

CONDUCCIÓN DE AIRE  
ENERO DE 2013

# Acústica en Instalaciones

de Climatización.

CONDUCCIÓN DE AIRE  
NEW GENERATION



Una empresa  SAINT-GOBAIN

## 1. Introducción

En los proyectos de construcción, además de las necesidades que se pueden denominar como fundamentales, es necesario prestar especial atención a las condiciones acústicas y de transmisión de ruido, lo que requiere una correcta concepción del proyecto para definir las especificaciones acústicas eficientes para la funcionalidad de los espacios y el confort de sus usuarios.

Un resultado adecuado se tendrá si el aislamiento acústico se ha planificado e integrado de manera adecuada en las primeras fases de un proyecto. Para el control de ruido, cada detalle es importante e influirá positivamente en el nivel final de ruido. Una buena especificación acústica deberá tener en cuenta los múltiples factores correspondientes al proyecto.

Los ductos en lana de vidrio de FiberGlass Colombia S.A. son la mejor solución para los requerimientos acústicos de los proyectos.



## 2. Generalidades.

En una instalación de climatización, el ruido y las vibraciones generados por los equipos y las turbulencias causadas por el flujo del aire que circula a través de la red de distribución pueden generar niveles de ruidos que afecten el confort de los usuarios de los espacios.

Si la superficie interior de los conductos corresponde a un material duro, liso y rígido (Por ejemplo, una lámina metálica, poliestireno expandido o poliestireno extruido), se tendrá un sistema de distribución ruidoso que por medio de reflexiones acústicas en su interior generará resonancias llevando a la amplificación del ruido generado por el equipo de climatización y posiblemente haciendo que las paredes del ducto entren en vibración, transmitiendo así el ruido al resto del recinto y a espacios colindantes.

Además de contribuir a la eficiencia energética del acondicionamiento térmico los ductos en fibra de vidrio de FiberGlass Colombia S.A. ofrecen el mejor desempeño de absorción acústica del mercado.

### 3. Normatividad y Criterio acústico.

Normatividad internacional define las condiciones acústicas referentes a este tipo de instalaciones, en esta oportunidad citamos normatividad vigente en España.

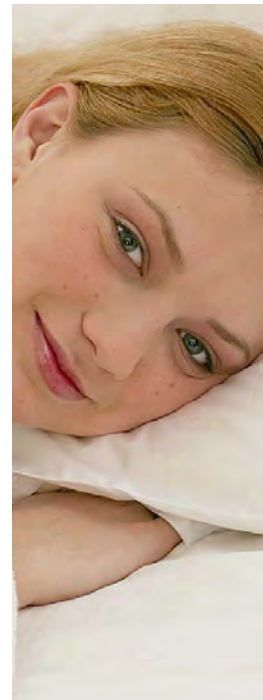
**1. RITE:** (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) Artículo 11 apartado 4: Calidad del ambiente acústico: en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de las instalaciones térmicas estará limitado.

**2. IT 1.1.4.4** Exigencia de calidad del ambiente acústico (Instrucción Técnica de la RITE): Las instalaciones térmicas de los edificios deben cumplir las exigencias del Documento Básico HR Protección frente al ruido del Código Técnico de Edificación, que les afecten.

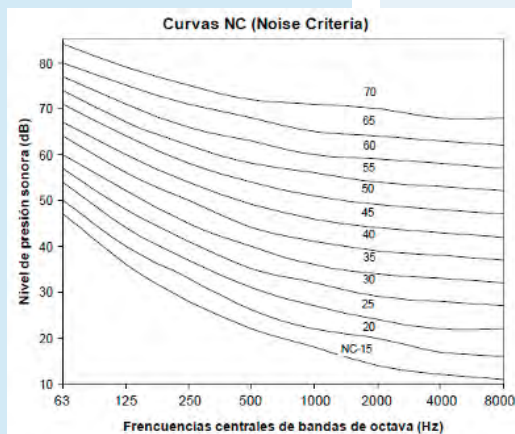
**3. Código Técnico de la Edificación Documento Básico HR de protección frente al ruido 3.3.3.2 Aire Acondicionado:** "Los conductos de aire acondicionado deben ser absorbentes acústicos cuando la instalación lo requiera y deben utilizarse silenciadores específicos".

**4. Norma UNE 100713:** Instalaciones de Acondicionamiento de Aire en hospitales: Apartado 5.3 Mediante las oportunas medidas constructivas se debe de evitar que, por la potencia sonora generada en la instalación de acondicionamiento de aire, se produzcan niveles de presión sonora mayores a los allí definidos.

Dichas normas se enmarcan en los criterios acústicos internacionales de confort. Estos definen los rangos adecuados para los diferentes tipos de recintos de acuerdo a su uso (funcionalidad y exigencia). Los mayormente aplicables son el NC (Noise Criteria) y RC (Room Criteria), pues tienen en cuenta la inclusión sistemas de conducción de aire acondicionado y calefacción.



#### Criterio de Confort NC



Es el criterio de confort acústico por excelencia. Las curvas NC fueron definidas por Leo Beranek en 1957.



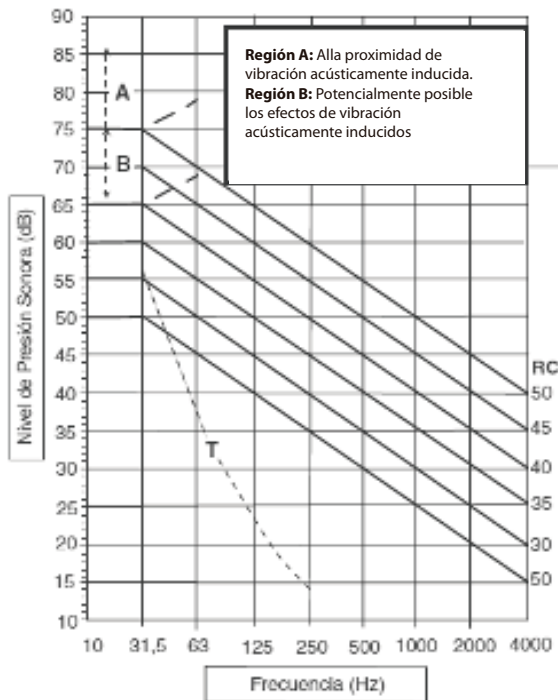
# CONDUCCIÓN DE AIRE NEW GENERATION

Tipos de recintos	Rango de NC
Fábricas para ingeniería ligera	55 - 75
Cocinas industriales	45 - 65
Recintos deportivos y piscinas	40 - 50
Grandes almacenes y tiendas	35 - 50
Restaurantes, bares, cafeterías y cafeterías privadas	35 - 45
Oficinas mecanizadas	35 - 45
Oficinas Generales	40 - 50
Despachos, bibliotecas, salas de justicia y aulas	30 - 35
Salas de hospitales y quirófanos	25 - 35

Valores criterio recomendados para cada recinto.

## Criterio RC

Desarrollado por Warren Blazier para ASHRAE \* en 1981, se usa principalmente para el diseño de sistemas de aire acondicionado y calefacción. En 1997 se actualizó (RC Mark II \*) incluyendo la clasificación de vibraciones y el índice de evaluación de calidad (QAI) utilizado para la estimación subjetiva del ruido.



\* American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

\* BLAZIER W.E. "RC Mark II: A Refined Procedure for Rating the Noise of Heating, Ventilating and Air-conditioning (HVAC) Systems in Buildings". J. Noise Control Engineering, 45(6), Nov - Dec 243- 250, 1997

Valores criterio recomendados para cada recinto.

Actividad o lugar	RC (N); QAI ≤ 5dB <sup>a,b</sup>	Espacios para artes interpretativas	
Residencias, Apartamentos, pisos	25-35	Teatros, sala de conciertos y recitales	25 (máx.)
<b>Hoteles/Moteles</b>		Estudios de enseñanza musical	25 (máx.)
Habitaciones individuales o suites	25-35	Salas de ensayo de música	35 (máx.)
Salas de reuniones o banquetes	25-35	<b>Laboratorios</b>	
Vestibulos, pasillos	35-45	Pruebas/investigación (existe una mínima comunicación)	45-55
Áreas de servicios o asistencia	35-45	Investigación (con uso extendido del teléfono, existe comunicación)	40-50
<b>Edificios de oficinas</b>		Iglesias, mezquitas, sinagogas	35-45
Oficinas ejecutivas y privadas	25-35	Asamblea general (con programas musicales importantes)	25-35
Salas de videoconferencias	25 (máx.)	<b>Escuelas</b>	
Oficinas abiertas		Aulas hasta 70m <sup>2</sup>	40 (máx.)
Vestibulos y pasillos	40-45	Aulas de más de 70m <sup>2</sup>	35 (máx.)
<b>Hospitales y Clínicas</b>		Grandes salas de conferencia (sin amplificadores para el discurso)	35 (máx.)
Habitaciones privadas	25-35	Librerías	30-40
Sala de consulta	30-40	Salas de Justicia	
Quirófanos	25-30	Sin amplificadores para el discurso	25-35
Pasillos y áreas públicas	30-40	Con amplificadores para el discurso	30-40
		Estadios cubiertos, gimnasios	
		Gimnasios, piscinas y espacios con una gran capacidad de aloro y amplificadores para el discurso.	40-45



CONDUCCIÓN DE AIRE  
NEW GENERATION



## 4. Parámetros de Entrada

Para realizar un diagnóstico adecuado y una correcta especificación de las soluciones acústicas se requiere conocer información específica correspondiente a datos que los fabricantes y proveedores de los equipos deberán suministrar. Parámetros de entrada:

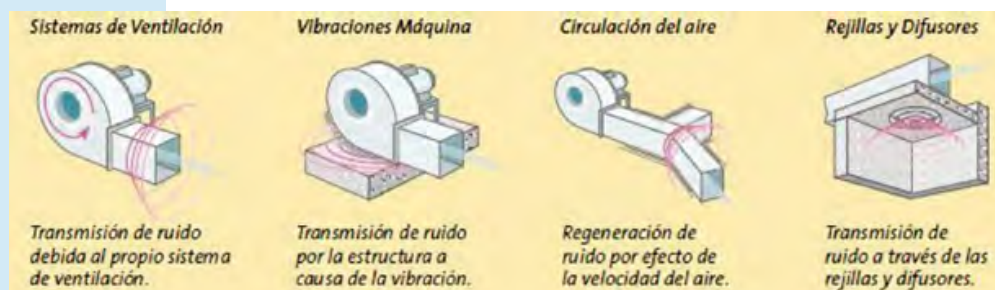
- Tipo de Fuente y espectro(s) de ruido generado(s).
- Los coeficientes de absorción sonora de los productos absorbentes utilizados en conductos de ventilación y aire acondicionado. ("prueba ASTM 423 y valor NRC del material")
- La atenuación de conductos prefabricados, expresada como pérdida por inserción ( $\Delta L$ ), y la atenuación total de los silenciadores que estén interpuestos en conductos o empotrados en fachadas o en otros elementos constructivos.
- El coeficiente de amortiguamiento, deflexión estática, la transmisibilidad, y carga máxima, de los sistemas antivibratorios utilizados en el aislamiento de maquinaria y conductos.

### 4.1. Fuentes

La clasificación de las diferentes tipologías de ruido generado en una instalación de Climatización en la fase de diseño, resulta necesaria para la propuesta de medidas de control.

Sobre el tipo de ruido generado, se debe diferenciar claramente la generación de ruido aéreo y de ruido estructural, ya que su tratamiento será diferente:

- Ruido aéreo: transmisión en el aire (por ejemplo, el ruido generado por las aspas de un ventilador). Lo trataremos con materiales absorbentes en Lana de Vidrio.
- Ruido Estructural: se transmite por el medio sólido y se disipa en el medio aéreo y debe de ser tratado con sistemas de amortiguación (antivibratorios, losas flotantes) que controlen la transmisión vía sólida sólida.



### 4.1.1. Sistemas de Ventilación

Los sistemas de ventilación, emiten ruido en todo el espectro de frecuencias debido al desplazamiento del aire y al movimiento de las aspas a una determinada velocidad (a medida que aumenta la velocidad de giro, aumenta el nivel de ruido emitido). Para proyectar la instalación, es necesario conocer los niveles de presión sonora en bandas de octava del ventilador a través del espectro sonoro del equipo, información que debe entregar fabricante (o proveedor) procedente de ensayos normalizados. En caso de ausencia de los mismos, existen expresiones y tablas que permiten disponer de un orden de magnitud de esta variable. Una de las expresiones más utilizadas es la de Madison-Graham:

$$L_w = 10 \log Q + 20 \log P + 40$$

Donde:

$L_w$ : Nivel de presión sonora del ventilador en dB

Q: Caudal de aire ( $m^3/s$ ).

P: Presión estática (Pa).

$$f_{aspas} = \frac{N_{aspas} \text{ RPM}_{ventilador}}{60}$$

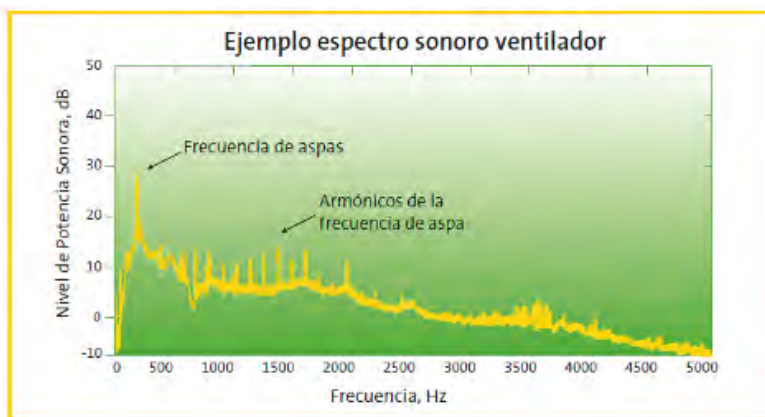
Donde:

$f_{aspas}$ : frecuencia característica del ventilador en Hz.

$N_{aspas}$ : número de aspas del ventilador.

RPM: velocidad del ventilador en revoluciones por minuto.

Los ventiladores presentan un pico a la llamada "frecuencia de aspas", que puede determinarse a través de la siguiente expresión:



A partir del valor global calculado anteriormente, podemos obtener los niveles de potencia sonora espectral aplicando las siguientes correcciones:





### Correcciones del espectro sobre $L_w$

	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
Ventilador Axial	-5	-6	-7	-8	-10	-13	-dB
Ventilador Centrifugo	-7	-12	-17	-22	-27	-32	-dB

#### 4.1.2. Unidades Interiores

El ruido aéreo generado por una máquina en un local interior, afecta al local donde se encuentre ubicado el equipo y desde este se produce una transmisión del ruido al resto del edificio. El nivel de presión sonora en este caso se puede determinar a través de la expresión:

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

Donde:

$L_{p_r}$ : nivel presión sonora a una distancia  $r$  de la fuente en dB.

$L_w$ : nivel de potencia acústica de la fuente en dB.

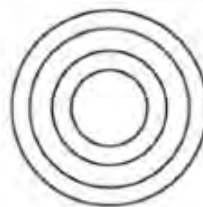
$d$ : distancia a la fuente en m.

$A$ : área absorbente del recinto en  $m^2$ .

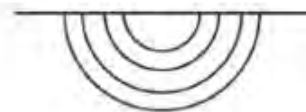
$\phi$ : factor de directividad de la fuente sonora.

#### 4.1.3. Unidades Exteriores

Para conocer los niveles de ruido generados por el equipo es necesario conocer la ubicación de éste, es decir, si está en el centro de una cubierta, si está en una esquina de una cubierta cerca de un muro, esto con el fin de definir el factor de directividad ( $\phi$ ).



$\phi=1$   
Radiación esférica



$\phi=2$   
Radiación hemisférica  
uniforme



$\phi=4$   
Radiación uniforme  
sobre 1/4 de esfera



$\phi=8$   
Radiación uniforme  
sobre 1/8 de esfera



Una vez se identifique el factor de directividad ( $\Phi$ ) se determina una distancia ( $d$ ) donde se evaluarán los niveles de ruido que llegan a ésta mediante la siguiente expresión.

$$L_{pr} = L_w + 10 \log \left( \frac{\Phi}{4\pi d^2} \right)$$

Donde:

$L_w$ : nivel de potencia sonora de la máquina en dB.

$\Phi$ : factor de directividad de fuentes puntuales emitiendo en campo abierto.

$d$ : distancia en m.

Ya que se trata de fuentes de ruido al exterior, el impacto que pueden generar aplica para la evaluación dentro del marco de la legislación nacional vigente, en Colombia es decir, Resolución 0627 de 2006 (Emisión de Ruido) y Resolución 8321 de 1983 (Inmisión de Ruido).

#### 4.1.4. Ductos Metálicos y Elementos Terminales

Los ductos fabricados en materiales duros, lisos y rígidos no son absorbentes y las rejillas o elementos terminales de un sistema de climatización son focos de generación de ruido, producido por las variaciones de la velocidad y dirección del flujo de aire.

En el diseño del sistema de aire se deben estudiar las características de la red de distribución teniendo en cuenta el ruido generado en:

- Tramos rectos.
- Elementos terminales como salidas Rejillas y Difusores.
- Otras fuentes de ruido.

Los niveles generados por estos sistemas deberán de ser informados por los fabricantes o pueden estimarse a partir de las siguientes expresiones:

En el caso de los conductos metálicos:

$$L_w = 50 \log V + 10 \log S + 7 \quad [\text{dB}]$$

$$L_{WA} = -25 + 70 \log V + 10 \log S \quad [\text{dBA}]$$

Donde:

$L_w$ : potencia sonora generada en conductos metálicos rectos.

$V$ : Velocidad en m/s.

$S$ : sección del conducto en  $\text{m}^2$ .



### Correcciones del espectro sobre $L_w$

F(Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
	-4	-6	-8	-13	-18	-23

$L_w$  es el nivel de potencia sonora generado al cual debe de realizarse la siguiente corrección por frecuencias para realizar los calculos en bandas de Octava.

### En de caso de rejillas y difusores:

$$L_{WA} = -4 + 70 \log V + 30 \log \zeta + 10 \log S \text{ [dBA]}$$

$$L_{WA} = -40 + 10 \log Q + 60 \log v + 10 \log \zeta \text{ [dBA]}$$

$$L_{WA} = -33 + 10 \log Q + 30 \log \Delta P \text{ [dBA]}$$

Donde:

V: velocidad de soplado en m/s.

$\zeta$ : Coeficiente de resistencia al flujo del difusor.

S: sección del conducto en  $m^2$ .

Q: Caudal de aire en  $m^3/h$ .

$\Delta P$ : pérdida de carga en Pa.

El aire que circula por los ductos produce una regeneración de ruido que se suma a la potencia sonora generada por el ventilador (reflexiones sonoras debido a material liso y duro). Producir cambios de secciones y ramificaciones es adecuado para disminuir la energía sonora procedente de la fuente pero puede ser perjudicial si se genera un flujo turbulento que genere nuevas fuentes de ruido e incremente la caída de presión en el sistema.



## 5. Control de Ruido en los conductos de Climatización

La absorción sonora es una propiedad acústica de los materiales y corresponde a su capacidad de absorber energía sonora y controlar la reverberación, a mayor porosidad del material mejor absorción tendrá.

Esta se define por el coeficiente de absorción sonora y se obtiene por medición de acústica en una cámara reverberante según la normativa ASTM C423 ó ISO354. Todos los ductos de Lana de Vidrio de FiberGlass Colombia ofrecen valores de coeficientes de absorción sonora altos y por tanto muy eficientes.

Cuando se estudian y definen las soluciones y materiales para control de ruido en una instalación de climatización, es necesario analizar la reducción o atenuación por cada banda de frecuencia (espectro de interés), teniendo especial cuidado con las frecuencias bajas, que son más difíciles de controlar.

En la siguiente tabla se muestran los valores de absorción medidos del DuctoGlass Gold.

Producto	α - Coeficiente de absorción acústica sabine del material						NRC
	125	250	500	1000	2000	400	
C1325,01 Series/Model DUCTOGLASS GOLD, mat faced, fiberglass board	0.10	0.23	0.63	0.94	0.91	0.97	0.70

### 5.1. Tramos Rectos

Un tramo recto es un sistema que produce una atenuación sobre el ruido generado por la instalación y cuya eficacia vendrá determinada por el coeficiente de absorción acústica de las paredes que constituyen el ducto. En el caso de los tramos rectos, la estimación de las pérdidas por inserción en conductos rectangulares se puede realizar teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$L = 1,05 \cdot \alpha^{1,4} \cdot \frac{P}{S} \cdot l$$

L: Atenuación acústica en dB.

α: Coeficiente de absorción acústica Sabine del material.

P: Perímetro interior del conducto en m.

S: Sección libre del conducto en m<sup>2</sup>.

l: longitud conducto recto en m.



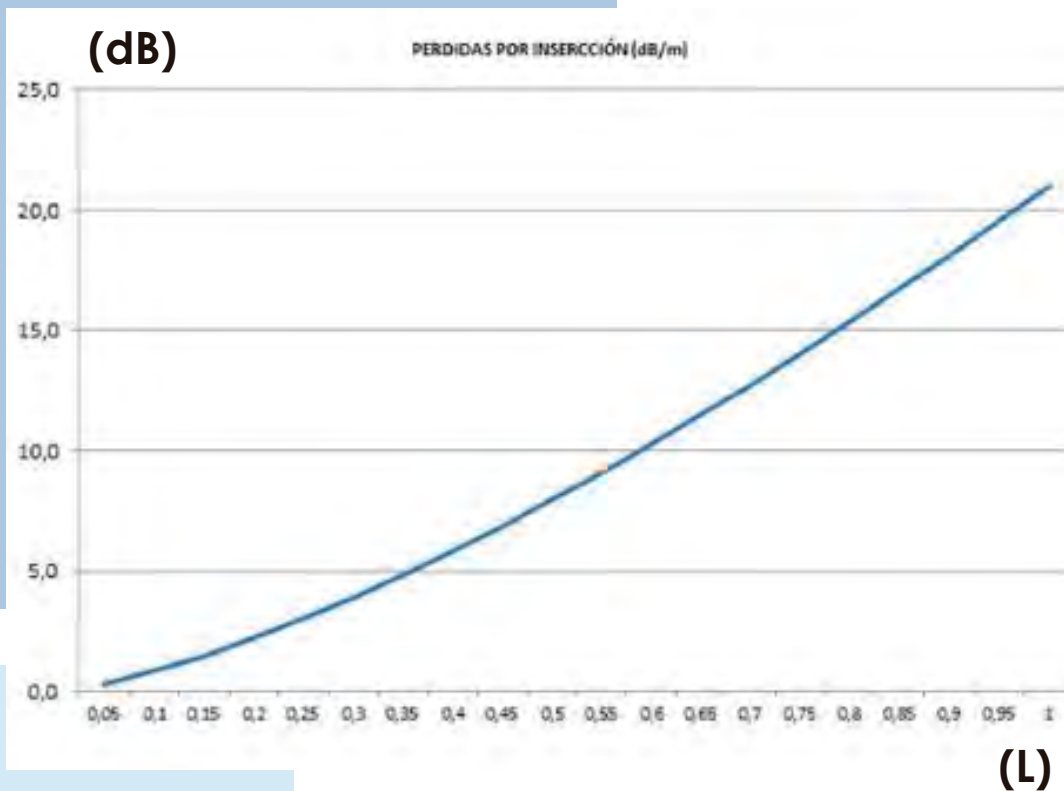
El coeficiente de absorción acústica depende de la frecuencia, y, por tanto, el cálculo debe realizarse para todas las bandas y la atenuación resultante depende de la frecuencia evaluada. En general, se comprueba que en ductos duros y lisos sin un revestimiento acústico interior, los sonidos se propagan apenas sin atenuación debido al bajo coeficiente de absorción sonora de dicho material.

De la anterior expresión se deduce que además de la longitud del tramo, existen dos factores que influyen en la atenuación acústica aportada por un conducto de aire:

**a)** Relación Perímetro-Sección: Cuanto mayor sea esta relación, mayores pérdidas por inserción.

**b)** Coeficiente de Absorción acústica del material del ducto (a): Depende de la porosidad y el espesor del producto.

En el siguiente gráfico, se muestran las pérdidas por inserción producidas por metro lineal, en función del coeficiente de absorción acústica del material utilizado para un ducto absorbente rectangular de 20 x 20 cm:



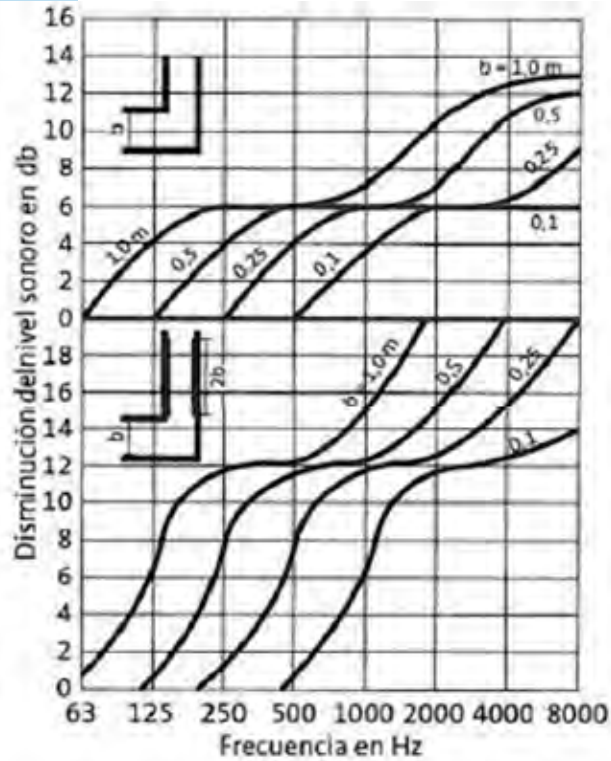
Existen ductos absorbentes en fibra de vidrio de FiberGlass Colombia, cuyos coeficientes de absorción acústica alcanzan valores de hasta 0.9, lo cual se traduce en eficientes pérdidas por inserción (atenuaciones a ruido) en este tipo de instalaciones.

En muchos casos, mediante la utilización de este tipo de ductos absorbentes, se llegan a obtener los valores de atenuación lo suficientemente altos, como para garantizar el confort acústico de los usuarios sin necesidad de utilizar silenciadores adicionales específicos.



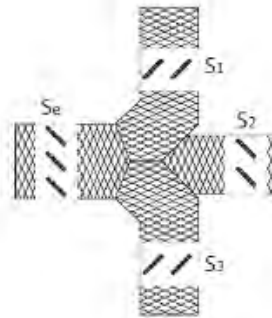
## 5.2. Cambios de Dirección.

Todo cambio de dirección en un ducto absorbente en forma de codo, provoca una atenuación sonora, que para unas frecuencias es mejor que para otras. Las pérdidas por inserción pueden determinarse a través la siguiente gráfica donde se obtiene la atenuación sonora producida por un codo en una red de distribución en función de las dimensiones y características geométricas de la acometida para materiales con revestimientos interiores absorbentes:



## 5.3. Derivaciones

Una derivación es una ramificación de un ducto en otros que pueden ser simétricos o asimétricos





En las derivaciones de flujo, se produce una atenuación sonora dada por la expresión:

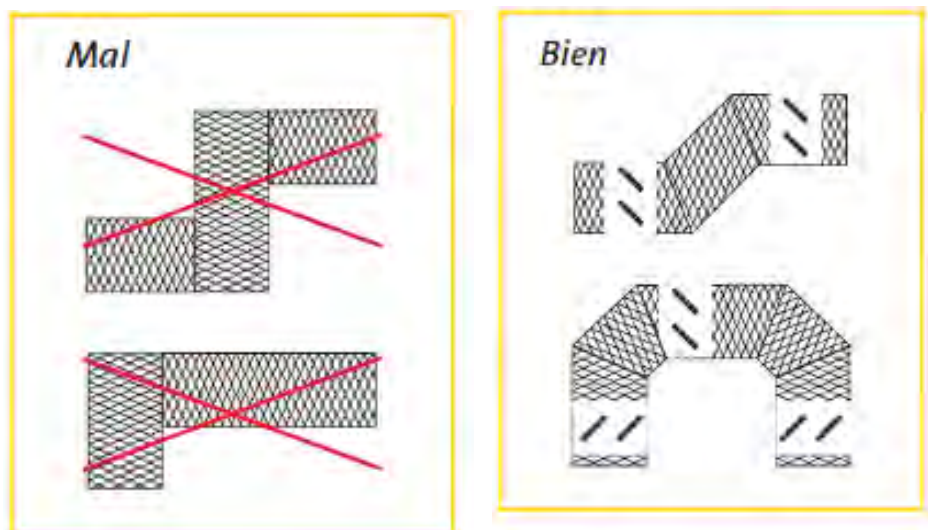
$$\Delta L = 10 \log \frac{S_e}{S_i}$$

Donde:

$S_i$ : es la sección del conducto considerado.

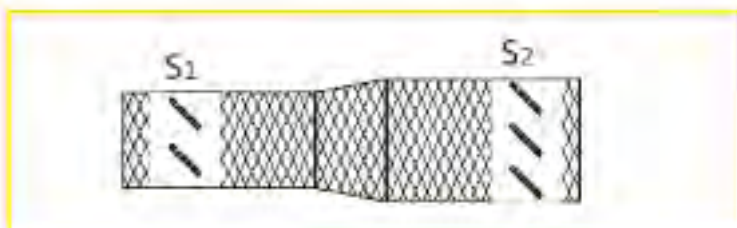
$S_e$ : sección conducto primario (de entrada).

**Ejemplos:**



## 5.4. Ensanches de Sección

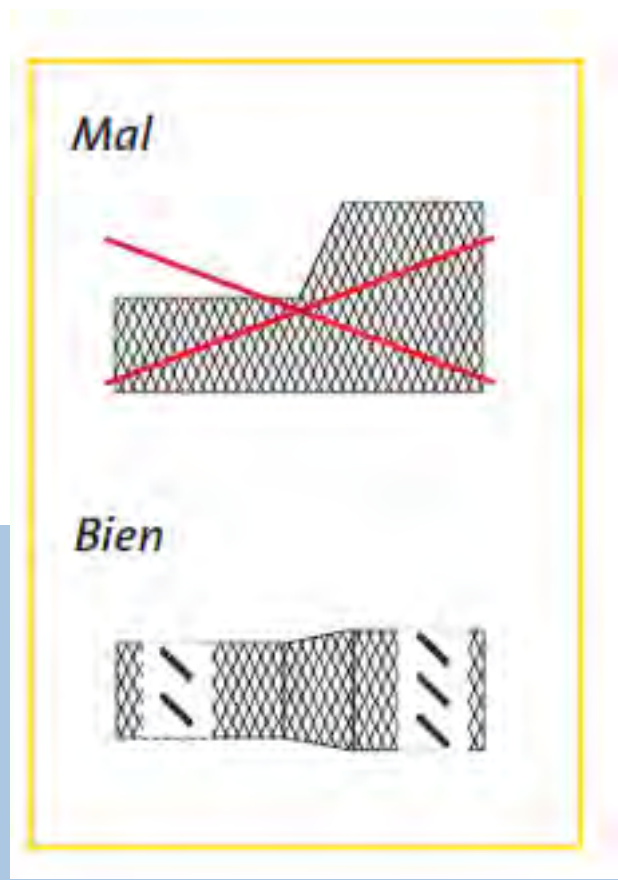
Los ensanches de sección son elementos de la red de distribución de aire que unen ductos adyacentes de distinta sección.



En este tipo de elementos, cuando se utilizan ductos absorbente, se produce una atenuación acústica que se puede determinar a través de la siguiente expresión:

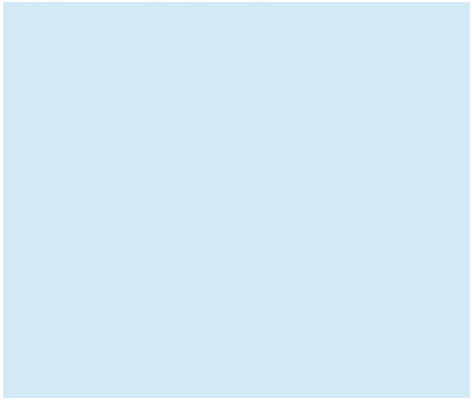


# CONDUCCIÓN DE AIRE NEW GENERATION



$$\Delta L = 10 \log \frac{(m_s + 1)^2}{4m_s}$$

Donde:  
 $m_s$ : es la relación entre las secciones antes y después del ensanche (es decir  $S_1/S_2$ ).  
 $S_1$ : es la sección antes del ensanche en  $m^2$ .  
 $S_2$ : es la sección después del ensanche en  $m^2$ .

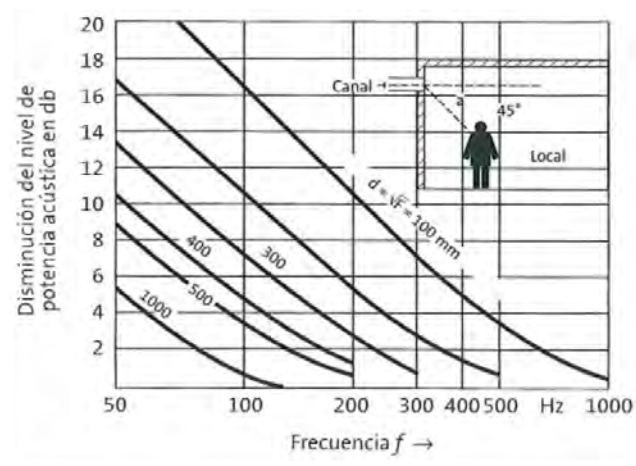


## 5.5. Salidas de Aire

Las salidas de aire, generalmente reducen la potencia sonora transmitida por la red de distribución, debido a que las bocas de salida de aire suelen ser de pequeña dimensión con respecto a la longitud de onda sonora, reflejándose en parte del ducto. De igual forma, esta reducción de la sección puede provocar zonas de flujo turbulento, aspecto que derivará en la generación de nuevos tipos de ruido que se deben tener en cuenta.

Para la estimación de ambos factores, deben tenerse en cuenta datos informados por el fabricante, y en ausencia de ellos, se puede utilizar la siguiente gráfica, donde "d" expresa la raíz cuadrada de la sección de salida en mm:

Aquí se define que la atenuación además depende de la situación de dicho elemento en el recinto.





## 6. Consideraciones generales para los cálculos de atenuación.

A la hora de estudiar y elegir las soluciones más adecuadas para cada instalación, será primordial analizar los niveles de presión sonora en cada banda de frecuencia, teniendo especial cuidado con las frecuencias bajas, siempre más complicadas de tratar.

El nivel de presión sonora en cada uno de los puntos de la red de distribución, será igual a la suma logarítmica de la potencia sonora de cada una de las fuentes de ruido menos la suma de la atenuación de cada uno de los elementos atenuantes existentes:

$$L_{w, salida} = 10 \log \left( \sum 10^{L_m / 10} \right) - \Delta L_T$$

Tras tener en cuenta el espectro de ruido de las fuentes emisoras dentro de la red de conductos, se calcula el espectro sonoro en cada uno de los puntos de la red, para obtener al final, una predicción del nivel de potencia sonora a la salida de la rejilla, teniendo en cuenta las pérdidas por inserción que se producen en la red debido a la presencia de conductos absorbentes y a la existencia de determinadas figuras.

Para la obtención de los niveles globales se tiene en cuenta los niveles por cada frecuencia:

$$L_{total} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{L_i / 10}$$

### Esquema de Problema- Solución Acústica ductos de sistema de climatización

