

Nociones fundamentales de acústica

reglas del arte

El WebDoc de France Air Portugal sobre acústica está dividido en 8 partes y pretende presentar los fundamentos de este campo de estudio. Comenzamos con una visión general de las principales implicaciones acústicas de un proyecto y, a continuación, profundizamos en temas específicos más complejos, como las curvas isofónicas, la ponderación A y el cálculo del nivel sonoro global. Al final del documento se ofrece un breve resumen de las soluciones France Air más adecuadas para cada aplicación en este ámbito.



RESUMEN

1

Acústica:
visión general

2

Los niveles sonoros
niveles

3

Las curvas isofónicas
y la A

4

El cálculo
del nivel global

5

Niveles sonoros
recomendados

6

Hoja de cálculo
simplificada
hoja

7

Guía de selección
France Air

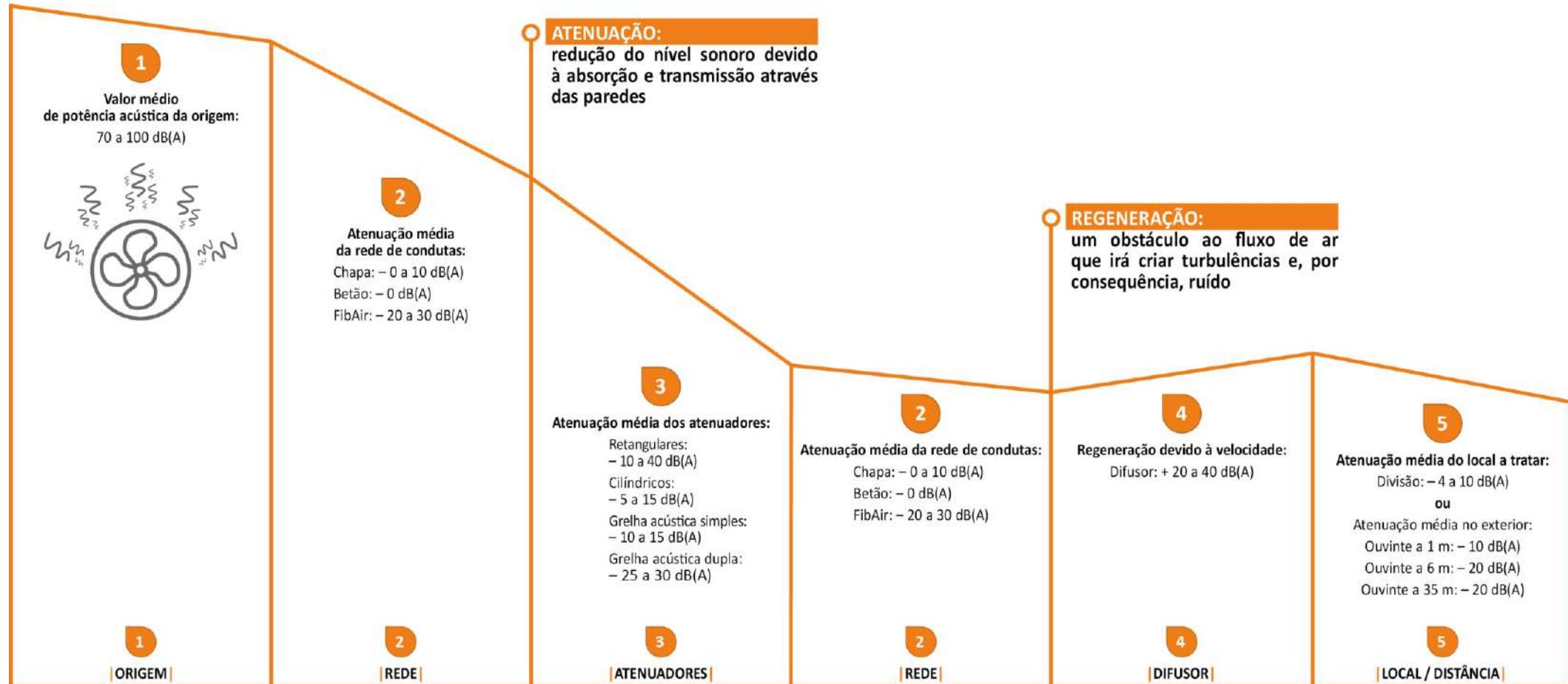
1

ACÚSTICA: VISIÓN GENERAL

ORDEN DE MAGNITUD



ORDEN DE MAGNITUD



DEFINICIONES

POTENCIA SONORA _ LW

- *potencia sonora unitaria: dB*
- *caracteriza intrínsecamente el equipo*
- *es la base de todos los cálculos*
- *es la base de todas las comparaciones*



PRESIÓN SONORA _ LP

- *unidad de presión acústica: dB*
- *caracteriza el equipo en su entorno (posición, distancia, ubicación)*
- *es el resultado que debe obtenerse en el espacio donde se efectúa la medición con un sonómetro*

Potencia acústica frente a presión acústica

La potencia sonora se expresa en decibelios (dB) y se define mediante la siguiente relación:

$$Lw = 10 \log \left(\frac{W}{W_0} \right)$$

W = potencia en vatios

$_{0^{-12}} W$ = potencia de referencia = 10 vatios

Los niveles de presión sonora también se expresan en decibelios y se definen por una relación similar:

$$Lp = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

P = presión acústica en pascales

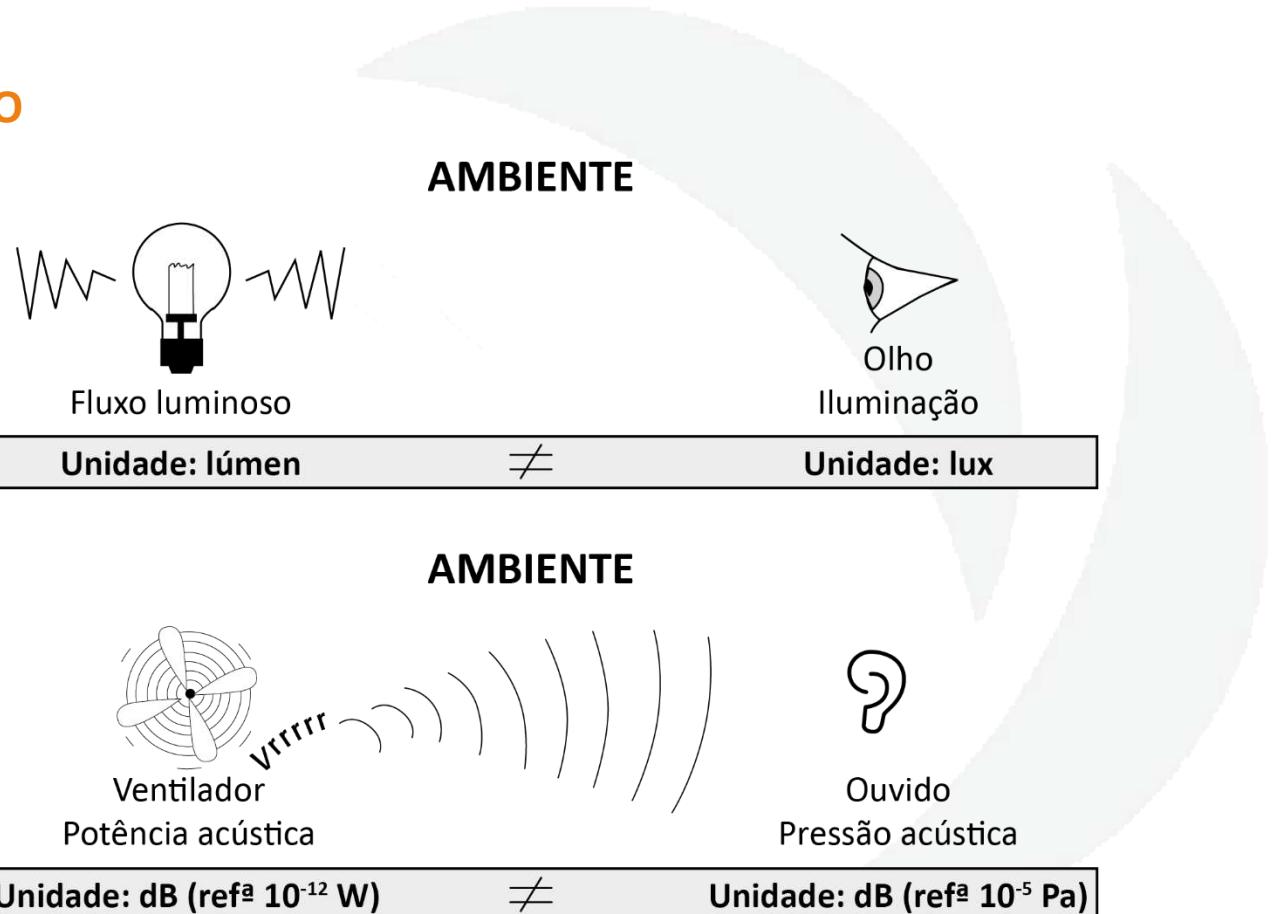
$_{0^{-5}} P$ = presión de referencia, umbral de audición a 1000 Hz = 2-10 Pa

Potencia acústica frente a presión acústica

ATENCIÓN:

En ambos casos, hablamos de niveles de decibelios, pero se trata de dos magnitudes físicas diferentes.

EJEMPLO



Potencia acústica frente a presión acústica: conclusión



característica intrínseca del equipo



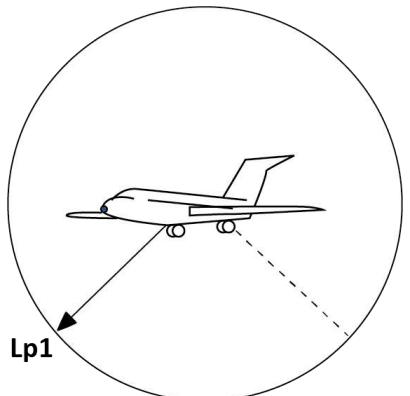
caracteriza el equipo en un entorno determinado

DEFINICIONES

EFFECTO DE LA DISTANCIA (CAMPO LIBRE)

Cuando una fuente sonora irradia uniformemente en un campo libre, la presión se distribuye en forma de esfera alrededor de la fuente.

**El nivel de presión disminuye inversamente
con el cuadrado de la distancia.**



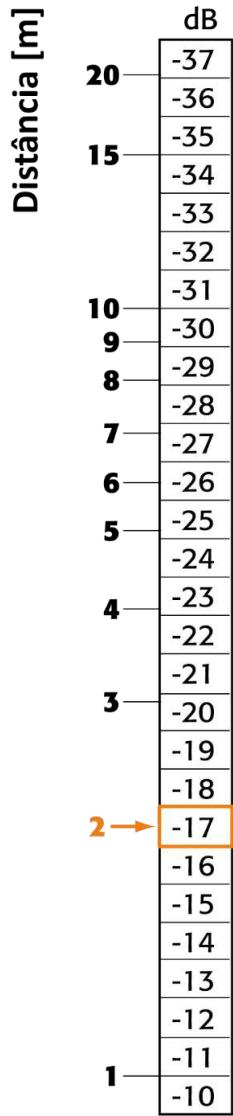
$$Lp1 = Lw + 10 \log \left(\frac{1}{4\pi r^2} \right)$$

Efecto de la distancia (campo libre)

ATAJOS RÁPIDOS

- Cada vez que se duplica la distancia, la presión baja 6 dB.
- Para convertir la potencia en presión acústica a 1 metro, reste 11 dB al valor de la potencia acústica:
$$10 \log \left(\frac{1}{4\pi} \right)$$
- Para convertir un nivel de presión sonora de una distancia r_1 a r_2 , utilizamos:
$$20 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)$$
- Alternativamente, para convertir un nivel de potencia en un valor de presión a una distancia de la fuente, puedes utilizar el ábaco de la derecha.

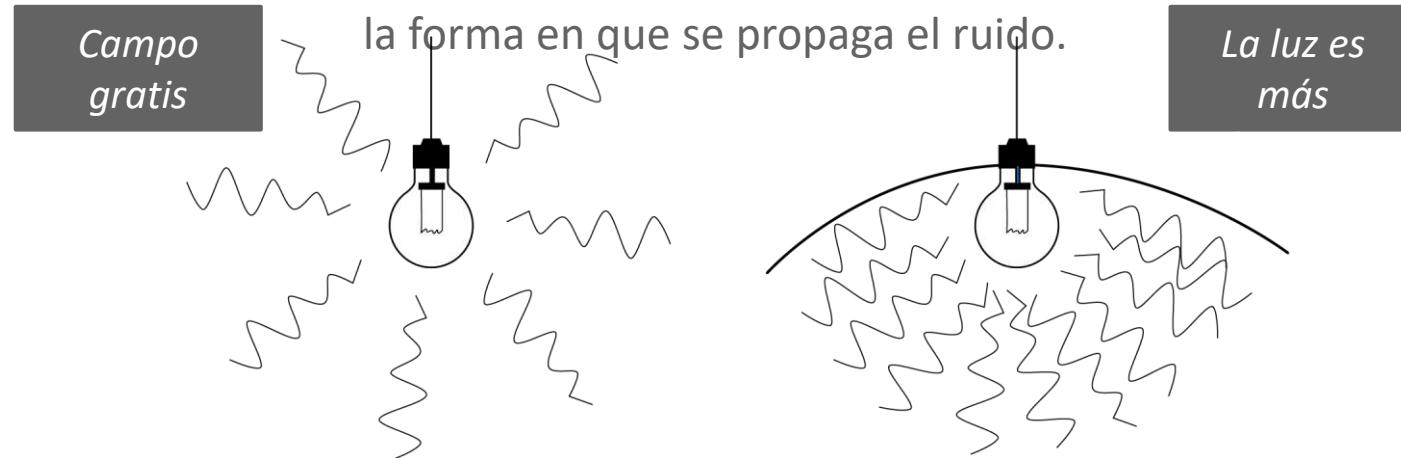
Efecto de la distancia



DEFINICIONES

EFFECTO DE DIRECTIVIDAD

La fuente sonora suele estar cerca de una o varias superficies (suelo, techo, pared, etc.).
superficies (suelo, techo, pared, etc.), lo que influye en la forma en
que el ruido



Efecto de la directividad

ESTE EFECTO PUEDE CUANTIFICARSE MEDIANTE LA EXPRESIÓN

$$Lp = Lw + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right)$$

QUE PUEDE REESCRIBIRSE COMO

$$Lp = Lw + 10 \log \left(\frac{1}{4\pi r^2} \right)$$

*Cálculo de la propagación
en campo libre*



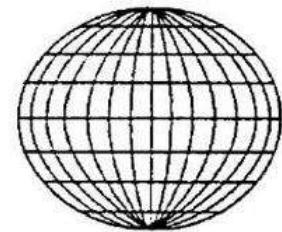
$$10 \log Q$$

*Corrección de la
directividad*

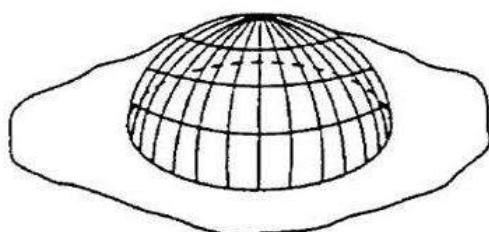
Efecto de la directividad

DIRECTIVIDAD DE LA PROPAGACIÓN DEL SONIDO

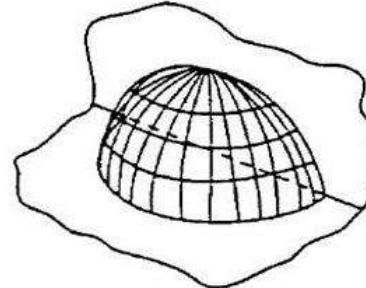
FACTOR DE DIRECTIVIDAD (Q), RELACIONES SIMPLIFICADAS



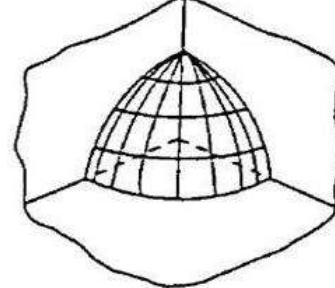
(a) Radiación esférica | $Q = 1$



(b) 1/2 radiación esférica (hemisférica) | $Q = 2$

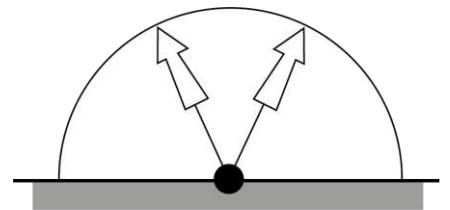


(c) 1/4 de radiación esférica | $Q = 4$

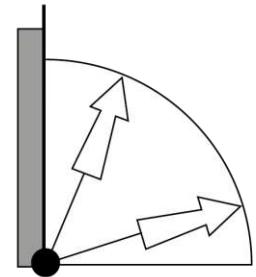


(d) 1/8 de radiación esférica | $Q = 8$

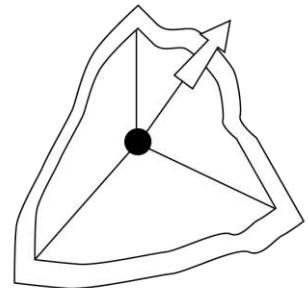
Efecto de la directividad



+ 3 dB — 1/2 esfera
(paredes, techo...)



+ 6 dB — 1/4 esfera
(ângulo de 2 paredes)

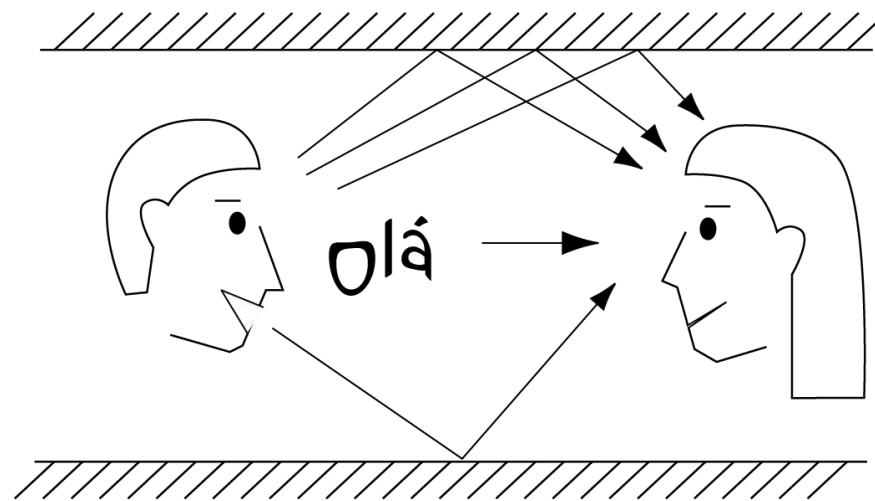


+ 9 dB — 1/8 esfera
(ângulo de 3 paredes)

DEFINICIONES

EFFECTO DE REVERBERACIÓN

La reverberación es el efecto de la reflexión de las ondas sonoras en un espacio interior.



DEFINICIONES

EFFECTO DE REVERBERACIÓN

$$L_p = L_p \text{ directo} + L_p \text{ reverberado}$$

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

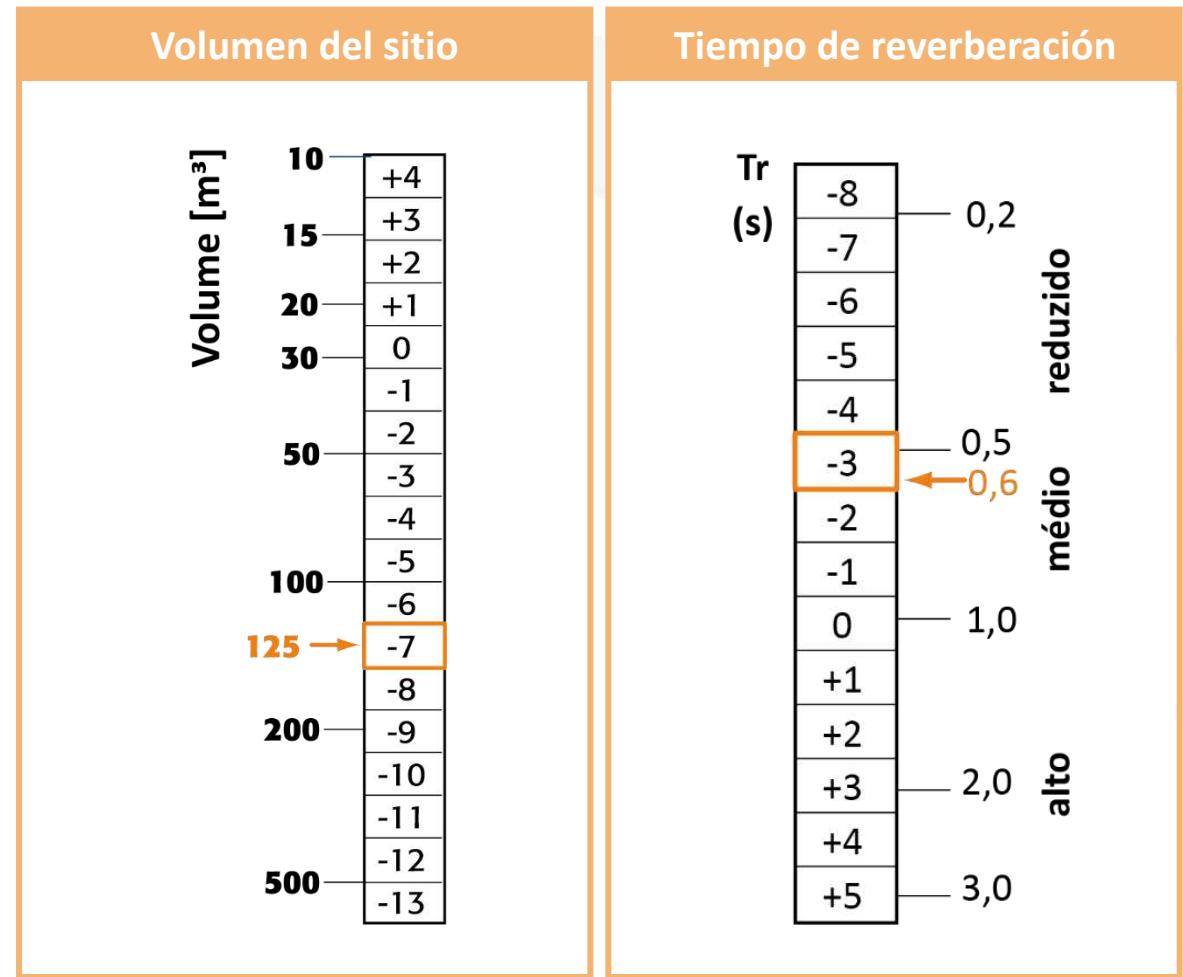
Directo
directo

Componente
reverberado

Donde R es la constante espacial y puede calcularse mediante la fórmula de Sabine

Efecto de reverberación

- Las tablas siguientes permiten cuantificar el efecto de la reverberación en función del volumen del espacio y del tiempo de reverberación.



RECOMENDACIONES

NIVEL DE PRESIÓN SONORA RECOMENDADO

Sala de reuniones, biblioteca	30 a 40 dB(A)
Oficina	35 a 40 dB(A)
Vestíbulo, gimnasio	40 a 50 dB(A)
Supermercado	45 a 50 dB(A)

2

NIVELES DE SONIDO

Niveles sonoros: introducción

Cuando pasan dos trenes al mismo tiempo, la sensación auditiva no se duplica.

Esto impone la introducción de logaritmos en la expresión matemática de la **presión acústica** (lo que siente el oído) y la **potencia acústica** (lo que emite la fuente).

La sensación auditiva varía con el logaritmo de la excitación (Ley de Fechtner). Este es el punto de partida para expresar los niveles de potencia y/o presión en logaritmos utilizando un umbral de percepción de referencia.

Variaciones de presión	Impresión en la oreja	Logaritmo (base 10)
<i>Emoción</i>		<i>Sensación</i>
10	1	$1 = \text{Log } 10$
100	2	$2 = \text{Log } 100$
1000	3	$3 = \text{Log } 1000$

AÑADIR NIVELES SONOROS

- La introducción de logaritmos significa que la suma de dos niveles sonoros no es una suma aritmética:

$$60 \text{ dB} + 60 \text{ dB} \neq 120 \text{ dB}$$

- Así, cuando se suman dos niveles sonoros, las potencias (o presiones) aplicadas se suman aritméticamente; el nivel sonoro final se calcula del siguiente modo:

⁻⁶Con una potencia aplicada de 10 W
El nivel sonoro correspondiente es de 60 dB

) = 60 dB



$$-6 - 12 Lw = 10 \log (2 \times 10 / 10)$$

$$-6 - 12 = 10 \log 2 + 10 \log (10 / 10)$$

$$= 3 + 60$$

$$= 63 \text{ dB}$$

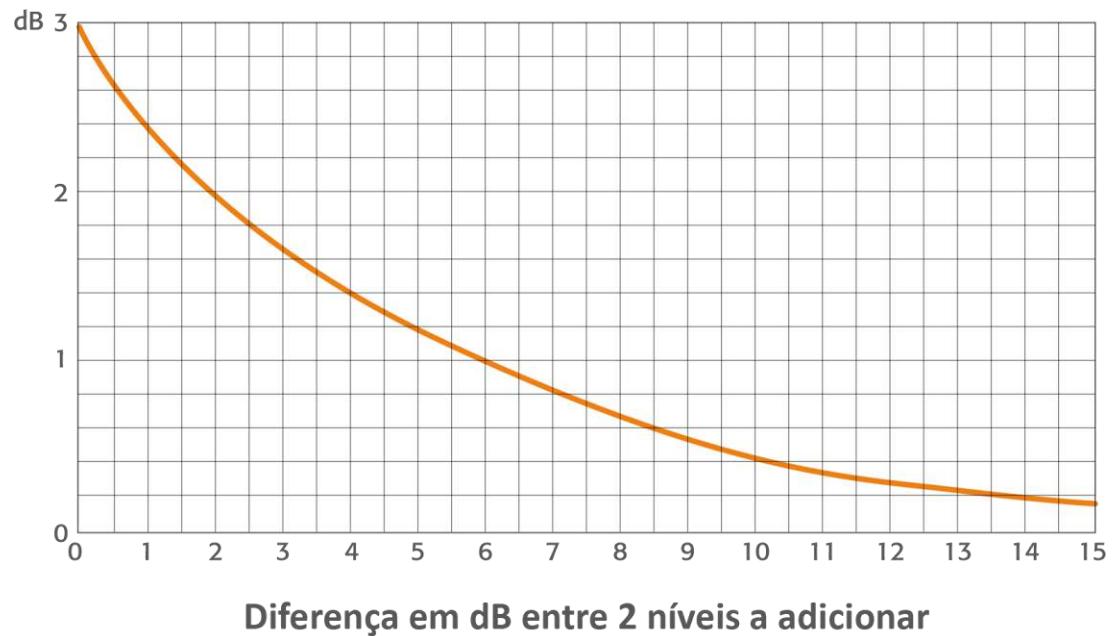
Así que $60 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 63 \text{ dB}$

AÑADIR NIVELES SONOROS

- De forma más práctica, para obtener el resultado de una suma de dos niveles sonoros, bastará con tomar como referencia el **ábaco** inferior e identificar, a partir de la **diferencia entre los dos niveles**, el **valor que hay que sumar al nivel superior**.

ATENCIÓN

- Los niveles de potencia pueden añadirse sin incertidumbre, pero para los niveles de presión tendrás que comprobar que el entorno es el mismo.
- Ejemplo para 2 ventiladores en la misma sala: si uno tiene un nivel sonoro de 60 dB(A) a 3 metros y el otro de 60 dB(A) a 1 metro, no se pueden extraer conclusiones directas.



3

CURVAS ISOFÓNICAS Y LA PONDERACIÓN A

CURVAS ISOFÓNICAS

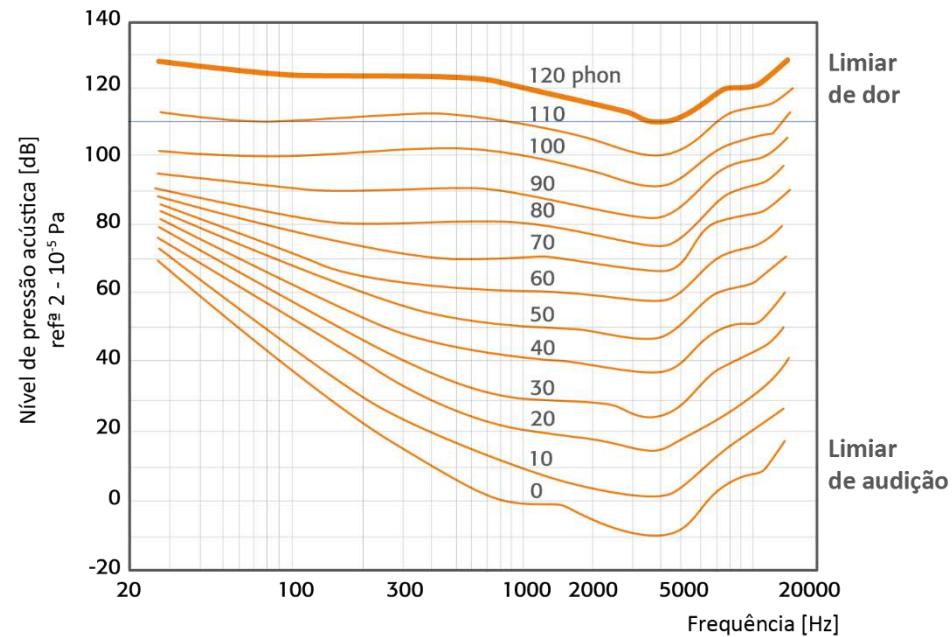
- El oído humano no percibe todos los sonidos de la misma manera: 60 dB a 63 Hz (graves) no son tan perceptibles que 60 dB a 1000 Hz (agudos).

|| Los seres humanos son más receptivos a las frecuencias altas que a las bajas. ||

- A partir de aquí se introduce la noción de **curvas isofónicas**: las curvas de igual sensación de un sonido.

Así, el oído tiene la misma sensación para
un sonido de **50 dB a 100 Hz**
e
un sonido de **20 dB a 1000 Hz**

Diagrama de Fletcher - Munson: curvas isofónicas



A

- A partir de las curvas isofónicas, se establece una **ponderación "A"** que restablece la sensibilidad diferencial del oído en función de la frecuencia, donde se reduce el nivel de las frecuencias bajas, que son apenas perceptibles.
- Los dB(A) representan lo que oye el oído a niveles bajos (< 60 dB(A)).
- Para calcular esta ponderación, se añaden los siguientes coeficientes al valor real en dB:

Frecuencia en Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000
Ponderación A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1



NOTA

Para distinguir mejor los dB(A) de los dB no ponderados, solemos llamar a estos últimos dB(lin). Hay otros 2 coeficientes correctores: B y C, para los niveles más altos (<85 dB para B y >85 dB para C).



4

EL CÁLCULO DEL NIVEL GLOBAL

CÁLCULO DEL NIVEL GLOBAL

Considerando un espectro en bandas de octava, el nivel global se calcula **sumando los valores de los niveles en cada banda de frecuencia cada dos segundos**, según el método de cálculo descrito anteriormente.

NOTA

CRITERIOS DE COMODIDAD

Dos espectros sonoros diferentes e idénticos en el nivel global de dB(A) pueden producir sensaciones diferentes, sobre todo si uno de estos espectros presenta una emergencia significativa en una banda con respecto a las bandas adyacentes. Por razones de confort, se han definido diversos criterios para tener en cuenta este fenómeno, como los **Criterios de Ruido (NC)** utilizados en Estados Unidos y la **Clasificación del Ruido** adoptada por las normas ISO y NF.

El nivel global puede calcularse en dB(lin) o en dB(A).

Nivel de ruido (ISO)

Para respetar una curva NR determinada, el espectro debe quedar por debajo de la curva NR en todas las bandas de frecuencia.

5

LOS NIVELES ACÚSTICOS RECOMENDADO

RECOMENDACIONES

INTERIOR DE EDIFICIOS

- Los límites que se fijen deben tener en cuenta la ubicación.
- El valor máximo se definirá entonces como de emergencia en relación con el ruido ambiental (de 3 a 5 dB(A) según la situación).

EDIFICIOS EXTERIORES

- Determinados lugares tienen requisitos reglamentarios (hogares, centros de enseñanza, lugares de trabajo de diversa índole, etc.).
- Para otras ubicaciones, se debe hacer referencia a las recomendaciones de los organismos reguladores apropiados.

RECOMENDACIONES POR TIPO DE ACTIVIDAD <i>(sin perjuicio de los niveles fijados por los organismos reguladores)</i>	NIVEL DE PRESIÓN SONORA	
	ALTA DEMANDA [DB(A)]	BAJA DEMANDA [DB(A)]
Catering Cafeterías Restaurantes, cafés	35 35	50 45
Salas de espera Salas de estar, salas de fumadores	35	45
Salas de reunión	30	40
Instalaciones deportivas Piscinas deportivas, pistas de patinaje Piscinas de juegos Salas de relajación Salas de musculación Gimnasios Pabellones deportivos	40 45 30 35 40 40	45 50 35 45 50 50
Pasillos Atrios Centros comerciales	40 45	50 55
Salas VIP	40	50
Pabellones de estaciones de transporte, salas de exposiciones	45	55
Locales comerciales, tiendas	40	50
Lugares de culto, iglesias	30	45
Museos	30	40

RECOMENDACIONES POR TIPO DE ACTIVIDAD <i>(sin perjuicio de los niveles fijados por los organismos reguladores)</i>		NIVEL DE PRESIÓN SONORA		
		A	B	C
Edificios preescolares	Guarderías y jardines de infancia	30	40	45
Espacios comerciales	Supermercados	40	45	50
Edificios de oficinas	Despachos y salas de reuniones	35	40	45
	Oficinas diáfanas	35	40	45
Restauración	Cafés y restaurantes	35	45	50

- Las letras A, B, C corresponden a las características de los edificios y no tienen ninguna relación con las ponderaciones A, B o C relativas a los dB (según el proyecto de norma europea CEN TC 156 / WG 6).
- Niveles de presión en dB(A) generados o transmitidos por el sistema de ventilación y permitidos en los distintos tipos de locales.

6

SIMPLIFICADO FORMULARIO

Nivel de potencia = 40 dB(A) (1)

NIVEL DE PRESIÓN DIRECTA

Distancia del oyente = 2 m (Fig. 1)

Corrección = -17 dB (2)

Directividad (Fig. 2)

Corrección = +3 dB (3)

$$Lpd = 26 \text{ dB(A)} \quad (4)$$

$$(4) = (1) + (2) + (3)$$

NIVEL DE PRESIÓN REVERBERADA

³Volumen del emplazamiento = 125 m³ (Fig. 3)

Corrección = -7 dB (5)

Tiempo de reverberación = 0,6 s (Fig. 4)

Corrección = -3 dB (6)

$$Lpr = 30 \text{ dB(A)} \quad (7)$$

$$(7) = (1) + (5) + (6)$$

NIVEL FINAL

(Fig. 5)

30 - 26 = 4 \square valor a añadir: 1 dB

$$Lp = Lpd + Lpr = 31 \text{ dB(A)}$$

Fig. 1: Efecto de la distancia

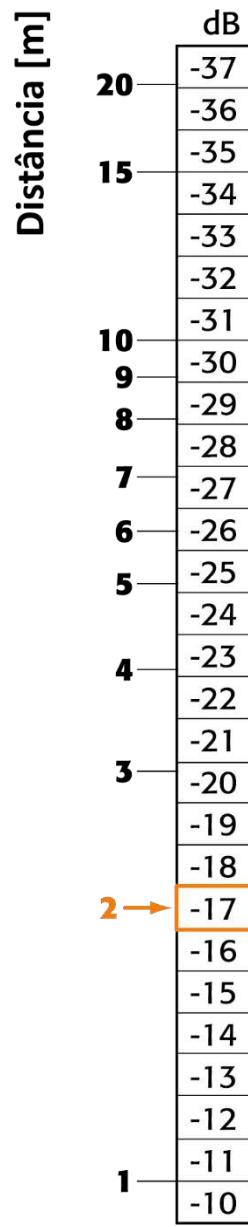


Fig. 2: Directividad

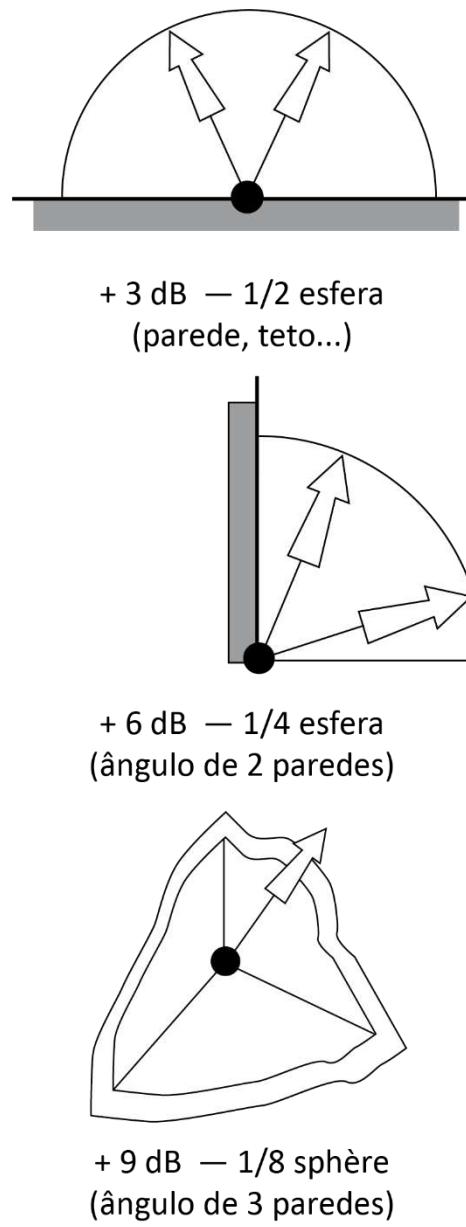


Fig. 3: Volumen del

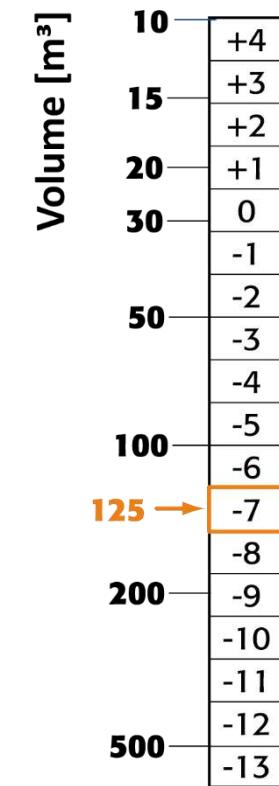


Fig. 4: Tiempo de reverberación

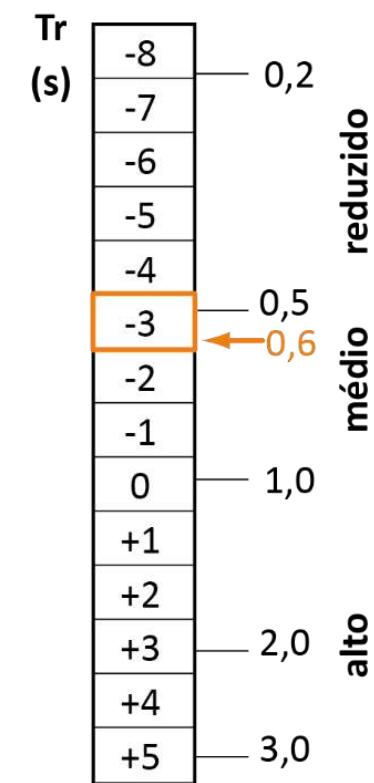
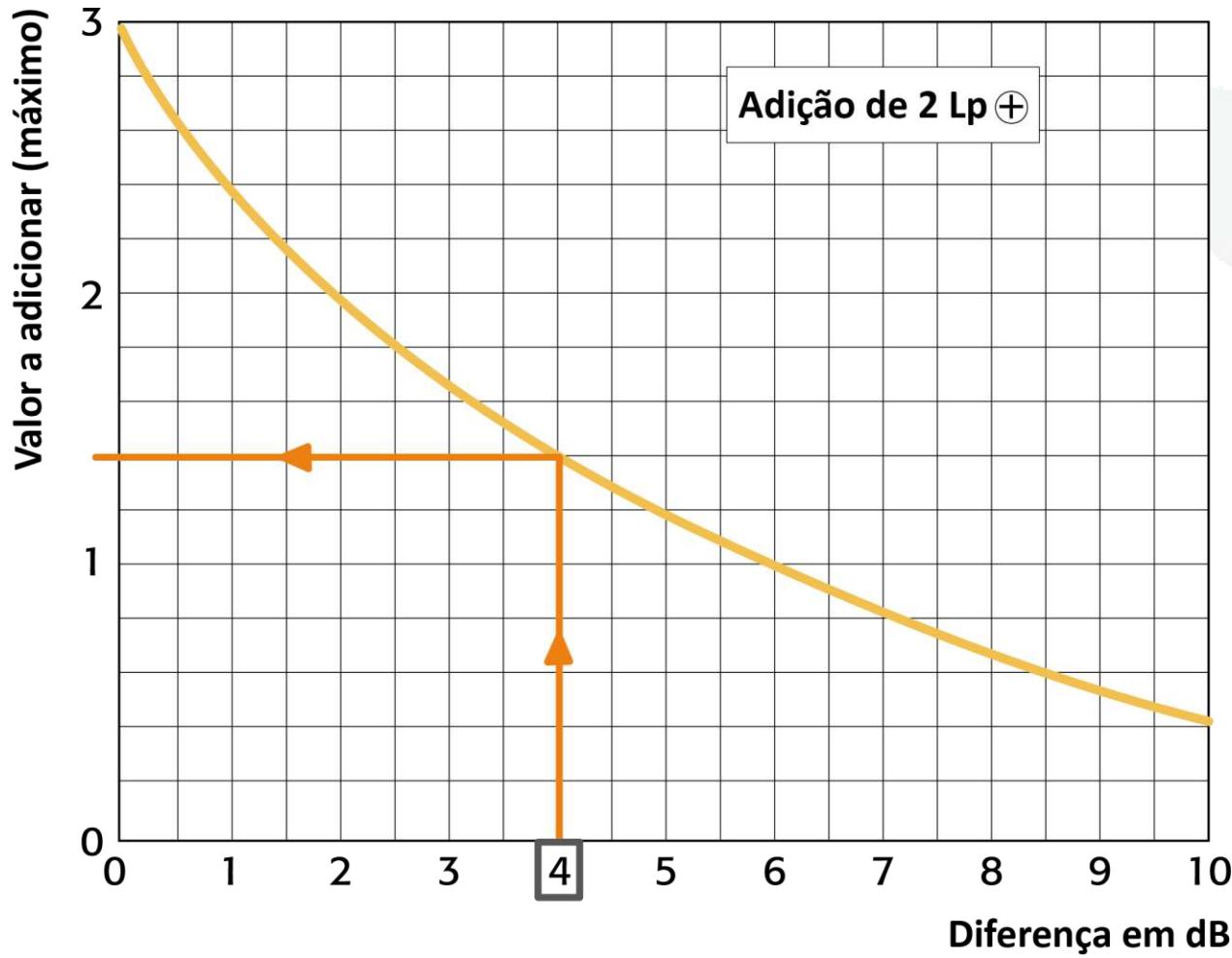


Fig. 5: Suma de 2 niveles sonoros



7

GUÍA DE SELECCIÓN FRANCIA AIRE

APLICACIONES

TIPO INSTALACIÓN	ATENCIÓN		IRRADIACIÓN	ANTIVIBRACIÓN
	Principal (20-50 dB(A))	Secundario (5-25 dB(A))		
<i>Espacio técnico</i>	Baffles  Atenuadores cilíndrico 	Atenuadores cilíndrico (Especial VMC) 	Mousse acústico 	Soportes antivibración  Aislamiento de pequeñas cajas y soportes de conductos 
<i>División a tratar</i>	Acústica acústico 	Conductos acústicos (transferencia especial) 		Pared pared Suspensión de oleoductos



DEFLECTORES Y CAJAS



SRB Arpège

Baffle acústica para médias e altas frequências, A1, espessura de 50, 100, 200 ou 300 mm



SRB Arpège 400°C/2H

Baffle acústica para médias e altas frequências, resistência ao fogo de 400°C / 2H



SRB Octave

Baffle acústica para baixas e médias frequências, A1, espessura de 50, 100, 200 e 300 mm



SRC Arpège-Octave

Caixas acústicas retangulares para médias e alta frequências (Arpège) e baixas e médias frequências

[Acceder a la Guía en línea](#)



ATENUADORES CILÍNDRICOS Y REJILLAS EXTERIORES



SC e SCN

Atenuadores cilíndricos sem núcleo (SC) ou com núcleo (SCN), diâmetros de 250 até 1400 mm

SC VMC

Atenuadores cilíndricos com ligação direta à conduta por encaixe, A1, diâmetros de 125 até 500 mm

TM 25/50

Conduta acústica semirrígida, diâmetros de 100 até 355 mm

Atson®

Grelhas exteriores acústicas com alhetas antichuva, em aço galvanizado ou em alumínio

[Acceder a la Guía en línea](#)



ANTIVIBRACIÓN



BCA

Apoios antivibração em borracha, 15 modelos disponíveis



PAR

Apoios antivibração de mola, 9 modelos disponíveis



Mousse Acústica

Mousse autoadesiva para isolamento acústico, com borracha de alta densidade



Isolvib®

Placa maleável antivibração para condutas e/ou caixas de ventilação



Junta Antivibración

Junta flexível para ligação de condutas, para isolamento de vibrações

[Acceder a la Guía en línea](#)

¿Tiene algún proyecto en este ámbito?

Póngase en contacto con nuestros asesores
Francia Air Portugal

Para más información, consulte nuestra Guía en línea

Acceda a