,7
40	28,3
45	31,8
50	35,4
55	38,9
60	42,4
65	46
70	49,5
75	53
80	56,6

9.5. Figuras: ramificaciones

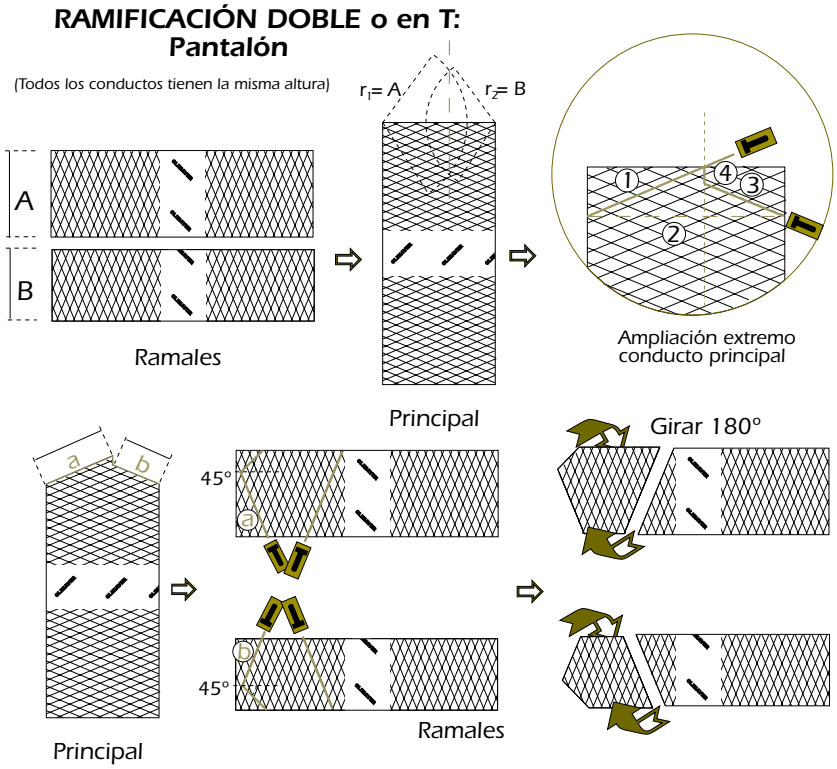
9.5.1. Ramificaciones Dobles

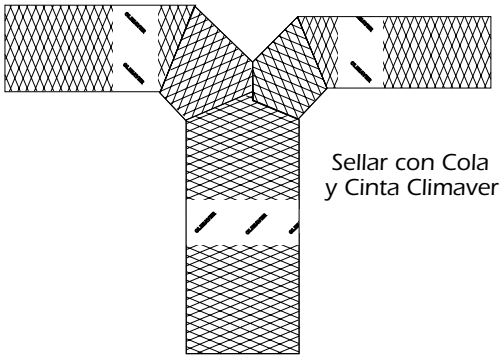
Se denomina ramificación a la figura que provoca una bifurcación del caudal del aire circulante dentro de la red, pudiendo cambiar de dirección uno de los caudales circulantes (ramificación simple o en «r») o bien ambos caudales (ramificación doble o «pantalón»).

Existen diferentes tipos de ramificaciones o bifurcaciones y para su trazado nos apoyaremos en lo ya explicado, dando sólo las consideraciones especiales de cada pieza en particular.

Conviene señalar que la rama principal siempre deberá ser la de mayor sección para una correcta distribución del aire.

9.5.1.1. Ramificación Doble Mediante Tramos Rectos

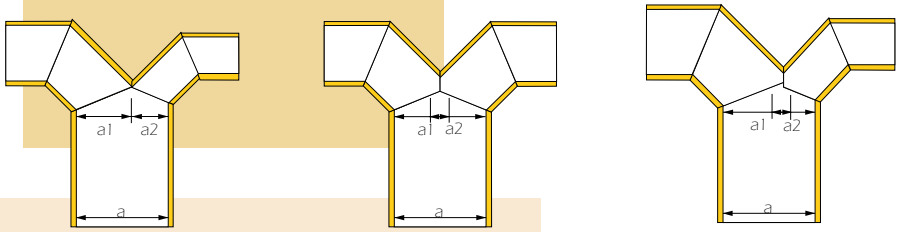




Los codos de los ramales de esta figura, denominada comúnmente «pantalón», se realizan según los apartados anteriores. Los dos codos pueden tener secciones diferentes y cuya suma sea superior a la del conducto principal, aunque la altura debe ser igual a la del tramo principal.

El primer paso a dar es trazar la línea r perpendicular a la sección del conducto principal que pase por la intersección de las curvas de radio A y B, siendo **A** y **B** la anchura de las secciones exteriores de los ramales. Por esta línea pasará la unión de los dos ramales. Trazamos la línea 1 siguiendo la dirección de una de las líneas-guía, hasta el extremo del tramo principal. A continuación trazaremos la línea 2, según la perpendicular a la dirección del aire. Desde el otro extremo de la línea 2, siguiendo la dirección de las líneas-guía, trazaremos 3, que se encontrará con la línea ya trazada, dándonos la forma de corte del conducto principal para albergar los ramales, y las medidas a y b, que trasladaremos a los ramales.

Una vez transportadas las medidas **a** y **b** en dos líneas-guía en cada ramal, se unen los puntos interiores mediante dos rectas de inclinación 45° a los extremos de los ramales.



a = a1 + a2 | a < a1 + a2 | a < a1 + a2, a1 > a2

Se comprobará fácilmente que cuando la suma de las secciones interiores de los ramales es igual a la sección interior del conducto principal, sólo se cortan a 45º los bordes de las piezas en la zona de unión de los ramales.

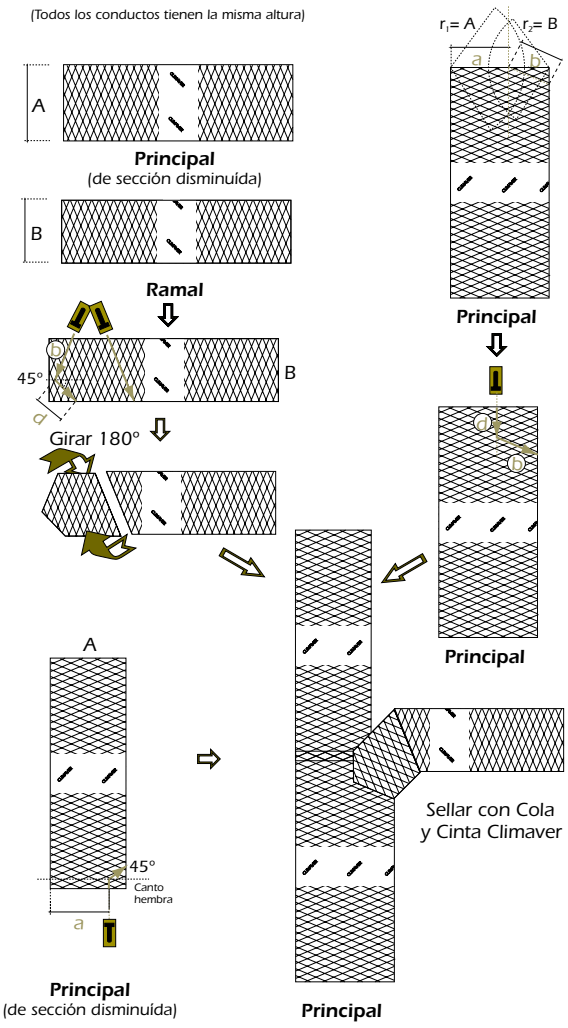
No se debe olvidar encintar la parte exterior de las uniones y pegar con cola las uniones interiores del conducto.

9.5.2. Ramificaciones Simples en «r»

9.5.2.1. Ramificaciones en «r» Mediante Tramos Rectos

Se realiza como la ramificación doble o «pantalón», mediante tres tramos rectos. Sólo una de las ramificaciones sufrirá cortes, así como el conducto principal, que tendrá un corte inclinado a 22,5º para adaptarse a dicha ramificación.

RAMIFICACIÓN SIMPLE o en R:



El primer paso a realizar es trazar la línea perpendicular a la sección del conducto principal, que pase por la intersección de las curvas de radio A y B, siendo A y B la anchura de las secciones exteriores del conducto principal (sección disminuida) y del ramal, respectivamente. De esta forma obtenemos las medidas a y b.

Trasladamos la medida b al ramal, según una de las líneas-guía; y desde su extremo, trazamos una línea a 45°, obteniendo la medida d.

En el conducto principal, se traslada la medida d, y, desde ésta, se corta según una de las líneas guía, que nos dará la misma medida b empleada anteriormente.

En el conducto principal (sección reducida), trasladamos la medida a (tomada sobre el canteado), y cortamos según una línea a 45°.

Se encajan las piezas obtenidas para formar la «r».

A diferencia de la ramificación doble cuya unión interior es una junta encolada perfecta, la unión interior de los ramales en la «r» presenta el canteado hembra del ramal que no varía de dirección. Se debe, por tanto, encintar con cinta de aluminio este canto.

Para acoplar el tramo secundario sin cambio de dirección habrá que realizar dos pequeñas acanaladuras para el paso del canto «macho» del conducto principal.

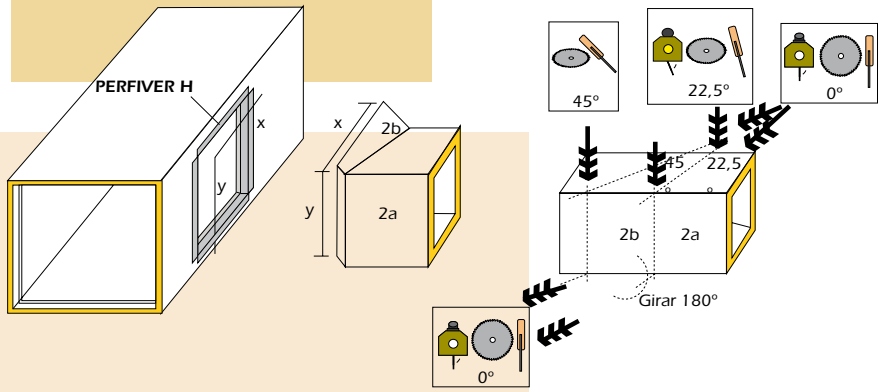
9.5.3. Ramificación de un Conducto por una de sus Cuatro Caras; «Zapato»

Aunque este tipo de ramificación no es la recomendada, puede ser útil en conexiones a difusores, rejillas u otros elementos, consiguiéndose de una forma rápida y sencilla.

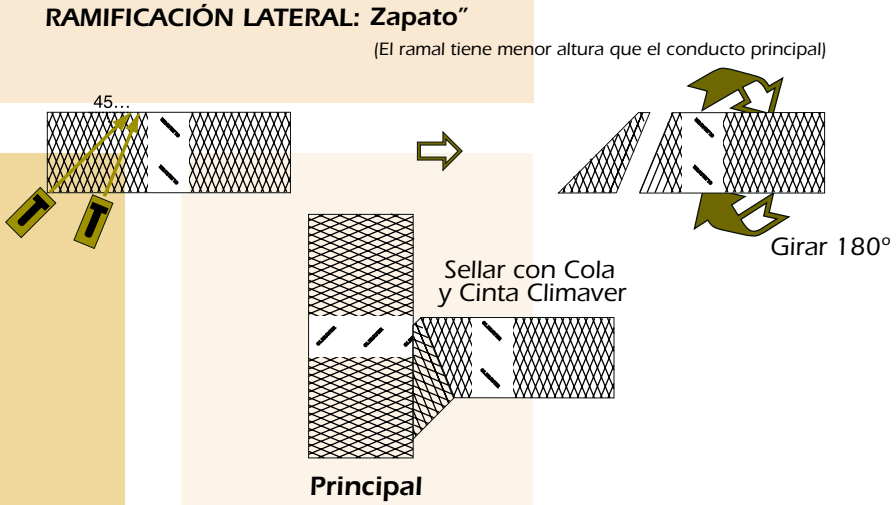
Para la obtención de un zapato por el Método del Tramo Recto se debe tomar una de las líneas-guía del revestimiento exterior como ya se hizo en el caso del codo. A continuación se realizará otra sección, separada de la anterior al menos unos 10 cm, pero esta vez con un ángulo de 45°.

Se efectúan los cortes atendiendo al ángulo de ataque del disco de la sierra, del cuchillo o con la herramiento MTR adecuada, y se unen las piezas con ayuda de la Cola ***CLIMAVER*** y de la Cinta de aluminio ***CLIMAVER***.

Para embutir el conducto en el ramal principal se colocará perfilería PERFIVER H en el conducto principal, dejando libre una sección igual a la sección exterior del zapato a embutir. Para terminar, se encintará el perímetro formado con el Perfiver H.



De forma esquemática:



9.6. Reducciones

Otra figura muy común en las instalaciones son las reducciones. Las reducciones son cambios en la sección del conducto y se utilizan para adecuar el caudal de aire y la velocidad a las características de la instalación.

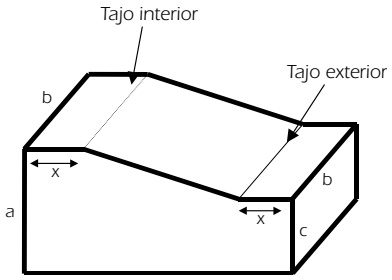
Cabe destacar que las reducciones son las únicas figuras que se fabrican el Método por Tapas, si bien hay que tener en cuenta que el Método del Tramo Recto las lleva incluidas en algunos casos. Para el Sistema ***CLIMAVER*** Metal, la perfilería ha de cortarse a la medida de las envolventes y colocarse durante el ensamblado de las piezas.

Existen diferentes tipos de reducciones en función del número de planos a reducir (1, 2, 3 ó 4 caras) y del eje de sus dos bocas (centrada o descentrada).

Es conveniente resaltar una serie de aspectos comunes a los trazados de todas las reducciones. Estos son:

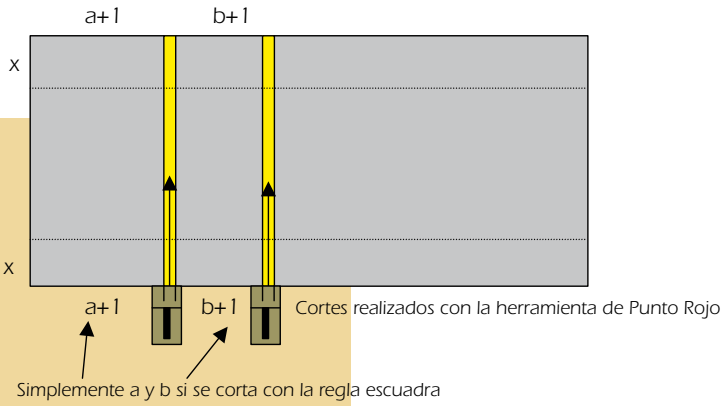
- Siempre se debe dejar una parte recta **x** antes de la conexión de la reducción a la figura o tramo recto contiguos (con **x** ≥ 10 cm) en ambas bocas.
- Cuanto más prolongada sea la reducción (30 cm) mejor, ya que evitaremos choques bruscos en el flujo del aire.
- Siempre que sea posible, se iniciará el trazado por la tapa plana, con el objeto de que sirva de guía para el resto del trazado.
- Todas las envolventes (o piezas con pliegue), deberán tener cortes transversales con ángulo cerrado. Se evitará, siempre que sea posible, dejar cortes abiertos que puedan debilitar el panel.
- Se ha de tener en cuenta que si la reducción es de impulsión, se reducirá siempre el lado macho, y si es de retorno, se hará sobre la hembra.
- En las tapas que sufran inclinación, normalmente realizaremos a la altura **x**, un corte inclinado interior **(tajo),** siempre en el lado hacia donde se incline la tapa, y otro idéntico exterior en el otro borde de la tapa, también a la altura **x**.
- Hay casos en los que al sufrir un cambio brusco de sección o de dirección es necesario realizar **gajos** (cortes en bisel sobre el panel).
- Tanto los **gajos** como los **tajos** han de ser encolados o encintados siempre.

9.6.1. Reducción a una cara en -U- y tapa



Para construir la U realizaremos dos cortes con la cuchilla roja a las distancias a+1 y b+1, ha de tenerse en cuenta que si nos ayudamos de la regla escuadra para realizarlos, no es preciso marcar un centímetro de más, ya que ella ya nos lo proporciona.

Trazaremos dos líneas paralelas a los canteados a la distancia **x** (que puede ser la misma ó no) a ambos lados.



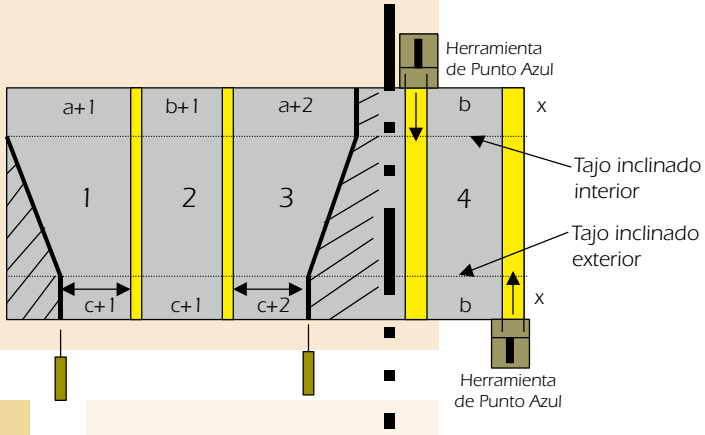
En el canteado que queramos reducir, trazaremos una línea hasta **x** a la distancia **c+1** en la tapa **1,** y **c+2** en la tapa **3**, en esta tapa también deberemos marcar una línea desde el borde hasta **x** a a+2 en la parte superior.

Desde **x** uniremos la parte superior sin reducir con la inferior reducida.

Recortamos el borde izquierdo de la tapa **1** y el derecho de la tapa **3**.

Por último realizaremos la tapa **4** con la medida **b**, esta tapa debe tener un corte a cada lado con la herramienta de punto azul.

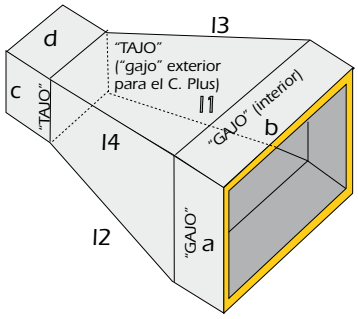
En la tapa **4** realizaremos un tajo interior en un lado y uno exterior en el otro. Esta tapa normalmente quedará mas corta que las otras tres, puesto que el recorrido es mayor, para subsanar esto, simplemente cortaremos el sobrante de las demás.



En el caso de instalar conductos del Sistema ***CLIMAVER*** Metal, en el proceso de montaje introduciremos el Perfiver L que previamente se habrá cortado adecuadamente.

9.6.2. Reducción a 4 caras

Otro tipo posible de reducción es una reducción en cuatro caras. Se trata de una reducción en dos dimensiones, pasando de una sección de entrada de **a** x **b** a otra de salida de **c** x **d**. En esta reducción, a diferencia de la anterior, ninguna cara permanece plana. Se consigue con esta construcción obtener reducciones en anchura y altura en las que la salida queda centrada. Para ello , deben ser iguales las medidas **e** y **f** del esquema.



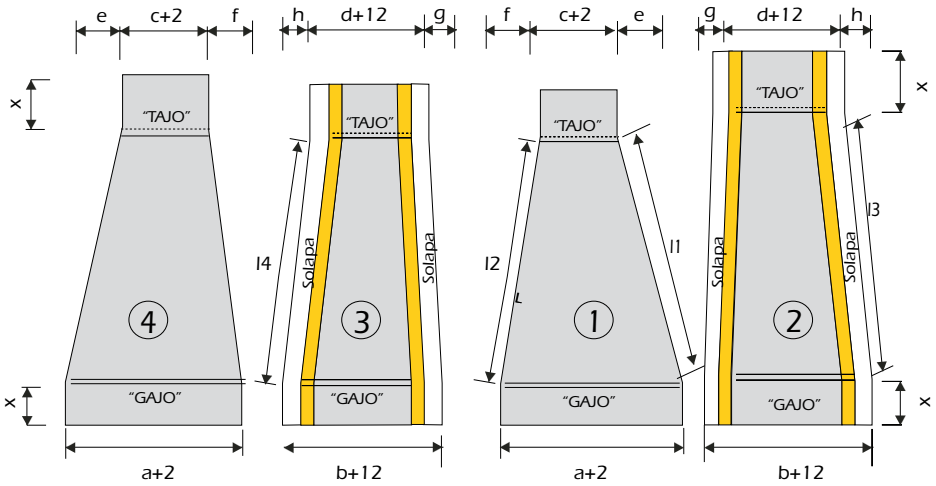
Todas las caras quedan dobladas por lo que deben realizarse cortes para su mejor asentamiento.

La figura se obtiene siempre por tapas, como se describirá a continuación. Cualquier otro tipo de reducción puede deducirse fácilmente a partir de las dos desarrolladas aquí.

— Para su realización debemos realizar dos envolventes, que serán iguales, y dos tapas, también iguales.

— Para la tapa mediremos en la parte inferior del panel **a** + 2 cm y realizaremos dos cortes perpendiculares a dicho borde de **x** cm. En la parte superior del panel mediremos **c** + 2 cm, de forma que quede centrada dicha medida. También realizaremos un corte de **x** cm perpendiculares al borde superior a partir de los puntos obtenidos. Uniremos los puntos inferiores y superiores.

— Para la realización de la envolvente cortaremos un panel con la anchura de **b** + 12 cm (puesto que debemos hacer dos solapas) y una longitud de **x** + **l** + **x**, donde **l** se ha obtenido de medición directa sobre la tapa ya realizada. Cortaremos con la cuchilla Azul para dejar solapa.



— Repetiremos el proceso para obtener otra tapa y otra envolvente iguales y acabaremos montando la reducción. En el Sistema ***CLIMAVER*** Metal, al montar la reducción insertaríamos el Perfiver L previamente cortado.

9.7. Operaciones auxiliares

Tratamos en este capítulo diferentes operaciones auxiliares a realizar en el conducto ***CLIMAVER*** con el fin de concluir la instalación; esto es, conexión a máquina, conexión a rejillas o difusores, soportes y refuerzos.

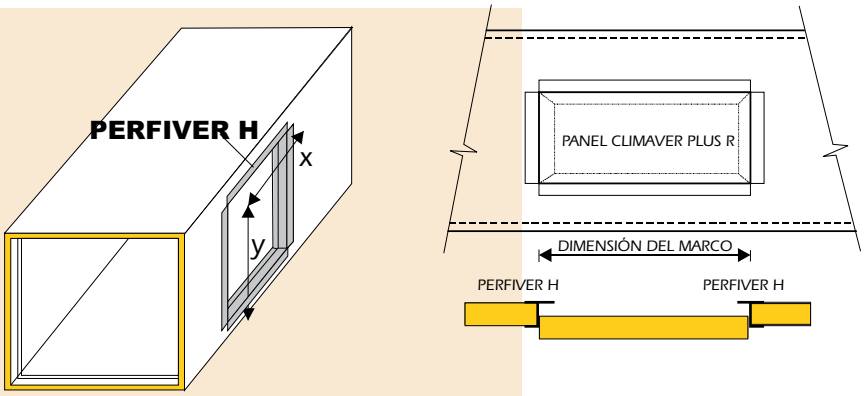
9.7.1. Realización de una puerta de acceso

Tanto la normativa UNE existente, como el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, señalan la necesidad de realizar puertas de acceso en los conductos para la inspección de las instalaciones.

Para realizar una puerta de acceso se corta con el cuchillo una ventana de las dimensiones deseadas.

En esa ventana se debe colocar un marco, realizado a partir del perfil Perfiver H. Para cortar los perfiles, y poder formar el marco con el que hacer la tapa de registro, se debe cortar en ángulo recto el perfil y, posteriormente, cortar en ángulo de 45° la sección de perfil que queda en el interior del conducto.

El perfil Perfiver H no es de uso exclusivo al Sistema ***CLIMAVER*** Metal, sino que tiene aplicación para realización de puertas de acceso y enganches a máquinas para todo tipo de ***CLIMAVER***.



Se coloca la ventana anteriormente extraída y se encinta exteriormente la tapa de registro para garantizar la estanqueidad de la puerta.

9.7.2. Conexión a rejilla

La conexión a una rejilla es una operación común en el trabajo de un instalador. Para realizar una conexión desde un conducto se necesita realizar un marco con Perfiver H como ya se ha descrito, de las mismas dimensiones que la rejilla a conectar. También será necesario un conducto recto de medida igual a la distancia entre el falso techo en el que se ha colocado la rejilla y el conducto de aire acondicionado al que se va a conectar.

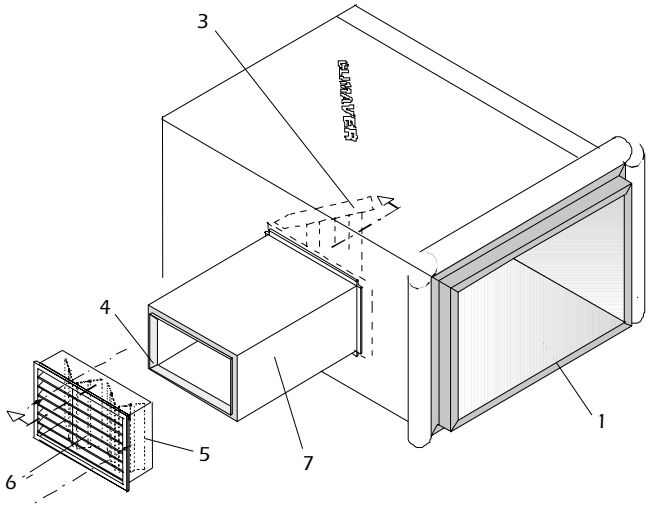
Para la conexión bastará con que el tramo recto se coloque desde el marco del conducto hasta la rejilla y que se encinte el conducto recto al conducto principal para asegurar la hermeticidad.

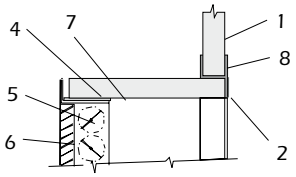
Es similar el proceso de conexión a un difusor pero se deberá conectar el conducto a un plenum previo a la salida del difusor. Esta conexión se hará de forma que el ángulo entre el conducto y la salida del aire del difusor sea de 90°, de forma que la energía cinética del fluido se convierta en presión estática en el plenum.

	Instalación	Dirección del conducto	Objetivo
REJILLA	Directamente	Paralelo a la salida del aire	Maximizar Energía cinética
DIFUSOR	A través del Plenum	Perpendicular a la salida del aire	Maximizar Presión Estática

Si se opta por utilizar conducto flexible Flexiver para la conexión el proceso es similar.

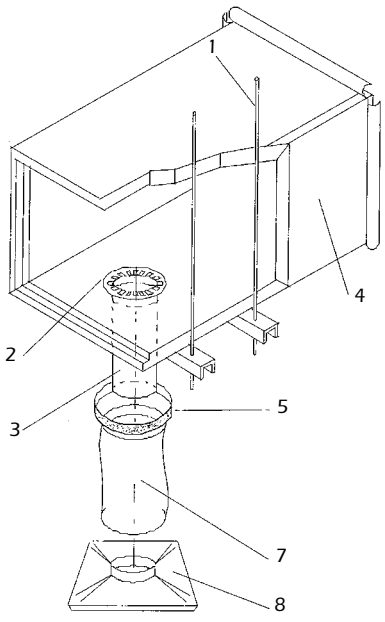
En este caso debemos realizar un corte circular al conducto principal de las dimensiones del manguito a acoplar. En él colocaremos un aro o pletina de soporte sobre el que instalaremos el manguito corona. Cubriendo este manguito colocamos el Flexiver. El otro extremo del manguito se empalma al difusor o rejilla por medio de una abrazadera.



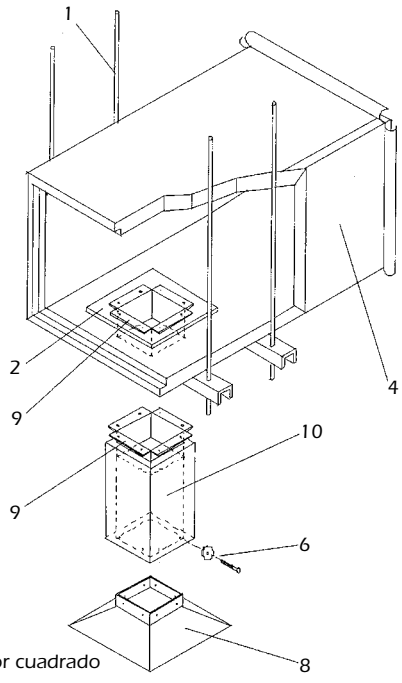


Sección

1. Conducto de la Gama CLIMAVER
2. Cinta CLIMAVER de aluminio
3. Deflector
4. Marco metálico
5. Compuerta
6. Rejilla
7. Collar rectangular CLIMAVER
8. Marco de unión con perfiles PERFIVER



Difusor redondo

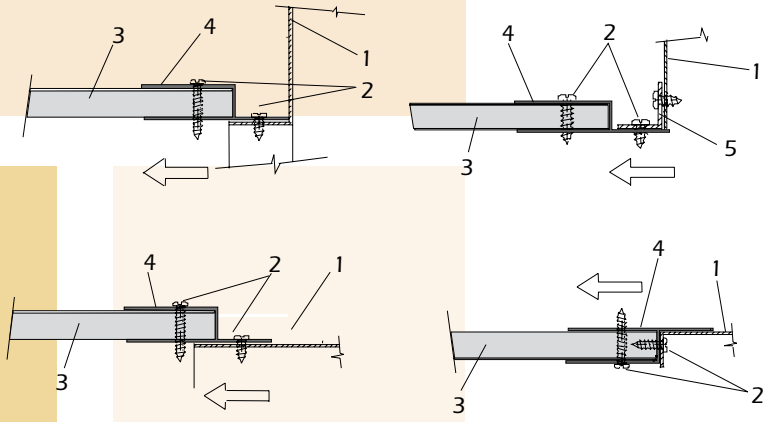


Difusor cuadrado

1. Soportes
2. Aro o pletina de soporte
3. Manguito corona
4. Conducto CLIMAVER
5. Abrazadera
6. Arandela de 40 mm y tornillo
7. Conducto flexible FLEXIVER CLIMA
8. Difusor
9. Collarín metálico
10. Cuello rectangular CLIMAVER

9.7.3. Conexión a máquina

La salida del equipo acondicionador hacia los conductos es uno de los puntos más críticos de la instalación tanto por la velocidad del aire, máxima en ese punto, como por el poco espacio libre que suele quedar para trabajar.



1. Brida del equipo
2. Tornillo rosca-chapa
3. Conducto Climaver
4. Perfil de unión Perfiver H
5. Angular de chapa

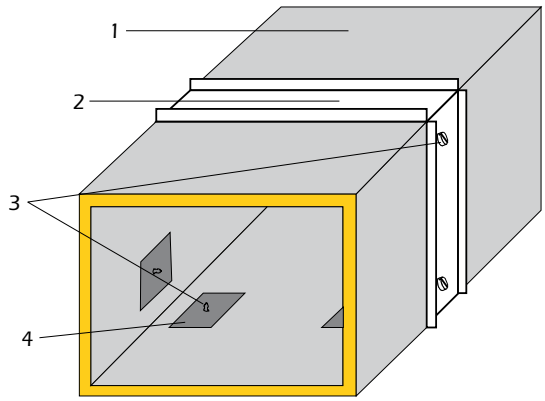
9.7.4. Refuerzos

Los conductos, ***CLIMAVER*** Plus R, Neto y A2 se encuadran, por su rigidez, en la Clase R5 de acuerdo a la norma EN13403, lo que permite aumentar la distancia entre refuerzos a colocar en el conducto. La distancia entre refuerzos vendrá dada según la sección del conducto y de presión máxima del caudal de aire, siempre con el objetivo de no alcanzar la deflexión máxima, siendo ésta la centésima parte de la medida del lado del conducto.

Habitualmente se utilizan dos tipos de refuerzo: mediante varillas, cuyo uso desaconsejamos porque al traspasar el conducto dificultan la limpieza, y mediante perfiles en U o en T. Se explica aquí la realización de refuerzos siguiendo este último método.

Para realizar un refuerzo necesitamos, un perfil en U (o en T) que recorrerá todo el perímetro del conducto, recortes de chapa de 50x150 mm, tornillos de rosca chapa, y cinta adhesiva. Se procede de la siguiente forma:

Se toma la medida exterior de cada uno de los lados del conducto para posteriormente cortar las alas del perfil con esas mismas medidas. De esta forma se podrá doblar el perfil para ajustarlo al perímetro exterior del conducto.

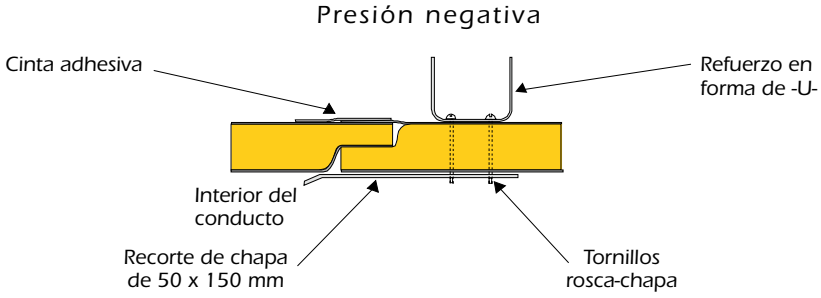


1. Conducto Climaver
2. Perfil en -U-
3. Tornillos rosca-chapa
4. Plancha metálica

En el último corte del perfil se deja una lengüeta que se utilizará para unir, con tornillo y rosca, el principio y el final del perfil, formando un rectángulo con las dimensiones exteriores.

Se realizan perforaciones en el perfil. Las perforaciones estarán separadas entre sí a intervalos suficientes para cumplir con la condición de deflexión.

Se sitúa el perfil ya cortado en la unión entre paneles (unión macho-hembra) y con un tornillo de rosca chapa se atraviesa el perfil por las perforaciones realizadas, el panel del conducto y las chapas recortadas que se colocarán por la parte interior del conducto. Las chapas serán suficientemente largas para alcanzar el panel siguiente de la red de conductos y tendrá un espesor de 0,8 ó 1,2 mm.



Las tablas I, II y III indican los tipos de refuerzo y distancia entre los mismos, en función de los siguientes parámetros:

Dimensión máxima interior del conducto en mm.

- Para una deflexión máxima de L/100 de la luz (distancia entre soportes).
- Presión máxima de trabajo del conducto en Pa. (sólo se han considerado presiones de hasta 500 Pa, aunque todos los CLIMAVERES excepto ***CLIMAVER*** PLATA soportan presiones de hasta 800 Pa).
- Rigidez del panel.

TABLA I

Refuerzos exteriores (presión máx. 150 Pa)

Dimensión interior	Rigidez del panel			
	CLIMAVER PLATA		CLIMAVER PLUS R, CLIMAVER NETO, CLIMAVER A2, A2 NETO Y SISTEMA CLIMAVER METAL	
Máxima (mm)	Distancia (m)		Distancia (m)	
	0,6	1,2	0,6	1,2
≤ 375	●	●	●	●
376 - 450	●	●	●	●
451 - 600	●	●	●	●
601 - 750	●	●	●	●
751 - 900	●	●	●	●
901 - 1.050	(0,8) 25	■	●	●
1.051 - 1.200	(0,8) 25	■	⇨	(0,8) 25
1.201 - 1.500	(0,8) 25	■	⇨	(0,8) 25
1.501 - 1.800	(0,8) 25	■	⇨	(1,2) 25
1.801 - 2.100	(0,8) 25	■	⇨	(1,2) 30
2.101 - 2.400	(0,8) 30	■	⇨	(1,2) 40

● El conducto no necesita refuerzos.

■ El conducto no puede tener refuerzos a esa distancia.

⇨ El conducto puede tener el refuerzo correspondiente a la distancia superior.

Entre paréntesis figura el espesor de la chapa y la altura del refuerzo.

TABLA II

Refuerzos exteriores (presión máx. 250 Pa)

Dimensión interior	Rigidez del panel			
	CLIMAVER PLATA		CLIMAVER PLUS R, CLIMAVER NETO, CLIMAVER A2, A2 NETO Y SISTEMA CLIMAVER METAL	
Máxima (mm)	Distancia (m)		Distancia (m)	
	0,6	1,2	0,6	1,2
≤ 375	●	●	●	●
376 - 450	●	●	●	●
451 - 600	●	●	●	●
601 - 750	(0,8) 25	■	●	●
751 - 900	(0,8) 25	■	●	●
901 - 1.050	(0,8) 25	■	⇨	(0,8) 25
1.051 - 1.200	(0,8) 25	■	⇨	(0,8) 30
1.201 - 1.500	(0,8) 25	■	(0,8) 25	■
1.501 - 1.800	(1,2) 25	■	(1,2) 25	■
1.801 - 2.100	(1,2) 30	■	(1,2) 25	■
2.101 - 2.400	(1,2) 30	■	(1,2) 30	■

● El conducto no necesita refuerzos.

■ El conducto no puede tener refuerzos a esa distancia.

⇨ El conducto puede tener el refuerzo correspondiente a la distancia superior.

Entre paréntesis figura el espesor de la chapa y la altura del refuerzo.

TABLA III

Refuerzos exteriores (presión máx. 500 Pa)

Dimensión interior	Rigidez del panel			
	CLIMAVER PLATA		CLIMAVER PLUS R, CLIMAVER NETO, CLIMAVER A2, A2 NETO Y SISTEMA CLIMAVER METAL	
Máxima (mm)	Distancia (m)		Distancia (m)	
	0,4	0,6	0,4	0,6
≤ 375	●	●	●	●
376 - 450	⇨	(0,8) 25	●	●
451 - 600	⇨	(0,8) 25	●	●
601 - 750	(0,8) 25	■	⇨	(0,8) 25
751 - 900	(0,8) 25	■	⇨	(0,8) 25
901 - 1.050	(0,8) 25	■	⇨	(0,8) 25
1.051 - 1.200	(0,8) 25	■	⇨	(0,8) 25
1.201 - 1.500	(0,8) 25	■	⇨	(0,8) 30
1.501 - 1.800	(1,2) 25	■	⇨	(1,2) 30
1.801 - 2.100	(1,2) 30	■	⇨	(1,2) 40
2.101 - 2.400	(1,2) 40	■	⇨	(1,2) 50

● El conducto no necesita refuerzos.

■ El conducto no puede tener refuerzos a esa distancia.

⇨ El conducto puede tener el refuerzo correspondiente a la distancia superior.

Entre paréntesis figura el espesor de la chapa y la altura del refuerzo.

Nota: Para presiones superiores a 500 Pa, utilizar la tabla III.

9.7.5. Soportes

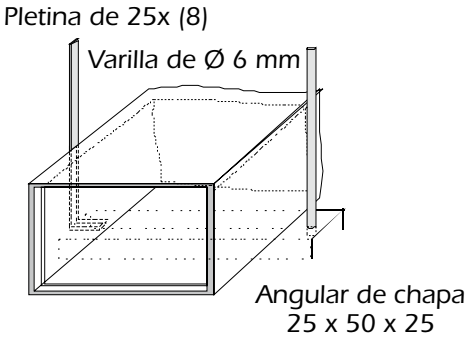
9.7.5.1. Soportes para Conductos Horizontales

La instalación final de los conductos en el techo se realiza con la ayuda de soportes. La distancia entre soportes viene dada en función de la sección del conducto según la siguiente tabla.

Dimensión interior (mm)	Distancia máxima (m)
< 900	2,4
900 a 1.500	1,8
> 1.500	1,2

Además, se debe tener en cuenta que no pueden coincidir más de dos uniones transversales entre soportes. Cuando el perímetro del conducto es inferior a 2 m y no lleva refuerzos, podrán existir hasta dos uniones transversales entre soportes.

— La forma más usual para soportar los conductos es mediante un perfil horizontal en «U» de dimensiones 25 x 50 x 25 mm de chapa galvanizada de 0,8 mm. de espesor.



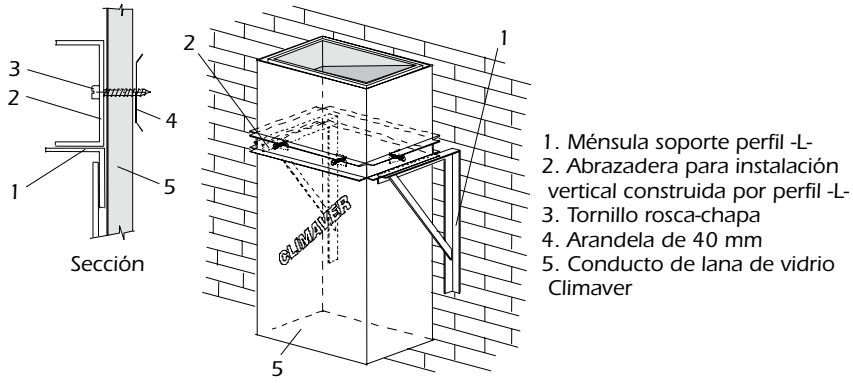
— Este perfil en U irá sujeto al techo por medio de dos varillas roscadas de, al menos, 6 mm de diámetro o bien pletinas de 25 mm x 8 mm.

— Cuando el conducto esté reforzado es conveniente que el soporte coincida con el refuerzo, siempre y cuando se cumpla la distancia máxima según la tabla anterior. En este caso, los elementos verticales del soporte estarán unidos, mediante dos pletinas y tornillos, al marco de refuerzo.

Cabe destacar que en el caso del nuevo Sistema ***CLIMAVER*** Metal los conductos apenas ganan peso con la incorporación de los perfiles (400 gramos). Así, no es necesario modificar los soportes al instalar el Sistema ***CLIMAVER*** Metal.

9.7.5.2. Soportes Verticales

Los soportes verticales se colocarán a una distancia máxima de 3 m.



Cuando el conducto se soporta sobre una pared vertical, el anclaje deberá coincidir con el refuerzo. En este caso habrá que instalar un manguito de chapa fijado al elemento de refuerzo.

El soporte se realizará con un perfil angular de 30 x 30 x 3 mínimo (en mm).

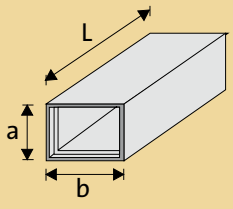
9.7.6. Medición de Conductos ***CLIMAVER***

Para calcular los metros cuadrados de ***CLIMAVER***, sea cual fuere el producto específico de la Gama, instalados en una red de conductos a partir de las secciones interiores de cada elemento o tramo que compone dicha red, se aplican habitualmente las «Normas de Medición de Conductos Aislantes» de ANDIMA (Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes).

Esta norma proporciona un método de medición y cuantificación para los trabajos de aislamiento térmico de conductos.

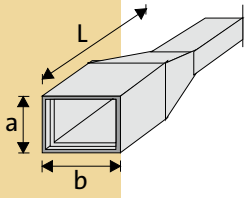
Las superficies se miden siempre por la cara exterior del conducto. Aunque no está recogido por esta norma, en ocasiones es habitual incluir un 10-15 % de merma, ya que determinadas piezas como son conexiones a máquina, rejillas y piezas no estándar tienen mucho desperdicio.

Conducto recto



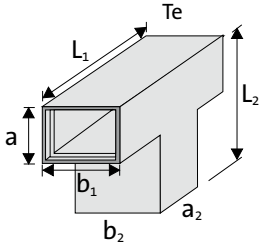
$S = 2 \cdot (a + b) \cdot L$

Reducción



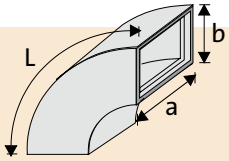
$S = 2 \cdot (a + b) \cdot L$

Te



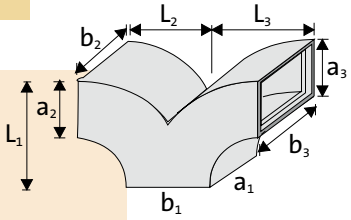
$S = 2 \cdot (a_1 + b_1) \cdot L_1 + 2 \cdot (a_2 + b_2) \cdot L_2$

Codo curvo



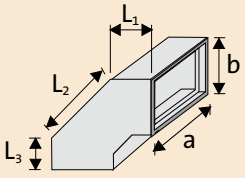
$S = 2 \cdot (a + b) \cdot L$

Pantalón curvo



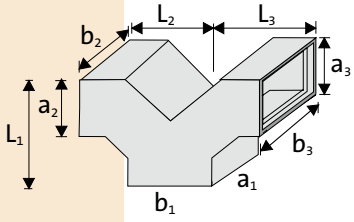
$S = 2 \cdot (a_1 + b_1) \cdot L_1 + 2 \cdot (a_2 + b_2) \cdot L_2 + 2 \cdot (a_3 + b_3) \cdot L_3$

Codo a tres tramos



$S = 2 \cdot (a + b) \cdot (L_1 + L_2 + L_3)$

Pantalón recto



$S = 2 \cdot (a_1 + b_1) \cdot L_1 + 2 \cdot (a_2 + b_2) \cdot L_2 + 2 \cdot (a_3 + b_3) \cdot L_3$

ANEXOS

ANEXO I. conductos y RITE

Anexo. Consideraciones de diseño y dimensionado referentes a conductos en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios

Espesor mínimo de aislamiento

Los espesores mínimos de aislamiento en conductos, según el RITE, deben ser los siguientes:

a) Para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/(m · K):

	En interiores (mm)	En exteriores (mm)
Aire caliente	20	30
Aire frío	30	50

b) Para un material con conductividad térmica distinta a la anterior, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando la siguiente ecuación para superficies planas:

$$d = d_{ref}\left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}}\right)$$

En el caso de la gama ***CLIMAVER***, la conductividad del material a 10° C es de 0,032 W/m.K. Si aplicamos la fórmula, nos da el siguiente espesor mínimo de referencia:

$$d = d_{ref}\left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}}\right) = 30\ mm \quad \left(\frac{0.032}{0.040}\right) = 24\ mm$$

La gama ***CLIMAVER*** tiene un espesor de 25 mm, por lo tanto cumple la exigencia del RITE en cuanto a espesores mínimos de aislamiento en interior de edificios, tanto para aire frio como para caliente.

Estanqueidad de redes de conductos

"Las redes de conductos tendrán una estanquidad correspondiente a la clase B o superior, según la aplicación." I.T. 1.2.4.2.3.

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

CLIMAVER **neto** y ***CLIMAVER PLUS R*** tienen una estanqueidad clase C, superior a la requerida, según ensayo CETIAT nº 2614286-9.

Presión máxima

Los conductos deben cumplir en materiales y fabricación, la norma UNE-EN 13403 para conductos no metálicos.

La presión máxima admitida en los conductos será la que venga determinada por el tipo de construcción, según la norma UNE-EN 13403 para conductos de materiales aislantes.

CLIMAVER* neto** y ***CLIMAVER PLUS R soportan unas presiones de trabajo de hasta 800 Pa, el máximo certificable, según ensayo CETIAT nº 2614286-8.

Seguridad frente al fuego

El Código Técnico de la Edificación regula los aspectos de seguridad frente al fuego.

Situación del elemento	Revestimientos (1)	
	De techos y paredes (2) (3)	De suelos (2)
Zonas ocupables (4)	C-s2, d0	E_{FL}
Aparcamientos	A2-s1, d0	$A2_{FL}$-s1
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1, d0	C_{FL}-s1
Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos, suelos elevados	B-s3, d0	B_{FL}-s2 (6)

(1) Siempre que superen 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 el 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 esta sección.
(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) esta condición no es aplicable.

El límite fijado por el CTE es B-s3,d0, mientras que los conductos ***CLIMAVER*** se clasifican como B-s1,d0 (nula emisión de humos).

Para mayores exigencias al fuego, ***CLIMAVER*** presenta su gama A2, con Euroclase A2-s1,d0, la mejor posible para un conducto de climatización.

Los conductos ***CLIMAVER*** sobrepasan el requisito de seguridad frente al fuego en las instalaciones, aportando mayor seguridad.

Limpieza

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 suciedad en los conductos es el principal responsable de la contaminación endógena del aire, lo que hace imprescindible la limpieza inicial, el filtrado adecuado de todo el aire circulante y un mantenimiento apropiado.

Los conductos ***CLIMAVER*** son limpiables por los métodos más agresivos de limpieza, tal y como certifica AELSA (Asociación Española de Limpieza de Instalaciones de Aire).

No proliferación bacteriana

Los materiales utilizados en 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 (EN 13403).

Los conductos **CLIMAVER** fabricados en lana inorgánica, no favorecen ni son nutrientes para la proliferación de microbios y bacterias, según informe de ANDIMA nº 0703023-01.

Absorción acústica

Los conductos **CLIMAVER neto** combinan excelente absorción acústica con un revestimiento de alta resistencia mecánica.

La absorción acústica a, es la relación entre la energía acústica y la incidente.

*Coeficientes de Absorción Acústica de **CLIMAVER neto** (*)*

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
Coeficiente α Sabine	0,25	0,60	0,65	0,95	1,00
Valores medios α_ω = 0,75; NRC = 0,8					

Atenuación acústica(*) en un tramo recto (dB/m) de 40x50 cm para distintos conductos

Conducto	Frecuencia (Hz)					Atenuación global (dB/m)
	125	250	500	1000	2000	
Chapa (sin aislar)	0,07	0,07	0,19	0,19	0,10	0,10
CLIMAVER Plus R	1,26	1,26	1,26	4,99	3,97	1,86
CLIMAVER Neto	1,67	4,99	5,52	8,86	9,45	4,55

*Atenuación acústica(*) en un tramo recto (dB/m) **CLIMAVER neto***

Sección (mm)	Frecuencia (Hz)					Atenuación global (dB/m)
	125	250	500	1000	2000	
200 x 200	3,71	11,09	12,26	19,70	21,00	8,45
300 x 400	2,17	6,47	7,15	11,49	12,25	5,63
400 x 500	1,67	4,99	5,52	8,86	9,45	4,55
400 x 700	1,46	4,36	4,81	7,74	8,25	4,05
500 x 1000	1,11	3,33	3,68	5,91	6,30	3,19

(*) Atenuación acústica (ΔL, en dB/m) estimada mediante:

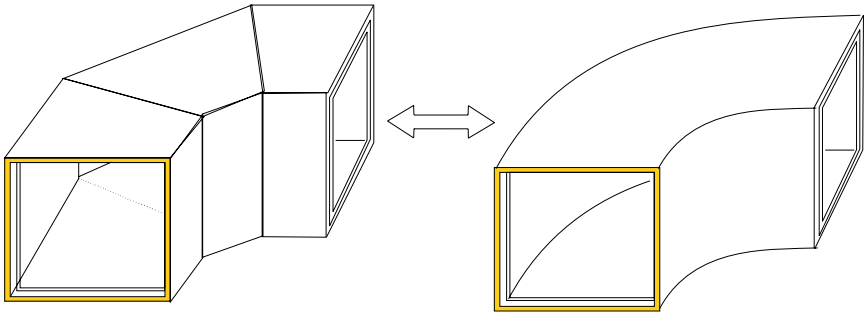
$\Delta L = 1{,}05.\alpha^{1{,}4}.\frac{P}{S}$ (α: coeficiente de absorción Sabine, P y S: perímetro y sección del conducto).

Para potencia sonora de un ventilador con un caudal de 20.000 m^3/h, pérdida de carga 15 mm.c.a. (fórmula de Madison-Graham).

Los conductos **CLIMAVER** es la máxima en un panelde aire acondicionado: αw = 0,75; NRC = 0,8

ANEXO II. informe.
pérdidas de carga.
método de “tapas” MTR

Anexo II: Informe del ensayo: Pérdidas de carga en conductos *CLIMAVER*



Los conductos para aire acondicionado realizados con paneles de lana de vidrio presentan, en codos y ramificaciones, pérdidas de carga ligeramente inferiores, o a lo sumo similares, al realizarse en tramos rectos frente a la realización a través de tramos curvos.

De hecho, así se comprueba en el ensayo de laboratorio que se reproduce a continuación.

INFORME - ensayo de pérdidas de carga en conductos *CLIMAVER*

II.1. Objeto

Análisis comparativo de las pérdidas de carga entre los dos sistemas más habituales de fabricación de figuras para redes de conductos realizadas a partir de paneles de lana de vidrio, revestidos por la cara interior con lámina de aluminio (***CLIMAVER*** PLUS y ***CLIMAVER*** PLUS R).

II.2. Antecentes

El sistema de fabricación de conductos más tradicional o comunmente denominado «por tapas», permite realizar redes de conductos con codos y figuras de envolventes de superficie curvas.

Este sistema presenta el inconveniente de que la calidad de las figuras y especialmente la de los codos, como figura más sencilla y habitual, está muy condicionada a la habilidad de ejecución del operario, y en todo caso, las superficies internas de la pieza presentan un elevado número de cortes interiores y por tanto juntas.

Dichas juntas, si no están correctamente ejecutadas pueden suponer zonas de acumulación de suciedad y de debilidad de las figuras.

El presente estudio pretende valorar las pérdidas de carga teniendo en cuenta, entre otros factores, la posible influencia en la fricción del aire de juntas interiores realizadas correctamente.

A partir de los sistemas de montaje empleados en los Estados Unidos de América, que descartan el sistema «por tapas» y las superficies curvas, Cristalería Española, S.A. ha desarrollado toda una metodología de montaje basada en la fabricación de figuras y, por tanto, de codos a partir de conductos rectos. Los elementos necesarios para realizar desviaciones en la distribución del aire en un ángulo de 90º se realizan con este método mediante dos cambios de dirección de 45º separados por una distancia mínima de 15 cm.

Las ventajas evidentes de este sistema, con un reducido número de juntas y una calidad y resistencia de las figuras muy superior, parecían no presentar más inconveniente que la eventual mayor pérdida de carga del nuevo tipo de codo, teniendo en cuenta una geometría aparentemente más desfavorable.

En todo caso, no debería existir una diferencia apreciable en pérdida de carga, ya que existían consideraciones favorables al nuevo sistema en este aspecto, (menor rugosidad superficial por tener menor número de cortes). Esto último lo avalaban experiencias de calculistas consultados sobre obras reales.

Para confirmar todo lo anterior, se decidió hacer el ensayo de evaluación que ha dado lugar al presente informe.

II.3. Ensayo

II.3.1. Montajes

Se construyeron montajes de igual geometría de conductos ***CLIMAVER*** PLUS, conectados a la salida de un ventilador centrífugo con motor de velocidad variable, capaz de producir al límite 8 m^3/s, con una presión de 110 mm.c.a.

Las condiciones de ensayo, fueron:

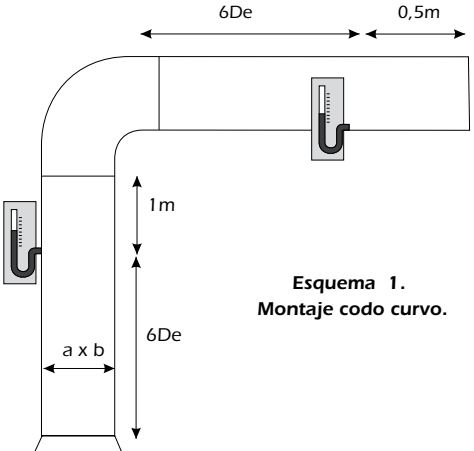
- Los montajes consistían en un tramo recto + un codo + un tramo recto.
- Los tramos rectos, eran de una longitud un metro superior a 6 diámetros de la sección circular equivalente a los conductos rectangulares.
  El diámetro equivalente de un conducto rectangular de sección axb, viene dado por el algoritmo:

$$De = \frac{2 \cdot (a \times b)}{(a + b)}$$

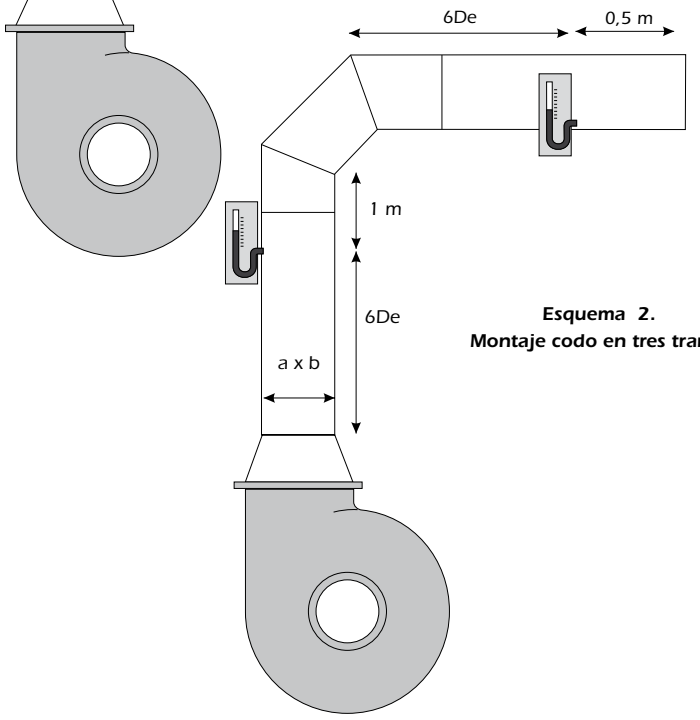
- Los conductos de ensayo se construyeron con dos secciones de 300 x 300 mm y 390 x 310 mm. Para cada sección, se construyeron dos tipos de codos: curvo y de tres piezas, cuidando que los desarrollos longitudinales de los codos fueran iguales para cada sección del conducto.
- La velocidad de circulación del aire, se determinó por un anemómetro situado aguas debajo de los codos, a seis diámetros equivalentes de la salida recta de los mismos + 0,5 m.

— La pérdida de carga del sistema, se determinó por medio de un tubo de Pitot, situando los captadores a 1 m antes de los codos y, aguas debajo de los codos, a seis diámetros equivalentes de la salida recta de los mismos.

El montaje puede observarse en los esquemas adjuntos.



Esquema 1.
Montaje codo curvo.



Esquema 2.
Montaje codo en tres tramos.

II.3.2. Resultados de los ensayos

En el cuadro adjunto (Tabla1), se presentan las medidas reales obtenidas en los ensayos:

TABLA 1

Velocidad m/s	Pérdidas de carga reales ΔP (mm c.a.)			
	Codo Red. 390 x 310 mm	Codo 3 piezas 390 x 310 mm	Codo Red. 300 x 300 mm	Codo 3 piezas 300 x 300 mm
7	2	1,5	1	1
14	8,5	—	—	5
15	—	8,5	6	—
20	20	—	—	—
22	—	20	15	13

La extensión de los resultados al espectro completo de velocidades, se puede realizar por ajuste de los valores reales a los valores teóricos, según:

$$\Delta P = C \times K_{Re} \times v^2/4$$

donde:

- el coeficiente «C», es función de la geometría del codo (sección y forma);
- el valor de «K_{Re}», depende del Re, pero tiende a 1 para valores de v > 5,5 m/s, para las secciones de ensayo.

En resumen: puede establecerse una aproximación suficiente para las pérdidas de carga, con una curva parabólica de forma:

$$\Delta P = K_i \times v^2$$

con valores de K_i diferentes para cada geometría, obtenida como promedio de resultados aplicando los valores reales de ensayo.

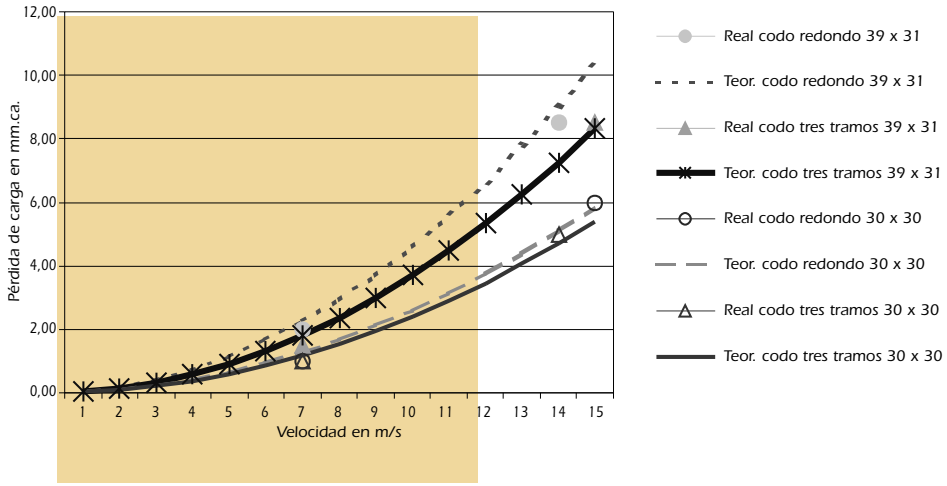
De todo esto resulta la Tabla 2.

TABLA 2

Velocidad m/s	Pérdidas de carga reales ΔP (mm c.a.)			
	Codo Red. 390 x 310 mm	Codo 3 piezas 390 x 310 mm	Codo Red. 300 x 300 mm	Codo 3 piezas 300 x 300 mm
1	0,05	0,04	0,03	0,02
2	0,18	0,15	0,10	0,10
3	0,41	0,33	0,23	0,22
4	0,74	0,59	0,42	0,38
5	1,15	0,93	0,65	0,60
6	1,66	1,33	0,94	0,86
7	2,25	1,81	1,27	1,18
8	2,94	2,37	1,66	1,54
9	3,73	3,00	2,11	1,94
10	4,60	3,70	2,60	2,40
11	5,57	4,48	3,15	1,90
12	6,62	5,33	3,74	3,46
13	7,77	6,25	4,39	4,06
14	9,02	7,25	5,10	4,70
15	10,35	8,33	5,85	5,40
16	11,78	9,47	6,66	6,14
17	13,29	10,69	7,51	6,94
18	14,90	11,99	8,42	7,78
19	16,61	13,36	9,39	8,66
20	18,40	14,80	10,40	9,60
21	20,29	16,32	11,47	10,58
22	22,26	17,91	12,58	11,62

Cuya representación gráfica sería:

Pérdidas de carga en codos curvos y en codos de tres tramos rectos



II.4. Conclusiones

De los resultados anteriores, se puede concluir:

a) Para la misma geometría, los codos de tres piezas (2 desvíos de 45º) presentan una ligera menor pérdida de carga con envolventes de superficie circular o curvada.

b) Las diferencias entre ambos sistemas de codos, son inapreciables para valores de velocidad < 7 m/s.

Los cálculos de pérdidas de carga realizados por los programas informáticos para figuras con superficies curvas (envolventes exteriores e interiores) son de aplicación para los montajes de redes de conductos construidos según el Método del Tramo Recto, sin necesidad de ajustes.

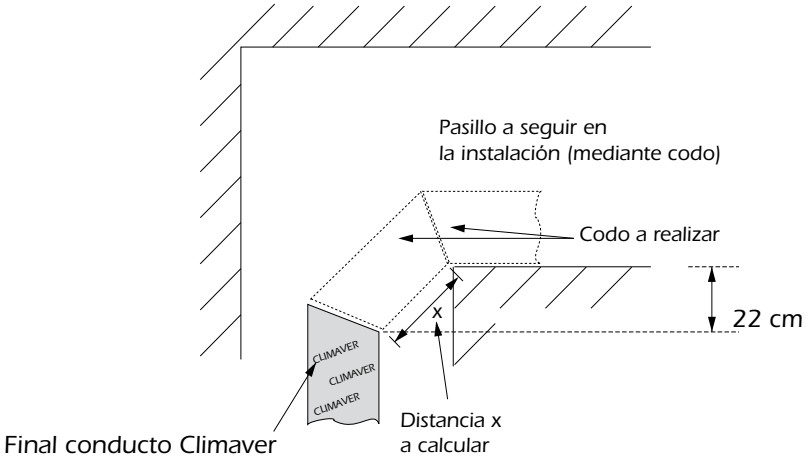
ANEXO III. informe. medidas de instalaciones de Climaver

Anexo III: Medidas en Instalaciones con Conductos *CLIMAVER*

Siguiendo el MÉTODO del TRAMO RECTO es sumamente fácil tomar las medidas adecuadas para ajustarse al diseño previsto de la instalación.

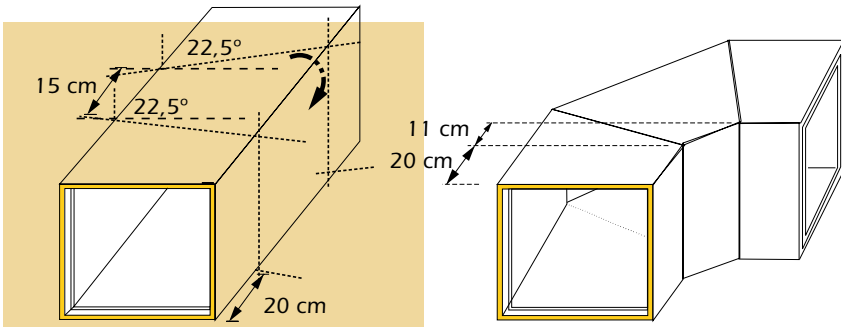
Se muestra esto a través de un ejemplo.

Supongamos una instalación en la que debemos hacer un codo y seguir pegados a la pared (figura 1)



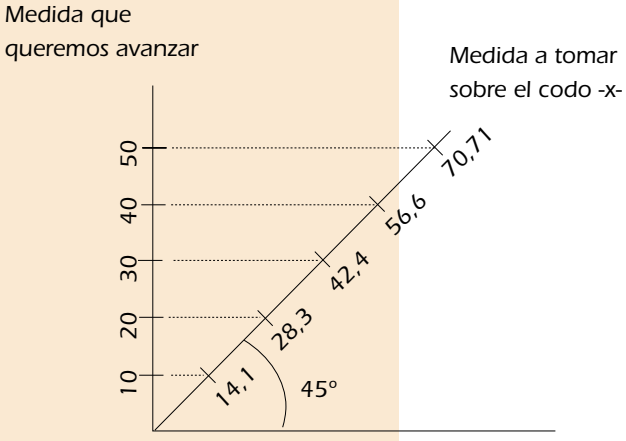
Desde el final del conducto, y hasta la pared nos faltan 22 cm. Estos 22 cm, los ganaremos con el codo que vamos a realizar para ajustarnos al cambio de la dirección.

En un codo estándar, por cada 15 cm que separemos los dos cortes a 22'5º (según las líneas-guía), ganamos 11 cm en altura.



Así, mediante una sencilla regla de tres, para conseguir 22 cm. necesitamos separar los dos cortes a 22'5º, 30 cm.

No obstante, para distancias donde no nos resulte tan fácil hacer una regla de tres es mucho más fácil trazar una pequeña plantilla como la que adjuntamos:



De esta forma, y mediante medición directa, obtenemos las medidas exactas para ajustarnos al diseño de la instalación.

ANEXO IV. qué no se debe hacer con Climaver

Anexo IV: Qué no se Debe Hacer con *CLIMAVER*

IV.1. Por Normativa

Según la **Norma EN 13403,** en el apartado 5 «Restricciones de aplicación», no se pueden utilizar conductos de lana de vidrio para:

- Conductos de extracción de campanas o cabinas de humo. (cocinas, laboratorios, etc.)
- Conductos de extracción de aire conteniendo gases corrosivos o sólidos en suspensión.
- Conductos instalados al exterior de edificios, sin protección adicional.
- Conductos enterrados, sin protección adicional.
- Para conductos verticales de más de 10 m. de altura, sin los soportes correspondientes.

No se deben utilizar conductos *CLIMAVER* cuando se superen los siguientes límites de aplicación:

- Presión estática máxima: 800 Pa (500 Pa para *CLIMAVER* PLATA).
- Velocidad máxima: 18 m/s (12 m/s para *CLIMAVER* PLATA).
- Temperatura máxima del aire: 60 °C al exterior del conducto y 90 °C al interior (65 °C para *CLIMAVER* Plus R)
- Temperatura mínima: –40 °C

No se deben utilizar cintas de aluminio que incumplan los siguientes requisitos:

- La anchura mínima nominal de la cinta será de 60 mm.
- La resistencia a la tracción será igual o superior a 45 N/cm
- La resistencia al despegue será de, al menos, 6,7 N/cm a 82 °C y tras 15 min. de prueba.

No se puede dejar sin reforzar los conductos cuando uno de sus lados sea mayor de 80 cm, para *CLIMAVER* Plata, o mayor de 90 cm para *CLIMAVER* Plus R, Neto y A2. (Ver capítulo 7 de montaje).

No se debe dejar de colocar soportes en las siguientes condiciones (Ver capítulo 7 de montaje):

Dimensión interior (mm)	Distancia máxima entre soportes (m)
< 900	2,4
900 a 1.500	1,8
> 1.500	1,2

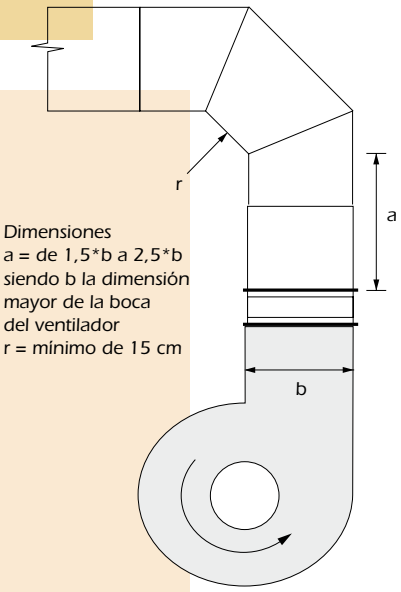
IV.2. Recomendaciones del fabricante

— No se deben realizar cortes interiores en el panel.

Así, no deben realizarse codos curvos, puesto que exigen la realización de cortes interiores en el panel para poder curvar el panel y ajustarlo a la forma del codo.

— La salida del ventilador debe continuar en un tramo recto de longitud entre 1,5 y 2,5 veces la dimensión mayor de la boca del ventilador.

Si se realizan reducciones tras la salida deben tener una inclinación máxima de 15˚.



Si se debe realizar un codo, el sentido de circulación del aire en el mismo se corresponderá con el del giro del ventilador.

La conexión al equipo ha de ajustarse interponiendo un acoplamiento flexible para evitar la propagación de vibraciones.

Por último, y en función de cuál sea la posición relativa de la brida del equipo y del conducto de aire podrá ser necesario disponer de un angular de chapa para reafirmar la conexión.

Como se ve, las diferentes disposiciones utilizan un tornillo para afianzar la fijación entre el Perfiver H y el panel. Otro aspecto a considerar es que no se debe introducir el panel en la salida de aire de la máquina.

— Las cintas de aluminio utilizadas deben tener, al menos, 65 mm de anchura, 50 micras de espesor, y estar en conformidad con la Norma UL-181.

ANEXO V. fichas de productos

Tabla de selección de productos

Producto	Aislamiento térmico	Absorción acústica	Comportamiento al fuego	Limpieza	Velocidad	Presentación	Página
Conductos autoportantes.							
Climaver Plus R	***	**	***	***	****	Panel	162
Climaver Neto	***	****	***	***	***	Panel	163
Climaver A2	***	**	****	***	****	Panel	164
Climaver A2 Neto	***	****	****	***	***	Panel	165
Climaver Deco	***	****	****	***	***	Panel	166
Conducto metálico. Aislamiento por el exterior.							
Isoair 30	***		***	****	****	Manta	172
Isoair 40	****		***	****	****	Manta	172
Isoair A2 30	***		****	****	****	Manta	173
Isoair A2 40	****		****	****	****	Manta	173
IBR Aluminio	****		***	***	****	Manta	174
Conducto metálico. Aislamiento por el interior.							
Intraver Neto	***	****	****	***	***	Manta	175
Conducto flexible.							
Flexiver D					**	Tubo	176
Flexiver Clima	***	**			**	Tubo	176

****Excelente ***Muy buen comportamiento **Buen comportamiento

CLIMAVER PLUS R

Climatización. Conductos Climaver.

DESCRIPCIÓN

Panel de lana de vidrio de alta densidad, revestido por ambas caras por aluminio (exterior: aluminio + malla de refuerzo + kraft; interior: aluminio + kraft) y con el canto macho rebordeado por el complejo interior del conducto. Incorpora un velo de vidrio en cada cara del panel para otorgar mayor rigidez.

APLICACIONES

- Conductos autoportantes para la distribución de aire en climatización fabricados a partir de paneles de lana de vidrio, con características aislantes térmicas y acústicas.

PROPIEDADES TÉCNICAS

Características técnicas según normativa

En este apartado se recogen todas las características técnicas requeridas en las normas de referencia:
EN 13404, EN 13501-1, EN ISO 354, EN 12086.

Características	Valor					
Conductividad térmica*	0,032 W/m·K					
Resistencia térmica*	R ≥ 0,75 (m² · K)/W					
Reacción al fuego	B-s1, d0					
Resistencia al paso de vapor de agua	127 m² · h · Pa/mg en la cara exterior					
Estanqueidad	Clase C					
Resistencia a la presión	800 Pa					
Coeficiente absorción acústica (α)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
	0,20	0,20	0,20	0,60	0,50	0,50

* Propiedades referidas a 10 °C .

Dimensiones (m)		Espesor (mm)	m²/Bulto	m²/Palé	m²/Camión
Largo	Ancho				
3,00	1,19	25	24,99	299,88	2399

ATENUACIÓN ACÚSTICA

Atenuación acústica en un tramo recto (dB/m) de **Climaver Plus R**

Sección (mm)	Frecuencia (Hz)				
	125	250	500	1000	2000
200 x 200	2,81	2,81	2,81	11,09	8,83
300 x 400	1,64	1,64	1,64	6,47	5,15
400 x 500	1,26	1,26	1,26	4,99	3,97
400 x 700	1,10	1,10	1,10	4,36	3,47
500 x 1000	0,84	0,84	0,84	3,33	2,65

Norma ISO, R-354. Según CSIC, Instituto de Acústica.

ENVEJECIMIENTO

Los conductos **Climaver** han superado satisfactoriamente varios test de envejecimiento acelerado, basados en múltiples ciclos con variación de temperatura y humedad. El más conocido es el Florida Test (21 ciclos de 8 horas de duración con variaciones de HR de 18% a 98% y de temperaturas de 25 ˚C a 55 ˚C).

VENTAJAS

- Complejo de aluminio y Kraft, sobre uno de los velos que otorga alta resistencia al panel, incorporado en el nucleo del panel.
- Rebordeado exclusivo del canto macho: permite una unión limpiable entre tramos, sin discontinuidad en el revestimiento interior.
- Superficie deslizante y resistente a la erosión de los sistemas de limpieza.
- Tratamiento del canto macho: resistencia continua al cepillado.
- Marcado de líneas guía **MTR**: referencia para la construcción de figuras de red de conductos mediante el **Método del Tramo Recto**.
- Resistencia mecánica: imposibilidad de desgarro y despegue en la construcción de los conductos.

SELLOS Y CERTIFICADOS

Los productos **Climaver** poseen los certificados CE, AENOR y Euceb.

www.isover.net
+34 901 33 22 11
isover.es@saint-gobain.com

ISOVER SAINT-GOBAIN
Construimos tu Futuro

CLIMAVER NETO

Climatización. Conductos Climaver.

DESCRIPCIÓN

Panel de lana de vidrio de alta densidad, revestido por aluminio (aluminio visto + kraft + malla de refuerzo + velo de vidrio) por el exterior y con un tejido de vidrio negro de alta resistencia mecánica por el interior (tejido **Neto**).

APLICACIONES

- Conductos autoportantes para la distribución de aire en climatización fabricados a partir de paneles de lana de vidrio, concebidos para ofrecer elevada atenuación acústica y favorecer su limpieza.

PROPIEDADES TÉCNICAS

Características técnicas según normativa

En este apartado se recogen todas las características técnicas requeridas en las normas de referencia:
EN 13404, EN 13501-1, EN ISO 354, EN 12086.

Características	Valor					
Conductividad térmica*	0,032 W/m·K					
Resistencia térmica*	R ≥ 0,75 (m² · K)/W					
Reacción al fuego	B-s1, d0					
Resistencia al paso de vapor de agua	148 m² · h · Pa/mg en la cara exterior					
Estanqueidad	Clase C					
Resistencia a la presión	800 Pa					
Coeficiente absorción acústica (α)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
	0,25	0,60	0,65	0,95	1,0	1,0
Pérdidas de carga	Se utiliza el ábaco establecido para la pérdida de carga en conductos **Climaver Neto**, obtenido a partir del Gráfico de Rozamientos de ASHRAE para conductos cilíndricos de chapa galvanizada, con la necesaria correlación de diamétro equivalente (conductos rectangulares).					

* Propiedades referidas a 10 °C .

Dimensiones (m)		Espesor (mm)	m²/Bulto	m²/Palé	m²/Camión
Largo	Ancho				
3,00	1,19	25	24,99	299,88	2399

ATENUACIÓN ACÚSTICA

Atenuación acústica(*) en un tramo recto (dB/m) **Climaver Neto**

Sección (mm)	Frecuencia (Hz)					Atenuación global (dB/m)
	125	250	500	1000	2000	
200 x 200	3,71	11,09	12,26	19,70	21,00	8,45
300 x 400	2,17	6,47	7,15	11,49	12,25	5,63
400 x 500	1,67	4,99	5,52	8,86	9,45	4,55
400 x 700	1,46	4,36	4,81	7,74	8,25	4,05
500 x 1000	1,11	3,33	3,68	5,91	6,30	3,19

(*) Atenuación acústica (ΔL, en dB/m) estimada mediante:

$\Delta L = 1{,}05.\alpha^{1.4}.\frac{P}{S}$ (α: coeficiente de absorción Sabine, P y S: perímetro y sección del conducto).

Para potencia sonora de un ventilador con un caudal de 20000 m³/h, pérdida de carga 15 mm.c.a. (fórmula de Madison-Graham).

VENTAJAS

- El revestimiento interior **Neto** es de alta resistencia mecánica, permitiendo la limpieza del conducto por los métodos más agresivos, como por ejemplo, cepillado (hágase la prueba de la moneda).
- Marcado de líneas guía **MTR**: referencia para la construcción de figuras de red de conductos mediante el **Método del Tramo Recto**.
- Resistencia mecánica: imposibilidad de desgarro y despegue en la construcción de los conductos.
- Estructura textil: permeabilidad total a las ondas sonoras y ausencia de perforaciones susceptibles de acumular suciedad.
- Tratamiento del canto macho.

SELLOS Y CERTIFICADOS

Los productos **Climaver** poseen los certificados CE, AENOR y Euceb.

CLIMAVER A2

Climatización. Conductos Climaver.

DESCRIPCIÓN

Panel de lana de vidrio de alta densidad, revestido por ambas caras por aluminio (exterior: aluminio+malla de fibra de vidrio; interior: aluminio+malla de fibra de vidrio), y con el canto macho rebordeado por el complejo interior de aluminio. Incorpora un velo de vidrio en cada cara del panel para otorgar mayor rigidez.

APLICACIONES

- Conductos autoportantes para la distribución de aire en la climatización, allí donde la exigencia al fuego sea elevada.

PROPIEDADES TÉCNICAS

Características técnicas según normativa

En este apartado se recogen todas las características técnicas requeridas en las normas de referencia:
EN 13404, EN 13501-1, EN ISO 354, EN 12086.

Características	Valor				
Conductividad térmica*	0,032 W/m·K				
Resistencia térmica*	R ≥ 0,75 ($m^2 \cdot K$)/W				
Reacción al fuego	A2-s1, d0				
Resistencia al paso de vapor de agua	127 $m^2 \cdot h \cdot Pa/mg$ en la cara exterior				
Estanqueidad	Clase C				
Resistencia a la presión	800 Pa				
Coeficiente absorción acústica (α)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz
	0,20	0,20	0,20	0,60	0,50

* Propiedades referidas a 10 °C .

Dimensiones (m)		Espesor (mm)	m^2/Bulto	m^2/Palé	m^2/Camión
Largo	Ancho				
3,00	1,19	25	21,42	299,88	2399

ATENUACIÓN ACÚSTICA

Atenuación acústica en un tramo recto (dB/m) **Climaver A2**

Sección (mm)	Frecuencia (Hz)				
	125	250	500	1000	2000
200 x 200	2,81	2,81	2,81	11,09	8,83
300 x 400	1,64	1,64	1,64	6,47	5,15
400 x 500	1,26	1,26	1,26	4,99	3,97
400 x 700	1,10	1,10	1,10	4,36	3,47
500 x 1000	0,84	0,84	0,84	3,33	2,65

Norma ISO, R-354. Según CSIC, Instituto de Acústica.

VENTAJAS

- **Climaver A2** es un panel de lana de vidrio de alta densidad, revestido por ambas caras con aluminio y malla de refuerzo.
- El aluminio actúa como revestimiento incombustible, que proporciona una excelente barrera de vapor y estanqueidad. Aporta un acabado liso y protege las superficies interior y exterior del conducto.
- La malla de refuerzo aumenta la resistencia al desgarro y al punzonamiento del aluminio y mejora la rigidez del panel.
- El doble velo incorporado en el alma del panel, aumenta excepcionalmente la resistencia a la flexión.
- Marcado de líneas guía **MTR**: referencia para la construcción de figuras de red de conductos mediante el **Método del Tramo Recto**.

SELLOS Y CERTIFICADOS

Los productos **Climaver** poseen los certificados CE, AENOR y Euceb.

CLIMAVER A2 NETO

Climatización. Conductos Climaver.

DESCRIPCIÓN

Panel de lana de vidrio de alta densidad, revestido por aluminio (aluminio visto + malla de refuerzo) por el exterior, y con un tejido de vidrio negro de alta resistencia mecánica por el interior (tejido **Neto**).

APLICACIONES

- Conductos autoportantes para distribución de aire en climatización, especialmente allí donde las exigencias acústicas, de limpieza interior y de seguridad contra el fuego sean elevadas.

PROPIEDADES TÉCNICAS

Características técnicas según normativa

En este apartado se recogen todas las características técnicas requeridas en las normas de referencia:
EN 13404, EN 13501-1, EN ISO 354, EN 12086.

Características	Valor				
Conductividad térmica*	0,032 W/m·K				
Resistencia térmica*	R ≥ 0,75 (m² · K)/W				
Reacción al fuego	A2-s1, d0				
Resistencia al paso de vapor de agua	127 m² · h · Pa/mg en la cara exterior				
Estanqueidad	Clase C				
Resistencia a la presión	800 Pa				
Coeficiente absorción acústica (α)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz
	0,25	0,60	0,65	0,95	1,0
Pérdidas de carga	Se utiliza el ábaco establecido para la pérdida de carga en conductos **Climaver Neto**, obtenido a partir del Gráfico de Rozamientos de ASHRAE para conductos cilíndricos de chapa galvanizada, con la necesaria correlación de diamétro equivalente (conductos rectangulares).				

* Propiedades referidas a 10 ˚C .

Dimensiones (m)		Espesor (mm)	m²/Bulto	m²/Palé	m²/Camión
Largo	Ancho				
3,00	1,19	25	21,42	299,88	2399

ATENUACIÓN ACÚSTICA

Atenuación acústica(*) en un tramo recto (dB/m) **Climaver Neto**

Sección (mm)	Frecuencia (Hz)					Atenuación global (dB/m)
	125	250	500	1000	2000	
200 x 200	3,71	11,09	12,26	19,70	21,00	8,45
300 x 400	2,17	6,47	7,15	11,49	12,25	5,63
400 x 500	1,67	4,99	5,52	8,86	9,45	4,55
400 x 700	1,46	4,36	4,81	7,74	8,25	4,05
500 x 1.000	1,11	3,33	3,68	5,91	6,30	3,19

(*) Atenuación acústica (ΔL, en dB/m) estimada mediante:

$\Delta L = 1{,}05.\alpha^{1.4}.\frac{P}{S}$ (α: coeficiente de absorción Sabine, P y S: perímetro y sección del conducto).

Para potencia sonora de un ventilador con un caudal de 20000 m³/h, pérdida de carga 15 mm.c.a. (fórmula de Madison-Graham).

VENTAJAS

- Máxima eficiencia frente al fuego.
- El revestimiento interior **Neto** es de alta resistencia mecánica, permitiendo la limpieza del conducto por los métodos más agresivos, como por ejemplo, cepillado (hágase la prueba de la moneda).
- Marcado de líneas guía **MTR**: referencia para la construcción de figuras de red de conductos mediante el **Método del Tramo Recto**.
- Resistencia mecánica: imposibilidad de desgarro y despegue en la construcción de los conductos.
- Estructura textil: permeabilidad total a las ondas sonoras y ausencia de perforaciones susceptibles de acumular suciedad.

SELLOS Y CERTIFICADOS

Los productos **Climaver** poseen los certificados CE, AENOR y Euceb.

CLIMAVER DECO

Climatización. Conductos Climaver.

NOVEDAD

DESCRIPCIÓN

Paneles para la fabricación de conductos autoportantes de distribución de aire en Climatización, fabricados a partir de lana de vidrio, y concebidos para su instalación vista (sin falso techo), conservando unas propiedades óptimas de reacción al fuego, e incorporando en su interior el tejido **neto**, para ofrecer elevada atenuación acústica y favorecer su limpieza.

APLICACIONES

- Panel idóneo para instalaciones de climatización vistas.
- El revestimiento exterior **deco** aporta el aspecto decorativo, barrera de vapor y una excelente clasificación al fuego.

PROPIEDADES TÉCNICAS

En la siguiente tabla se recogen todas las características técnicas referidas en las normas de referencia:
EN 13403, EN 13501-1, EN ISO 354, EN 12086.

Propiedades	Valores					
Conductividad térmica*	0,032 W/m·k					
Resistencia térmica*	0,75 (m^2 · K)/W					
Reacción al fuego	A2-s1, d0					
Resistencia al paso de vapor de agua	100 m^2 · h · Pa/mg en la cara exterior					
Estanqueidad	Clase C					
Resistencia a la presión	800 Pa					
Coeficiente absorción acústica (a)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
	0,25	0,60	0,65	0,95	1,0	1,0

* Propiedades referidas a 10 °C .

Esp. (mm)	Largo (m)	Ancho (m)	m^2/ Bulto	m^2/ Palé	m^2/Camión
25	3	1,19	24,99	149,94**	2399

** Como novedad con respecto a la gama existente, **Climaver deco** se sirve en medios palés.

GAMA

Rojo, Amarillo, Verde, Azul, Gris, Negro

Consultar pedido mínimo y plazo de entrega según color.
Se pueden suministrar otros colores especiales.

VENTAJAS

- Facilidad y rapidez de instalación.
- Mantiene sus propiedades en todo el proceso de instalación.
- No es medio adecuado para el desarrollo de microorganismos.
- No precisa de pintura exterior adicional.
- El revestimiento interior **neto** es de alta resistencia mecánica, permitiendo la limpieza del conducto por los métodos más agresivos, como por ejemplo, cepillado (hágase la prueba de la moneda).
- Promueve el ahorro y la eficiencia energética.

SELLOS Y CERTIFICADOS

Los productos de **Climaver** poseen los certificados CE, AENOR y Euceb.

www.isover.net
+34 901 33 22 11
isover.es@saint-gobain.com

ISOVER SAINT-GOBAIN
Construimos tu Futuro

ACCESORIOS CLIMAVER

Climatización.

Cinta Climaver

DESCRIPCIÓN

Cinta de aluminio de 65 mm de ancho y 50 micras de espesor. Tiene impresa la palabra **Climaver** como garantía de calidad.

APLICACIONES

- Realización de conductos autoportantes **Climaver** con el revestimiento exterior de aluminio visto.
  Aseguran la estanqueidad del conducto. Asegura la perfecta y permanente adhesión de la cinta al conducto. Se aplica a temperaturas mayores de 0 ˚C.

PRESENTACIÓN

Rollo de aluminio puro de 50 micras de espesor, 63 mm de ancho y 50 m de largo. En cajas de 12 rollos.

Cinta Climaver Neto

DESCRIPCIÓN

Cinta de 65 mm de ancho con adhesivo a base de resinas acrílicas, en color negro.

APLICACIONES

- Sellado de conductos **Climaver Neto**.

PRESENTACIÓN

Rollo de aluminio puro de 50 micras de espesor, 63 mm de ancho y 50 m de largo. En cajas de 12 rollos.

Cola Climaver

DESCRIPCIÓN

Adhesivo vinílico en dispersión acuosa. Especialmente concebido para la unión de lana de vidrio. Sin olor, no tóxico y no inflamable.

APLICACIONES

- Para aplicación en el sellado de las uniones interiores en la realización de figuras en todo tipo de conductos **Climaver** si se realizan siguiendo el **Método del Tramo Recto**.

PRESENTACIÓN

Bote de 1 litro. En cajas de 12 botes. Los botes se presentan con el tapón “boca abajo” para evitar el secado del producto.

Cinta Climaver Deco

DESCRIPCIÓN

Cinta con el revestimiento exterior del complejo **Deco** de 65 mm de ancho.

APLICACIONES

- Realización de conductos autoportantes Climaver **Deco**. Aseguran la estanqueidad del conducto y la perfecta y permanente adhesión de la cinta al conducto. Se aplica a temperaturas mayores de 0 ˚C.

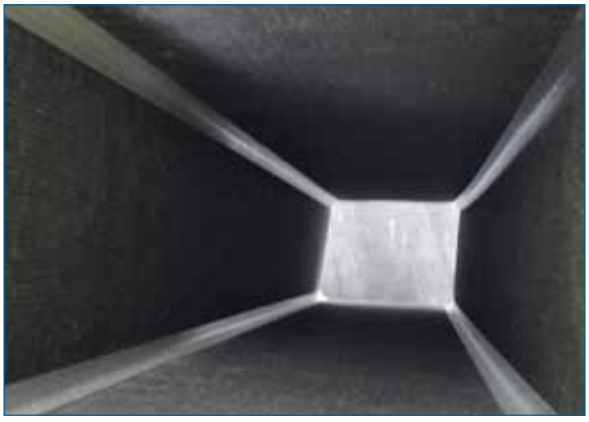
PRESENTACIÓN

Rollo 65 mm de ancho y 33 metros de largo. En cajas de 12 rollos.

ACCESORIOS CLIMAVER

Climatización.

El **RITE**, en su IT 3 - Mantenimiento, indica las operaciones que se deben realizar para garantizar la correcta conservación de las instalaciones. Para permitir una frecuente limpieza y por lo tanto, el mantenimiento de los conductos **Climaver**, **Isover** diseñó el **Sistema Climaver Metal**.
Este Sistema puede aplicarse a todos los paneles de la gama: consiste en la incorporación de los perfiles de aluminio **Perfiver L** en las aristas longitudinales del conducto. Así, se protegen las aristas longitudinales, asegurando que los cepillos de limpieza nunca entrarán en contacto con la lana de vidrio y, por lo tanto, no deteriorarán el panel. Para facilitar la tarea de la realización de los registros, se desarrollaron los perfiles **Perfiver H**, que garantizan la hermeticidad y calidad de los conductos.



Perfiver L

DESCRIPCIÓN
Perfil de aluminio extrusionado de 1,165 m de longitud. Diseñado para corte del panel para su plegado en media madera. Espesor aproximado: 1 mm.

APLICACIONES
- Realización de conductos del **Sistema Climaver Metal**. Se colocan en las aristas longitudinales de los conductos asegurando su limpiabilidad y aportando rigidez a los conductos.

PRESENTACIÓN
Paquete con 80 perfiles. Perfil de 1,165 m de longitud.

Perfiver H

DESCRIPCIÓN
Perfil de aluminio extrusionado en forma de h minúscula y de 2,00 m de longitud. Espesor aproximado: 1,1 mm.

APLICACIONES
- Especialmente diseñado para realizar puertas de inspección o registro, conexiones a máquina y/o a rejillas o difusores. Por tanto, su utilización no es exclusiva del **Sistema Climaver Metal**.
  La realización de las puertas de registro adecua las instalaciones de **Climaver** a las exigencias del RITE.

PRESENTACIÓN
Paquete con 20 perfiles. Perfil de 2 m de longitud.

HERRAMIENTAS CLIMAVER

Climatización.

Juego de herramientas* Climaver

DESCRIPCIÓN

Juego de herramientas, con el maletín correspondiente, para el corte de paneles **Climaver**. Realizan el corte en media madera que aumenta la rigidez y calidad de los conductos construidos, así como también los cortes **MTR**. Incorpora 3 huecos para depositar la grapadora, las grapas y el recambio de cuchillas.

APLICACIONES

- **Herramientas Climaver MM**
  Especialmente diseñadas para ser utilizadas junto a la Regla Escuadra **Climaver MM**, ya que, empleando conjuntamente ambas herramientas, la medida es directa, sin necesidad de contar ni descontar medidas en cada corte. Extraen la tira de lana de vidrio con facilidad y limpieza. Herramienta etiqueta roja: cortes longitudinales en el panel para su posterior doblado. Herramienta etiqueta azul: corte como el anterior pero dejando solapa para el grapado y final conformado del conducto. Herramienta negra: canteado del panel necesario para la unión de figuras. Contiene una pieza de polietileno para el ajuste de las cuchillas.
- **Herramientas MTR**
  Herramienta etiqueta amarilla: corte a 22,5° sobre el conducto recto* para la obtención de figuras por el **Método del Tramo Recto**. Herramienta etiqueta blanca: corte a 90° sobre el conducto recto* para la obtención de figuras según el **Método del Tramo Recto**.

* Según las lineas del revestimiento exterior.

Herramientas* Climaver

DESCRIPCIÓN

Juego de tres herramientas, con el maletín correspondiente, para el corte de paneles **Climaver**. Realizan el corte en media madera.

APLICACIONES

- **Herramientas Climaver MM**
  Especialmente diseñadas para ser utilizadas junto a la Regla Escuadra **Climaver MM**, ya que, empleando conjuntamente ambas herramientas, la medida es directa, sin necesidad de contar ni descontar medidas en cada corte. Extraen la tira de lana de vidrio con facilidad y limpieza. Herramienta etiqueta roja: cortes longitudinales en el panel para su posterior doblado. Herramienta etiqueta azul: corte como el anterior pero dejando solapa para el grapado y final conformado del conducto. Herramienta negra: canteado del panel necesario para la unión de figuras. Contiene una pieza de polietileno para el ajuste de las cuchillas.

*** Disponibles para zurdos.**

www.isover.net
+34 901 33 22 11
isover.es@saint-gobain.com

ISOVER SAINT-GOBAIN

Construimos tu Futuro

HERRAMIENTAS CLIMAVER

Climatización.

Regla Escuadra Climaver MM

DESCRIPCIÓN

Regla Escuadra de aluminio con los ángulos más utilizados predefinidos (90° y 45°). Simplifica las operaciones de medida y de corte de los conductos.

También disponible la regla escuadra para zurdos.

APLICACIONES

- Realización de conductos **Climaver**. En conjunción con las Herramientas **Climaver MM** permite la realización directa de los conductos sin necesidad de contar y descontar en cada medida.

PRESENTACIÓN

Embalaje unitario en un tubo de cartón, con asa para su transporte.

Grapadora Climaver

DESCRIPCIÓN

Grapadora para montaje de conductos **Climaver** según **MTR**.

APLICACIONES

- Grapado de conductos **Climaver**.

PRESENTACIÓN

Caja con una grapadora **Climaver**.

Cuchillos Climaver

DESCRIPCIÓN

Cuchillo con funda, indicado para cortes auxiliares.

APLICACIONES

- Accesorio de apoyo durante el montaje del conducto.

PRESENTACIÓN

Caja de cartón con 15 cuchillos con funda.

Espátulas Climaver

DESCRIPCIÓN

Espátulas de plástico semiflexible.

APLICACIONES

- Se utiliza para rematar el pegado de la cinta **Climaver** a los conductos.

PRESENTACIÓN

Embalaje en caja de cartón con 18 unidades.

www.isover.net
+34 901 33 22 11
isover.es@saint-gobain.com

ISOVER SAINT-GOBAIN
Construimos tu Futuro

HERRAMIENTAS CLIMAVER

Climatización.

Recambio 20 Cuchillas Climaver

DESCRIPCIÓN

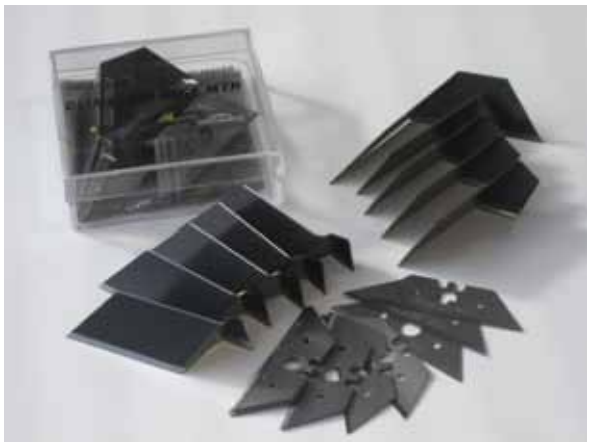
Juego de 20 cuchillas de recambio para herramientas **Climaver**.

APLICACIONES

- Recambio de cuchillas para los cinco manerales de las Herramientas **Climaver**.

PRESENTACIÓN

Una caja de cartón con 20 cajas de plástico, con 20 cuchillas de recambio cada una.



Grapas Climaver

DESCRIPCIÓN

Grapas de 14 mm para su utilización con la Grapadora **Climaver**.

APLICACIONES

- Grapado de las solapas y juntas en los conductos **Climaver**.

PRESENTACIÓN

Estuche de 5000 grapas de 14 mm.

Caja 20 lapiceros Neto

DESCRIPCIÓN

Lapiceros de madera de tinta blanca.

APLICACIONES

- Para marcar sobre el tejido **Neto** y facilitar el montaje del conducto.

PRESENTACIÓN

Caja de cartón con 20 lapiceros.

www.isover.net
+34 901 33 22 11
isover.es@saint-gobain.com

ISOVER SAINT-GOBAIN

Construimos tu Futuro

ISOAIR 30/ISOAIR 40

Climatización. Aislamiento exterior de conductos.

DESCRIPCIÓN

Manta de lana de vidrio, con un revestimiento de kraft + aluminio reforzado que actúa como soporte y barrera de vapor. Incorpora una solapa de 5 cm para un correcto sellado entre tramos aislados.

APLICACIONES

- Aislamiento térmico para el exterior de conductos metálicos para la distribución de aire en la climatización, y en general, donde se precise una barrera de vapor de baja permeabilidad.
- También para aislamiento térmico de depósitos y aparatos.
- Aislamiento acústico de bajantes.

PROPIEDADES TÉCNICAS

Propiedades	Valor
Conductividad térmica*	0,036 W/m·k (30 mm) 0,038 W/m·k (40 mm)
Resistencia térmica*	0,80 m² · K/W (30 mm) 1,05 m² · K/W (40 mm)
Reacción al fuego	B-s1, d0
Resistencia al paso de vapor de agua	103 m² · h · Pa/mg
Condiciones de trabajo	No se recomienda el empleo de este material para temperaturas del aire distribuido superiores a 120 °C

* Propiedades referidas a 10 °C .

Esp. (mm)	Largo (m)	Ancho (m)	m²/Bulto	m²/Palé	m²/Camión
30	14,00	1,20	16,80	336,00	6048
40	14,00	1,20	16,80	336,00	6048

VENTAJAS

- Facilidad y rapidez de instalación.
- No desprende polvo.
- Mantiene sus propiedades en todo el proceso de instalación.
- Material totalmente estable.
- Imputrescible e inodoro.
- No es medio adecuado para el desarrollo de microorganismos.
- Químicamente inerte y respetuoso con el medio ambiente.
- No precisa ningún tipo de mantenimiento.
- Producto sostenible.
- Promueve el ahorro y la eficiencia energética.

SELLOS Y CERTIFICADOS

Los productos de Climatización **Isover** poseen los certificados CE, AENOR y Euceb.

ISOAIR A2 30/ISOAIR A2 40

Climatización. Aislamiento exterior de conductos.

DESCRIPCIÓN

Manta de lana de vidrio, con un revestimiento de aluminio reforzado que actúa como soporte y barrera de vapor.

APLICACIONES

- Aislamiento térmico para el exterior de conductos metálicos para la distribución de aire en la climatización, y en general, donde se precise una barrera de vapor de baja permeabilidad.
  Isoair A2 dispone de la mejor clasificación al fuego para mantas de aislamiento por el exterior de conductos, por lo que es el más adecuado para exigencias elevadas al fuego.

PROPIEDADES TÉCNICAS

Propiedades	Valor
Conductividad térmica*	0,036 W/m·k (30 mm) 0,038 W/m·k (40 mm)
Resistencia térmica*	0,80 m² · K/W (30 mm) 1,05 m² · K/W (40 mm)
Reacción al fuego	A2-s1, d0
Resistencia al paso de vapor de agua	103 m² · h · Pa/mg
Condiciones de trabajo	No se recomienda el empleo de este material para temperaturas del aire distribuido superiores a 120 ˚C

* Propiedades referidas a 10 ˚C .

Esp. (mm)	Largo (m)	Ancho (m)	m²/Bulto	m²/Palé	m²/Camión
30	14,00	1,20	16,80	336,00	6048
40	14,00	1,20	16,80	336,00	6048

VENTAJAS

- Facilidad y rapidez de instalación.
- No desprende polvo.
- Mantiene sus propiedades en todo el proceso de instalación.
- Material totalmente estable.
- Imputrescible e inodoro.
- No es medio adecuado para el desarrollo de microorganismos.
- Químicamente inerte y respetuoso con el medio ambiente.
- No precisa ningún tipo de mantenimiento.
- Producto sostenible.
- Promueve el ahorro y la eficiencia energética.

SELLOS Y CERTIFICADOS

Los productos de Climatización **Isover** poseen los certificados CE, AENOR y Euceb.

www.isover.net
+34 901 33 22 11
isover.es@saint-gobain.com

ISOVER SAINT-GOBAIN
Construimos tu Futuro

IBR ALUMINIO

Climatización. Aislamiento exterior de conductos.

DESCRIPCIÓN

Manta de lana de vidrio, con un revestimiento de kraft + aluminio que actúa como soporte y barrera de vapor.

APLICACIONES

- Aislamiento térmico para el exterior de conductos metálicos para la distribución de aire en la climatización, y en general, donde se precise una barrera de vapor de baja permeabilidad. También para aislamiento térmico en naves industriales donde se precise barrera de vapor.

PROPIEDADES TÉCNICAS

Propiedades	Valor
Conductividad térmica*	0,044 W/m·k
Resistencia térmica*	1,20 $m^2 \cdot K/W$
Reacción al fuego	B-s1, d0
Resistencia al paso de vapor de agua	103 $m^2 \cdot h \cdot Pa/mg$
Condiciones de trabajo	No se recomienda el empleo de este material para temperaturas del aire distribuido superiores a 120 °C

* Propiedades referidas a 10 °C .

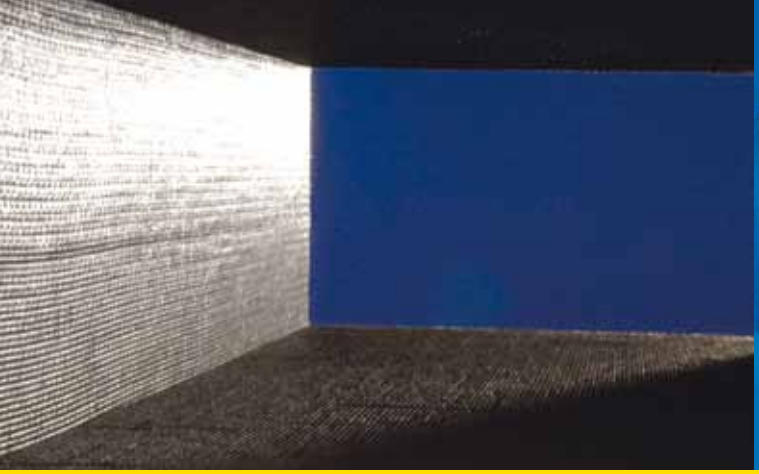
Esp. (mm)	Largo (m)	Ancho (m)	m^2/Bulto	m^2/Palé	m^2/Camión
55	14,00	1,20	16,80	336,00	6048

VENTAJAS

- Facilidad y rapidez de instalación.
- No desprende polvo.
- Mantiene sus propiedades en todo el proceso de instalación.
- Material totalmente estable.
- Imputrescible e inodoro.
- No es medio adecuado para el desarrollo de microorganismos.
- Químicamente inerte y respetuoso con el medio ambiente.
- No precisa ningún tipo de mantenimiento.
- Producto sostenible.
- Promueve el ahorro y la eficiencia energética.

SELLOS Y CERTIFICADOS

Los productos de Climatización **Isover** poseen los certificados CE, AENOR y Euceb.



INTRAVER NETO

Climatización. Aislamiento interior de conductos.

DESCRIPCIÓN

Manta de lana mineral **arena**, revestida con un tejido de vidrio color negro, tejido neto.

APLICACIONES

- Aislamiento térmico y acústico, especialmente esta última característica, para el interior de conductos metálicos para la distribución de aire en climatización.

PROPIEDADES TÉCNICAS

Propiedades	Valores				
Conductividad térmica*	0,032 W/m·k				
Resistencia térmica*	0,75 m²·K/W (25 mm) 1,25 m²·K/W (40 mm)				
Reacción al fuego	A2-s1, d0				
Resistividad al paso del aire (AF)	>5 kPa·s/m²				
Absorción acústica	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz
	0,06	0,26	0,53	0,79	0,93
Condiciones de trabajo	No se recomienda el empleo de este material para temperaturas del aire distribuido superiores a 120 °C				
* Propiedades referidas a 10 °C .					

Esp. (mm)	Largo (m)	Ancho (m)	m²/Bulto	m²/Palé	m²/Camión
25	20,00	1,20	24,00	---	6000
40	10,00	1,20	12,00	---	3000

VENTAJAS

- Facilidad y rapidez de instalación.
- No desprende polvo.
- Mantiene sus propiedades en todo el proceso de instalación.
- No es medio adecuado para el desarrollo de microorganismos.
- Químicamente inerte y respetuoso con el medio ambiente.
- Promueve el ahorro y la eficiencia energética.

SELLOS Y CERTIFICADOS

Los productos de Climatización **Isover** poseen los certificados CE, AENOR y Euceb.

SISTEMA DE MONTAJE EN CONDUCTOS DE CHAPA

Intraver Neto puede instalarse por medios mecánicos, o bien por medio de un adhesivo de contacto.

Debido a las excelentes propiedades mecánicas del tejido neto y a su unión estructural a la lana de vidrio, **Intraver Neto** puede manipularse y cortarse con facilidad, sin riesgo de roturas en su manipulación.

- Se fijan en el perímetro de los bordes transversales por el interior del modulo de conducto mediante remaches, perfiles en U de dimensiones 15x15x0,4 mm.
- Se cortan las piezas de **Intraver** de las medidas de cada uno de los 4 lados del modulo, aplicándole un adhesivo de contacto distribuido en franjas y en los bordes laterales, que coinciden con los ángulos de los lados del módulo.
- Inmediatamente a la aplicación del adhesivo se colocan las piezas de **Intraver**, introduciendo los bordes trasversales en los perfiles en U y presionando sobre el conducto.
- Para ciertas dimensiones de los lados del conducto además de fijarse el material aislante con adhesivo y el sistema descrito en la Fig. 1, se recomienda la colocación de una o dos "líneas" de anclaje. Más información en la ficha técnica.

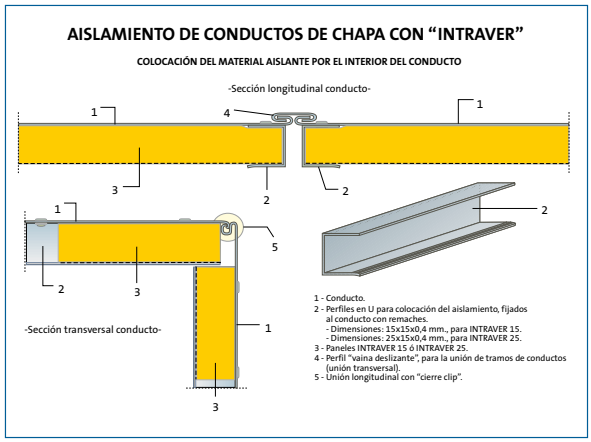


Figura 1

www.isover.net
+34 901 33 22 11
isover.es@saint-gobain.com

Construimos tu Futuro

FLEXIVER D/CLIMA, MANGUITO CORONA

Climatización. Conductos Flexibles.

Flexiver D

DESCRIPCIÓN

Conducto flexible compuesto de 3 capas: aluminio, poliester y aluminio.

APLICACIONES

- Distribución y ventilación de aire acondicionado y calefacción.
- Conexiones del conducto principal a las máquinas de climatización y a las unidades terminales de las instalaciones de aire acondicionado.

PRESENTACIÓN

Cajas de cartón con 10 metros útiles de tubo flexible, comprimido a 55 cm.

DIÁMETROS

Los diámetros fabricados van de 102, 127, 152, 160, 203, 254, 305, 315, 356 y 406 mm.

Propiedades	Valor
Reacción al fuego	M1
Presión máxima de uso	2500 Pa
Velocidad del aire	20-30 m/seg
Radios de curvatura	R = 0,7 Ø Ext.
Temperatura de utilización	Mínima: -20 ˚C Máxima: 250 ˚C

Manguito Corona

DESCRIPCIÓN

Manguitos de chapa galvanizada para la fijación de tubos flexibles a conductos de lana de vidrio. El manguito tiene múltiples pestañas (para la fijación al conducto), que se doblan con facilidad una vez instalado el manguito. Un bordón permite asegurar la fijación del tubo flexible con cinta de aluminio o abrazadera de nylon.

PRESENTACIÓN

Cajas de cartón con 10 manguitos.

DIÁMETROS

Los diámetros fabricados son: 102, 127, 152, 160, 203, 254 y 305 (mm).

Flexiver Clima

DESCRIPCIÓN

Conducto flexible formado por un tubo interior de **Flexiver D** aislado con un fieltro de lana de vidrio y recubierto exteriormente por una resistente manga de poliéster y aluminio reforzado.

APLICACIONES

- Conducto destinado a la distribución y ventilación de aire en las instalaciones de aire acondicionado y calefacción donde sea necesario un aislamiento térmico que evite las condensaciones.
- Conexiones del conducto principal a las máquinas de climatización y a las unidades terminales de las instalaciones de aire acondicionado.

PRESENTACIÓN

Cajas de cartón con 10 metros útiles de tubo flexible, comprimido a 1,25 m.

DIÁMETROS

Los diámetros fabricados van de 102, 127, 152, 160, 203, 254, 305, 315, 356 y 406 mm.

Propiedades	Valor
Reacción al fuego	M1
Presión máxima de uso	250 = 2500 Pa
Velocidad del aire	20-30 m/seg
Radios de curvatura	R = 0,8 Ø Ext.
Temperatura de utilización	Mínima: -20 ˚C Máxima: 250 ˚C

AISLAMIENTO

Fieltro de lana de vidrio de 20 mm de espesor 16 kg/m^3 de densidad.

www.isover.net
+34 901 33 22 11
isover.es@saint-gobain.com

ISOVER SAINT-GOBAIN
Construimos tu Futuro

CLUB DE INSTALADORES *CLIMAVER*

En todos los oficios, hay especialistas que aseguran la calidad del trabajo bien hecho. Los instaladores socios del Club Climaver, asisten a cursos de montaje, aprendiendo las técnicas más avanzadas, y asegurando la mayor calidad.

¡El Club de primera división!

Para más información: www.isover.net

comunicación impresa, s.l. - Depósito Legal: M-48935-2009

E-1-7-001

www.isover.net

isover.es@saint-gobain.com

+34 901 33 22 11

PVP: 5,14 €

SAINT-GOBAIN CRISTALERÍA, S.L.
Paseo de la Castellana, 77
28046 MADRID
isover.es@saint-gobain.com

ISOVER
SAINT-GOBAIN

Construimos tu Futuro

SAINT-GOBAIN