

NIVEL DE PRESION SONORA

El nivel de presión sonora (SPL, en inglés SPL = Sound Pressure Level) se utiliza para expresar el nivel de un sonido que ha sido medido utilizando un medidor de nivel sonoro.

El nivel de presión sonora se determina mediante la fórmula:

$$SPL(dB) = 20 \log \frac{P}{P_{ref}}$$

P: presión sonora en N/m^2 ó pascal.

P_{ref}: presión de referencia $2 \times 10^{-5} N/m^2$ o pascal.

NIVEL DE POTENCIA SONORA (NWS)

El nivel de potencia sonora (NWS, en inglés PWL) no debe confundirse con el nivel de presión sonora, puesto que mientras en el SPL se relacionan presiones en pascal, en el NWS se relacionan potencias en vatios.

Debido a que el margen de potencias (no presiones), que se encuentran en la vida diaria, están en la proporción 10/1, la unidad de medida más cómoda es igualmente el decibelio.

La referencia para estas medidas es de 10^{-12} vatios.

La fórmula de cálculo para el nivel de potencia sonora será pues:

$$NWS = 10 \log \frac{W}{10^{-12}} \text{ (decibelios)}$$

donde W es la potencia acústica en vatios.

Dado que 10^{-12} vatios corresponde a un nivel de -120 dB, la fórmula anterior se puede expresar por:

$$NWS = 10 \log W + 120$$

Así, por ejemplo, 0,05 vatios corresponden a un nivel de potencia de:

$$NWS = 10 \log \frac{0,05}{10^{-12}} = 107 \text{ dB}$$

o, lo que es lo mismo:

$$NWS = 10 \log 0,05 + 120 = -13 + 120 = 107 \text{ dB}$$

AUMENTO EN EL NIVEL DE PRESION SONORA

El aumento en el nivel de presión sonora es la relación por cociente entre la potencia de entrada suministrada a cierto altavoz y una potencia de referencia o múltiplo de ella, estando afectada esta relación por el operador logarítmico y multiplicada por 10.

$$SPL = 10 \log (P_2 / P_1) \text{ en (dB)}$$

Donde: P_1 : Potencia de referencia (en caso de los altavoces se toma generalmente como 1 W)

P_2 : Potencia eléctrica de entrada suministrada separadamente (W)

Hagamos el siguiente cálculo a modo de ilustración:

- Una potencia eléctrica de 1 vatio es suministrada a un altavoz y el nivel de presión sonora resultó ser de 90 dB a 1 metro de distancia y sobre el eje central (axial)

La variación del nivel sonoro en función de la potencia eléctrica con respecto a una potencia eléctrica de referencia (generalmente 1W), viene dada por la fórmula:

$$N = N_0 + 10 \log \frac{P}{P_0}$$

N = Nivel sonoro

P = Potencia atribuida

N_0 = Nivel sonoro medido a la potencia P_0 .

Esta relación queda traducida por la curva de la figura.

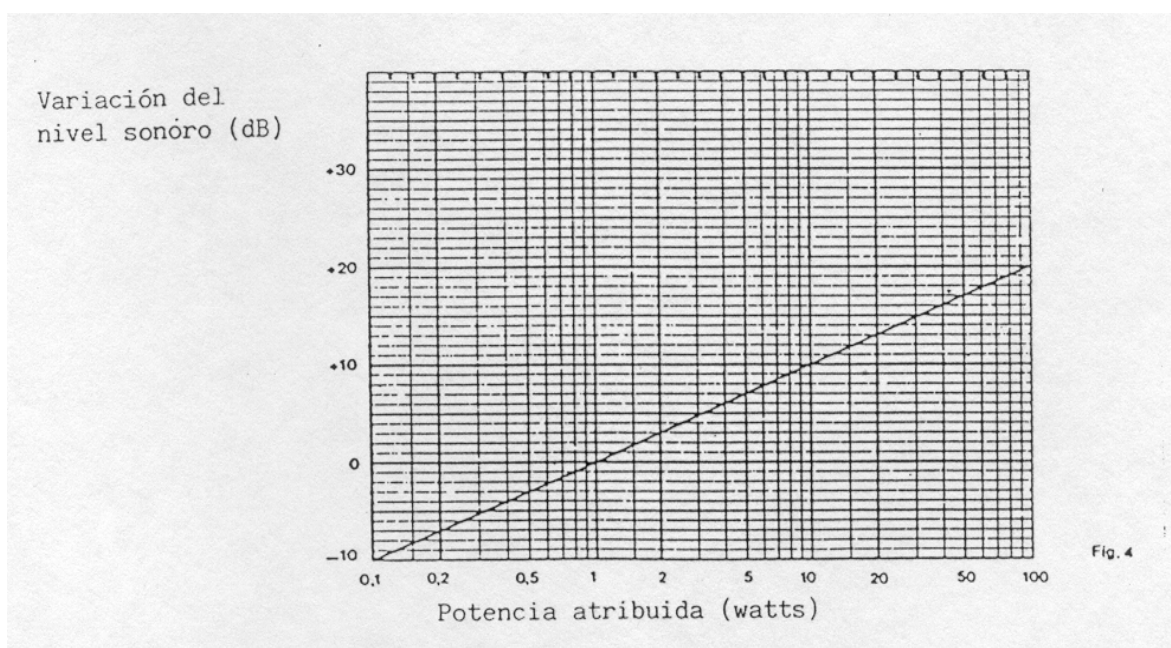


Fig. 13. relación entre la potencia eléctrica de entrada y el nivel de presión sonora

Nuestro oído sólo es

sensible a variaciones que equivalgan a la mitad o al doble del nivel de potencia sonora inicial. Este nivel de sensibilidad corresponde a una variación equivalente a 3 dB. Cada vez que queramos elevar el nivel de potencia sonora emitido por una fuente de sonido, el nivel de potencia acústica inicial debe ser aumentado en 3 dB, lo que obliga a multiplicar por dos la potencia de la fuente.

Veamos unos ejemplos.

¿Cuáles serán los valores de nivel de presión sonora cuando se suministran al altavoz 2 Watt y 4 Watt de potencia de entrada?

* Para el caso de 2 W de entrada:

$$\text{SPL (dB)} = 10 \log \frac{2}{1} = 10 \log 2 = 10 \times 0.301 = 3.01$$

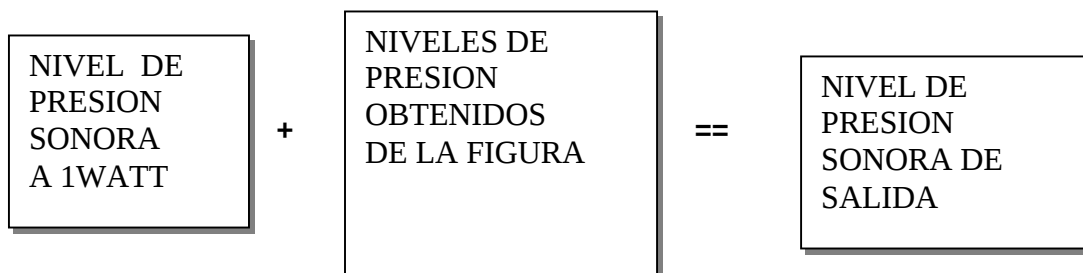
* Para el caso de 4 W de entrada:

$$\text{SPL (dB)} = 10 \log \frac{4}{1} = 10 \log 4 = 10 \times 0.602 = 6.02$$

O sea que el nivel de presión sonora aumenta en 3 dB para el caso de 2 W y 6 dB para el caso de 4W. Luego el nivel de presión sonora de salida será de 93 dB para el primer caso y de 96 dB para el segundo caso.

Debido a que los cálculos anteriores consumen determinado tiempo cuando se realiza un proyecto real, la utilización de la Fig. 13 es muy conveniente.

Para explicar el método de utilización de estas tablas de acuerdo con el ejemplo, los niveles de presión sonora que se obtienen para una potencia eléctrica de entrada de 2 W son primeramente 3 dB y para 4W es de 6 dB en la Fig.



El nivel de presión sonora será:

* Cuando la potencia eléctrica de entrada es de 2W

$$90 + 3 = 93 \text{ (dB)}$$

* Cuando la potencia eléctrica de entrada es de 4W

$$90 + 6 \text{ dB} = 96 \text{ (dB)}$$

Recuerde que el nivel de presión sonora aumenta en 3 dB la potencia de entrada se duplica.

Nota: El nivel de presión sonora que se da en las especificaciones de altavoces en los catálogos es el nivel correspondiente a una potencia de entrada de 1 W medido a 1 metro de distancia sobre el eje principal. El nivel de presión máximo es el límite de presión acústica aplicando la potencia nominal. Y la potencia nominal es la potencia RMS que soporta el altavoz en régimen continuo.

Pregunta 1:

Con respecto a cierto altavoz, se describe en el catálogo que su sensibilidad es de 100 dB y la potencia nominal es de 10 w. Calcula el valor de SPL a la potencia nominal (a 1 metro de distancia sobre el eje central del altavoz).

$$\text{SPL (10 w)} = 100 \text{ dB} + 10 \log (10 / 1) = 110 \text{ dB}$$

El SPL de 100 dB en catálogo hace referencia al SPL a 1 W a 1 metro, luego al alcanzar la potencia nominal del altavoz (10 W), el SPL nos habrá aumentado a 110 dB.

Pregunta 2:

Un altavoz, describe en su catálogo una sensibilidad de 90 dB. ¿Qué potencia eléctrica habría que suministrar a dicho altavoz para obtener 100 dB (A un metro de distancia sobre el eje central del altavoz).

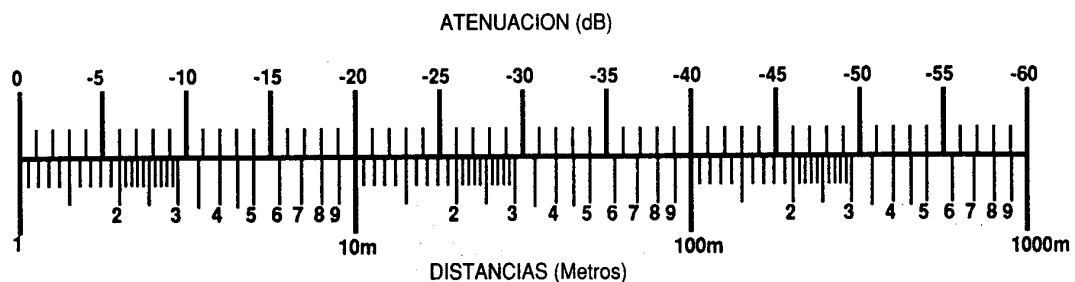
$$100 = \text{SPL (1W, 1m)} + 10 \log (P / 1) = 90 + 10 \log P$$

$$P = 10 \text{ W}$$

ATENUACIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN SONORA

Cuando un sonido es emitido desde una fuente de sonido (fuente de sonido puntual) el sonido se esparce sobre un espacio en forma de esfera, por lo que (onda de superficie esférica) el nivel de presión sonora será inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. En otras palabras, cada vez que se duplica la distancia el nivel de presión sonora es atenuado en 6 dB.,

Las variaciones relativas están mostradas en la figura (Para un espacio libre de interferencias)



Para los cálculos, la relación entre una cierta distancia cualquiera y distancia tomada como referencia, afectada esta relación por el operador logarítmica multiplicada por 20 da por resultado la atenuación del nivel de presión sonora.

$$\text{SPL} = 20 \log (r_2 / r_1) \quad (\text{dB})$$

Donde: r_1 : Distancia tomada como referencia (generalmente 1 metro para el caso de los altavoces)

r_2 .Distancia a la cual se quiere calcular la atenuación.

Un **ejemplo** de cálculo se muestra a continuación:

¿Cuál será la atenuación en dB del nivel de presión sonora a una distancia de 10 m y 20 m respectivamente de un cierto altavoz? (sobre el eje central)

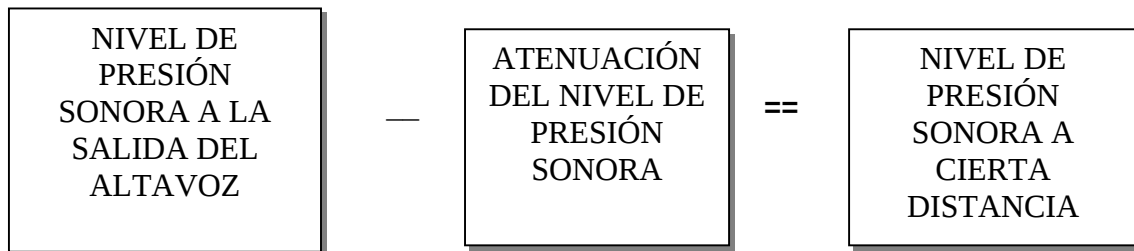
** En el caso de una distancia de 10 metros:*

$$SPL = 20 \log (10 / 1) = 20 \log 10 = 20 \times 1 = \underline{20dB}$$

** En el caso de una distancia de 20 metros:*

$$SPL = 20 \log (20 / 1) = 20 \log 20 = 20 \times 1.301 = \underline{26.02 dB}$$

Como método adicional para facilitar los cálculos se puede utilizar el gráfico siguiente:



Suponiendo que el nivel de presión sonora de salida ($1w / 1 m$) de un cierto altavoz es de 90 dB, los niveles de presión sonora a las distancias de 10 y 20 m serán:

Nivel de presión sonora a 10 metros de distancia: $90 - 20 = 70 \text{ dB}$

Nivel de presión sonora a 20 metros de distancia: $90 - 26 = 64 \text{ dB}$

Pregunta 1:

El nivel de presión sonora de cierto altavoz es de 90 dB a 1 metro de distancia sobre el eje principal. ¿Qué nivel de presión sonora se obtendrá a 25 metros de distancia sobre el eje principal?

$$SPL = 90 - 20 \log (25/1) = 62 \text{ dB}$$

Pregunta 2:

A 100 metros de distancia de cierto altavoz fue medido un nivel de presión sonora de 80 dB. ¿Qué nivel de presión sonora será medido a 1 metro de distancia del altavoz (sobre el eje principal).

Nivel presión = nivel a 100m + atenuación distancia

$$SPL = SPL \text{ (a 100m)} + 20 \log (100 / 1) = 80 + 20 \log 100 = 120dB$$

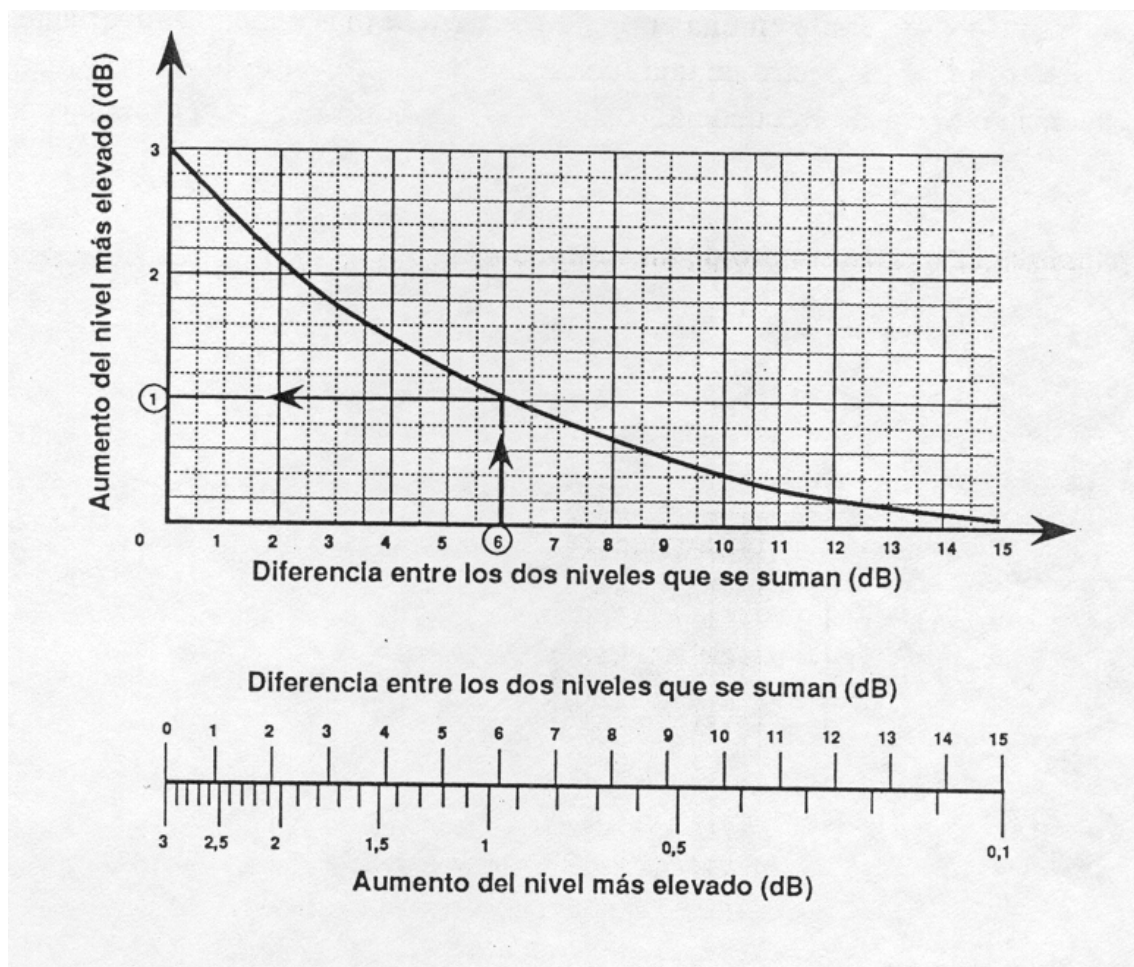
NIVEL DE PRESIÓN SONORA RESULTANTE

Suma de señales no coherentes:

Las señales de distintas fuentes sin relación de fase se llaman no coherentes. En este caso no hay una suma automática de la presión sonora, pero la potencia sonora de ambas fuentes se debe sumar (doblar potencia equivale a +3 dB de presión sonora). Esto es válido cuando un punto es alcanzado por muchas fuentes o por sus reflexiones.

La potencia o intensidad del sonido (energía) puede ser sumada, pero los niveles resultantes del sonido que son logarítmicos no pueden ser obtenidos mediante suma. El nivel de presión sonora tiene que ser primeramente convertido en intensidad del sonido (W / m^2), o en presión de sonido (N / m^2), para después volver a convertirlo en nivel de presión sonora, todo lo cual requiere una gran labor de cálculo.

Para simplificar los cálculos se puede utilizar la gráfica siguiente:



Por ejemplo, asumiendo que el nivel de presión sonora en el punto A es de 65 dB y el nivel de presión sonora en el punto B es de 63 dB,

$$65 \text{ dB} - 63 \text{ dB} = 2 \text{ dB}$$

y según la gráfica anterior le corresponde un valor de 2'1, luego:

$$65 \text{ dB} + 2'1 \text{ dB} = 67'1 \text{ dB}$$

Ejemplo:

Calcular el nivel de presión sonora a una distancia de 10 metros. Disponemos de dos altavoces de una cadena estéreo que forman un triángulo con el oyente. Los altavoces entregan un nivel máximo de 85 dB cada uno.

$$85 \text{ dB} - 85 \text{ dB} = 0 \text{ dB}$$

Según la gráfica esto corresponde a un valor de 3 dB, luego:

$$85 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 88 \text{ dB}$$

Atenuación del sonido a 10 metros = 20 dB

$$\text{Nivel de presión sonora en el lugar del oyente} = 88 \text{ dB} - 20 \text{ dB} = 68 \text{ dB}$$

Es conveniente recordar que la resultante del nivel de presión dos niveles de presión iguales en valor aumenta en 3 dB.

Suma de señales coherentes:

Si tenemos dos fuentes sonoras produciendo la misma señal con idéntica fase y amplitud y además la distancia respectiva entre las dos fuentes es inferior a la longitud de onda (2 a 3 veces menor), conseguiremos un aumento de 6 dB (doble de presión). Si colocamos dos subwoofer apilados uno sobre el otro, y la altura del cluster es de 1'2 metros, la eficiencia del sistema se doblará por debajo de los 100 Hz ($\lambda = 3'4 \text{ m}$). Si colocamos más altavoces el resultado será de 10, 12, 14 dB para 3, 4 y 5 altavoces respectivamente. Mayores arrays producirán mayor directividad.

Directividad:

Realizando agrupaciones de altavoces conseguimos mayor directividad. Si la agrupación se hace en vertical, aumenta la directividad vertical y aumenta la dispersión horizontal.

EL EFECTO ENMASCARAMIENTO



El veraneante ya no oye sólo el canto del pájaro, sino también, y al mismo tiempo, el ruido del camión

El sonido que nos interesa no desaparece: queda "enmascarado" por el ruido indeseable.



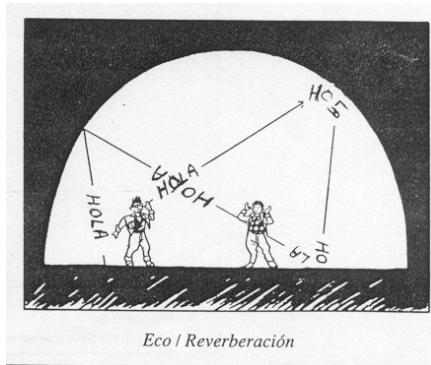
La audición de una fuente sonora, la comprensión de una conversación o de un discurso queda a menudo perturbados por ruidos indeseables.

Nuestro oído percibe entonces un sonido mezclado cuya inteligibilidad o claridad queda

disminuida por el efecto de enmascaramiento, que es consecuencia del ruido de fondo perturbador.

En estas condiciones de audición, aparecen dos necesidades fundamentales: disminuir el ruido de fondo y aumentar el nivel sonoro de la fuente.

Otros fenómenos tienen los mismos efectos y alteran nuestra capacidad para reconocer un mensaje: distorsiones, eco y reverberación, falta de nivel, etc.



Para obtener una buena audición musical es necesario tener un **presión acústica de 10 dB** por encima del ruido ambiental.

SONORIZACIÓN (MEDIOS COMPUESTOS)

Entendemos por “medios compuestos” el conjunto formado por el **ENTORNO ACÚSTICO** sumado al **REFUERZO SONORO**.

El **REFUERZO SONORO** consiste en aumentar el nivel acústico de la fuente sonora hasta un nivel suficiente que permita una buena comprensión del mensaje por parte del oyente. El **REFUERZO SONORO** está compuesto por un captador, un amplificador y un transductor o altavoz.

Entendemos por **ENTORNO ACÚSTICO** el *espacio cerrado, parcialmente cerrado o abierto* por el que se desplaza el sonido procedente de una o más fuentes.

En todos los casos, según sea el entorno acústico, el sonido llega hasta los oídos de los oyentes *directamente o por reflexión sobre las paredes*.

La importancia de las reflexiones depende del material de que esté construida la pared reflectante. Cada material tiene sus particulares características de absorción que influirán en la calidad acústica del local.

CAMPO DIRECTO, REFLEJADO Y DIFUSO

Llamamos campo directo a la zona en que el sonido llega directamente al oyente sin más modificación que la atenuación por la distancia.

El campo reflejado es la zona en que el sonido llega al oyente ligeramente desfasado en el tiempo en relación con el sonido directo, después de ser reflejado sobre un obstáculo (ejemplo una pared).

Llamamos campo difuso o reverberado a la zona en que el sonido llega al oyente después de múltiples reflexiones que acaban perturbando el sonido del campo directo a causa de los diferentes desfases.

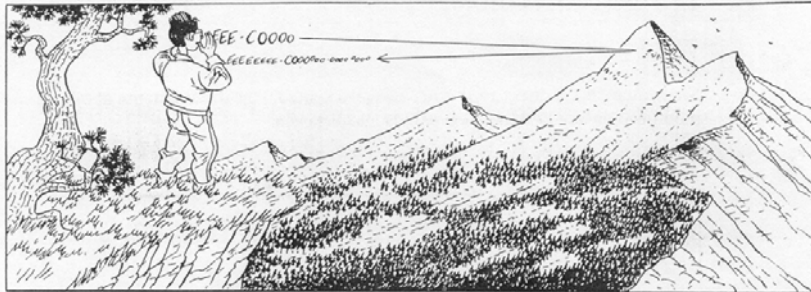
El **tiempo de reverberación (TR)** tiene una influencia directa en la percepción de cualquier sonido procedente de una fuente.

Si el TR es demasiado grande en relación con el TR aconsejable para dicho lugar, la inteligibilidad disminuirá considerablemente. El nivel sonoro del “campo difuso” será entonces considerado como un ruido de fondo.

Para compensar un TR demasiado elevado, es necesario utilizar paredes recubiertas con materiales absorbentes que limiten las reflexiones.

EL ECO

Un fenómeno bien conocido y que pone de manifiesto la reflexión de las ondas sonoras es el eco. Cuando una onda sonora llega a, ejemplo, una pared situada a unos



16,5 metros del observador, éste percibirá la última sílaba pronunciada, y entonces el eco se define como monosílabo. La distancia citada es necesaria puesto que la persistencia del oído humano es de 1/10 de segundo, y como en el

aire, y en condiciones normales, las ondas sonoras se propagan a una velocidad de 330 metros por segundo, la onda debe recorrer por lo menos 33 metros (16,5 metros de ida y 16,5 metros de vuelta).

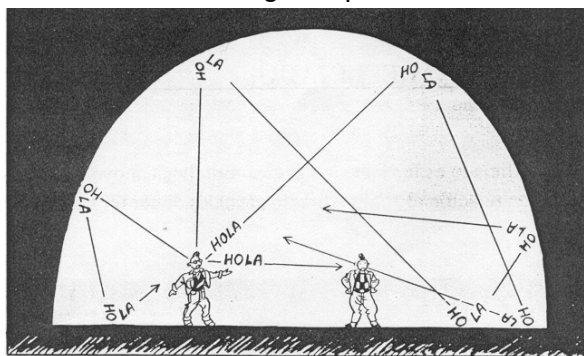
Si la distancia a la pared es de 33 metros, el recorrido de la onda será 66 metros (33 metros de ida y 33 metros de vuelta) En este caso puede escucharse las dos últimas sílabas (eco bisilábico).

Si existe más de una pared situada a diferentes distancias (mínima 16,5 metros) se producen diversas reflexiones y se obtiene el eco múltiple.

El fenómeno del eco que todos conocemos es la reflexión única de un mensaje sonoro sobre una pared reflectante lejana.

REVERBERACIÓN

Cuando la distancia entre la pared reflectora y el observador es de, al menos, 16,5 metros, la onda sonora reflejada se superpone parcialmente a la directa. Esto supone una pérdida considerable de nitidez, denominada retumbo o reverberación, que debe evitarse, sobre todo en los lugares públicos, tales como teatros, iglesias, aulas escolares, etc. Para



evitarlo se colocará en las paredes de dichos locales materiales absorbentes del sonido, aunque no totalmente, ya que en tal caso el eco desaparecería totalmente y el local resultaría sordo.

El tiempo de reverberación (TR) es mayor cuanto menor sea el coeficiente de absorción de las paredes.

La reverberación es la persistencia del sonido dentro de un recinto, después de que el sonido original haya cesado. Son múltiples ecos cuyas intensidades van decreciendo.

El periodo de reverberación es el tiempo requerido para que el sonido en un recinto caiga hasta una millonésima de su intensidad original, o decrezca 60 dB. El tiempo de reverberación de un recinto se calcula por la fórmula:

$$T = 0,16 \cdot V / AS$$

donde:

T = tiempo de reverberación en segundos

V = volumen del local en metros cúbicos

A = coeficiente de absorción medio del recinto

S = superficie total en metros cuadrados (paredes, techo y suelo)

En la tabla que sigue a continuación se expone el coeficiente de absorción de algunos materiales a diferentes frecuencias.

TIEMPOS CARACTERÍSTICOS DE REVERBERACIÓN TR

FUNCIONES / Utilización del lugar y del volumen	TR mínimo en s	TR máximo en s
Sala de conferencias	0,6	1,3
Anfiteatro	0,6	1,6
Sala de cine	0,5	1,2
Teatro	1	1,8
Sala de conciertos (variedades)	1,4	2
Sala de conciertos (música orquestal)	1,6	3
Lugares de culto	1,8	3,2
Restaurante / Cafetería		1,8
Night club	0,6	1,6
Gimnasio / Piscina / Pabellón deportivo		2,7
Sala polivalente	1,4	2
Local industrial		3

EL TIEMPO DE REVERBERACIÓN

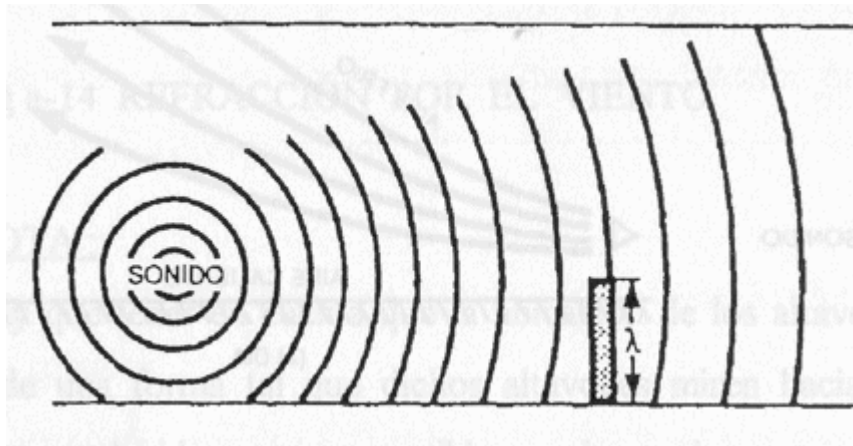
La utilización concreta de algunas salas (salas de conciertos, de espectáculos, de teatro) precisa un tiempo de reverberación concreto

En el caso de locales pensados para recibir público, es indispensable limitar este valor al indicado en la tabla anterior.

DIFRACCIÓN Y REFRACCIÓN DEL SONIDO

La difracción del sonido es un fenómeno por el cual cuando (la onda sonora) tropieza con un obstáculo, dicha onda es desviada hacia la parte posterior del obstáculo. En general cuando el obstáculo es mucho menor que la longitud de onda del sonido, dicho sonido es transmitido por difracción, pero cuando la longitud de onda es muy pequeña el sonido produce una "sombra" en la parte posterior del obstáculo y no es transmitido.

Como la luz tiene una longitud de onda muy pequeña, la misma produce sombras muy bien definidas aún estando presente la difracción.



La longitud de onda del rango audible del sonido se encuentra entre 17 m y 1.7 cm. Por ejemplo, un sonido con una frecuencia de 20 Hz (longitud de onda de 17 metros) que tropiece con un obstáculo de 5 metros, puede ser transmitido a la parte posterior del obstáculo debido a la difracción. Sin embargo, un sonido con una frecuencia de 20,000 Hz (1.7 cm de longitud de onda) no es difractado, o sea, no es transmitido.

Realmente, hay muchos casos donde las direcciones que toman las ondas de sonido son complicadas, y el sonido puede llegar a la parte posterior de grandes obstáculos bajo el efecto de ciertas condiciones tales como reflexión, dispersión del sonido, etc.

La refracción del sonido es un fenómeno por el cual, cuando varían las propiedades del aire, hacen que varíen la velocidad y la dirección de propagación de las ondas sonoras.

Cuando la temperatura (densidad) del aire cambia, la dirección de propagación del sonido ya sea hacia arriba o hacia abajo. Por ejemplo, cuando el aire caliente está muy cerca de la tierra y el aire más frío está por encima (horas diurnas) el sonido es propagado hacia arriba. Fig. 24. Cuando se invierten las condiciones en horas nocturnas el sonido es propagado hacia abajo Fig. 25

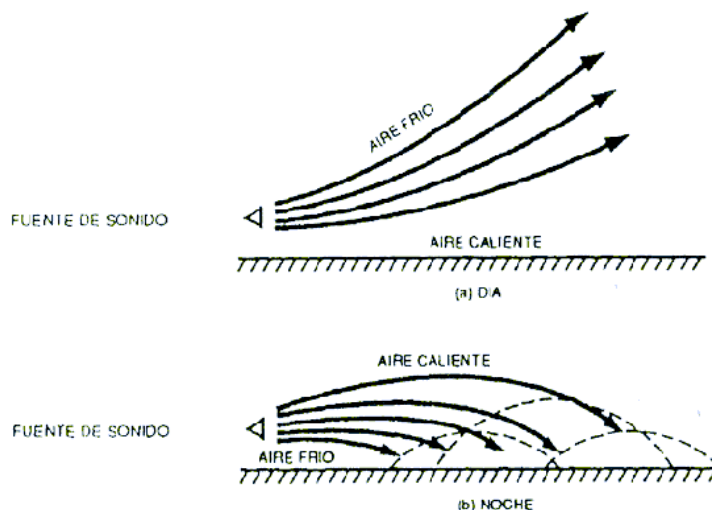
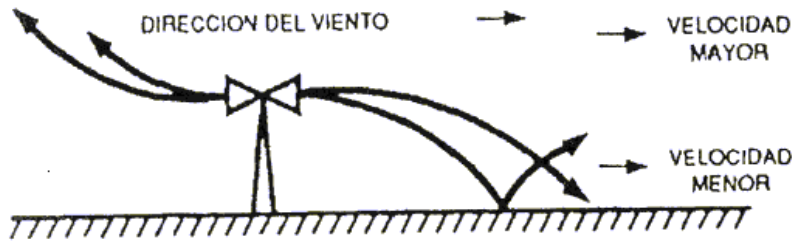


Fig. a-13 REFRACCIÓN DEL SONIDO

EFFECTOS DEL VIENTO

Generalmente la velocidad del viento es pequeña muy cerca de la tierra pero la

misma aumenta con la altura. La onda sonora que tiene la misma dirección del viento es desviada hacia la tierra, mientras que la onda sonora que va en dirección contraria a la dirección del viento es dirigida hacia arriba. Estas condiciones de la onda son mostradas



en la figura.

NOTA:

Hay que tener en cuenta que la ubicación de los altavoces en el exterior debe ser hecha de una forma tal que dichos altavoces miren hacia abajo desde una posición alta. Esto es debido a que es posible que las ondas sonoras sean refractadas hacia el cielo en las horas diurnas, y entonces no se podrá obtener el nivel de presión sonora necesario si el viento sopla en dirección contraria a la dirección de propagación del sonido.

La transmisión del sonido a distancias remotas recibe los efectos de la temperatura y el viento según se ha detallado más arriba, y da una sensación de "ruido" los oyentes que se encuentran a poca distancia. Debido a esto, el proyecto de ubicación de los altavoces debe hacerse de tal manera que la transmisión del sonido pueda ser satisfesa a las distancias más cortas posibles.

REFUERZO SONORO ELECTROACÚSTICO

Para tener una audición adecuada es preciso atender a los siguientes principios básicos:

- El nivel acústico percibido debe ser superior al ruido ambiental (10 dB).
- El sonido reverberado no altere el mensaje original.
- La cadena acústica no provoque distorsiones.

Para poder realizar el estudio adecuado es necesario precisar con exactitud la función a la que se destinará el lugar. Esto lleva implícito conocer:

- Naturaleza de las fuentes de sonido y el nivel acústico de las fuentes.
- El ruido de fondo previsible.
- El nivel acústico que se desea obtener.

Para ello disponemos de la tabla de niveles acústicos, donde se especifica el nivel de ruido propio del lugar y el nivel acústico que debemos obtener para una buena escucha. Para el cálculo de la potencia nominal (potencia máxima) de nuestro equipo amplificador aumentaremos en 6 dB el nivel acústico que nos da la tabla (ver anexo).

Limitaremos el tiempo de reverberación TR según la tabla que vimos en la página 10.

Herramientas:

Cada eslabón de la cadena electroacústica se escogerá en función del uso que desee darse al local. En cuanto al refuerzo sonoro cada eslabón será considerado como *herramienta*.

Los captadores – Micrófonos:

Los micrófonos transforman la señal emitida por la fuente en señal eléctrica.

Los micrófonos se escogen según su utilización:

- De mano para hablar o cantar.
- De corbata (Labalier) para recoger sonidos estables.
- De sobremesa para conferencias.
- Micrófonos sin hilos (HF).
- De cañón para captar sonidos lejanos.
- Tipo Boom con pértiga para cine, spots, etc.
- Para captar sonido en teatro, tipo condensador.
- Integrados en instrumentos musicales.

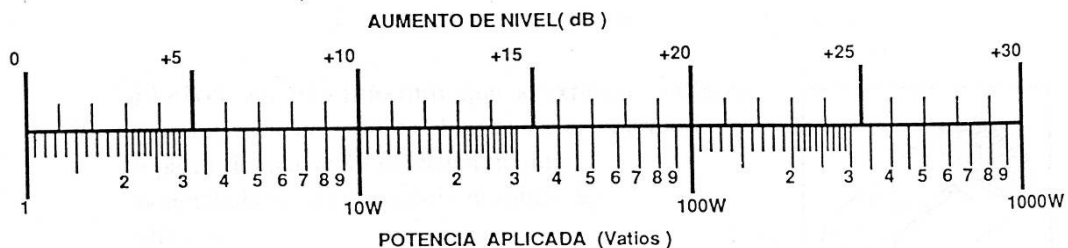
Los amplificadores:

Transforman las pequeñas señales eléctricas surgidas de los captadores en señales eléctricas de potencia, necesarias para el funcionamiento de los altavoces. Su principal característica es la potencia expresada en Vatios RMS.

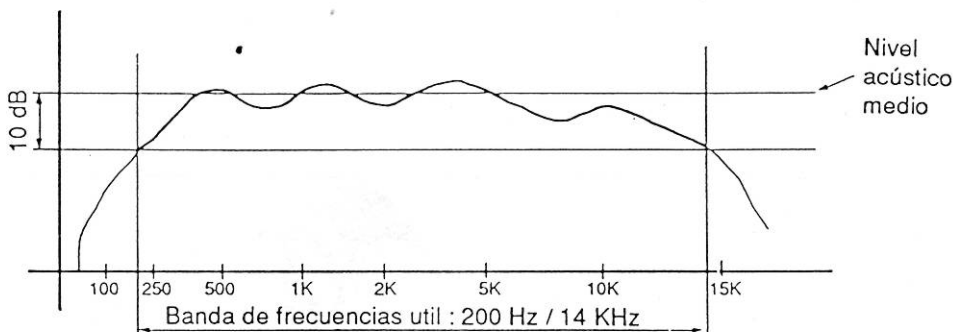
Los transductores – los altavoces:

Transforman la potencia eléctrica suministrada por los amplificadores en *nivel de presión acústica*. Se caracterizan por:

- **El rendimiento o sensibilidad** que se expresa en dB(A) y que indica el nivel sonoro obtenido a partir de una señal de 1 w RMS medido a 1 metro de distancia en la banda de frecuencia útil.



- **La potencia nominal**, que es la potencia máxima de funcionamiento permanente de un altavoz (comparable a la de una bombilla).
- **El nivel acústico máximo**, que se expresa en dB(A) a un metro, y que indica el nivel sonoro obtenido a partir de una potencia eléctrica igual a la potencia nominal del altavoz.
- **La banda de frecuencia útil** corresponde a la zona de frecuencia en el que el nivel acústico medio reproducido por el altavoz se mantiene constante. Los límites altos y



bajos quedan fijados por las frecuencias a partir de las cuales el nivel acústico disminuye 10 dB en relación con nivel acústico medio.

La conexión de los altavoces:

Se utilizan dos modalidades de transporte de energía:

- Conexión “baja impedancia”, empleada en las conexiones cortas. La siguiente tabla nos orienta sobre la máxima longitud de cables en metros para las distintas impedancias y secciones de cable.

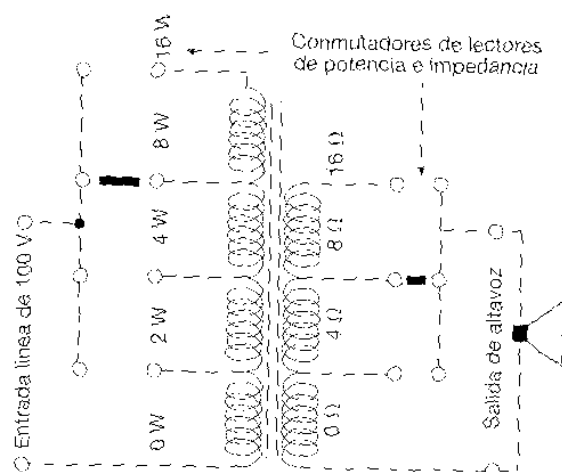
Tabla 8.1. Máxima longitud de cables en metros para una línea de-impedancia constante

IMPEDANCIA (Ω)	SECCIÓN (mm ²)	< 1	1	1,5	2	3	4	6	8	10	16
2	—	—	—	5	12	20	30	40	50	65	100
4	—	10	14	17	25	40	55	75	100	140	210
8	—	20	25	35	50	75	100	160	200	260	400
16	—	40	50	65	95	140	200	300	375	500	750

- Conexión “alta impedancia” también llamada línea 100 Voltios, empleada generalmente en la sonorización de lugares públicos y amplios. La instalación de los altavoces en una línea 100 V es comparable a la de los aparatos eléctricos sobre una línea eléctrica de 220 V.

Tabla 8.2. Máxima longitud de cables en metros para una línea de tensión constante

IMPEDANCIA (Ω)	SECCIÓN (mm ²)	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	6	8
60 W	—	120	270	425	550	700	1 000	1 500	2 200	3 200	4 250
120 W	—	60	130	200	270	350	500	750	1 100	1 600	2 100



Los altavoces destinados a ser utilizados en estas líneas están equipados con un selector de potencia de varias posiciones. Esto permite seleccionar la potencia adecuada a la zona donde se coloca el altavoz.

El retraso en función de la distancia:

Cuando se utilizan varios altavoces y la distancia entre ellos es grande puede ocurrir que al espectador le lleguen señales con diferentes tiempos, produciéndose un eco indeseado. Para solventar este problema se recurren a los “delay”, que son dispositivos que producen un retraso en la señal. Se colocan antes del amplificador o etapa de potencia.

USO DE ALTAVOCES ESPECÍFICOS

Cada tipo de altavoz está concebido para cubrir una o varias funciones mediante unas características determinadas: rendimiento, banda de frecuencia, potencia nominal, directividad.

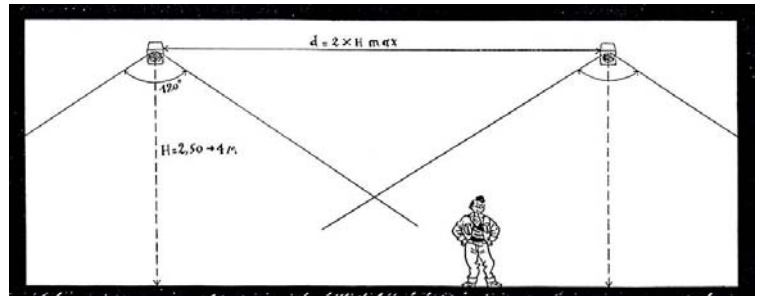
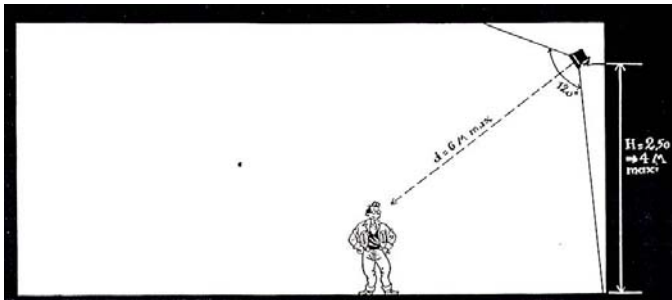
Pantallas acústicas compactas:



Son pequeñas y compactas, unos 24 cm de altura. Incluyen un solo altavoz de aprox. 5 ' completado algunas veces con un tweter pequeño. Su poca directividad, los hace idóneos para distancias cortas y locales donde deben pasar inadvertidos (restaurante, tiendas de ropa, sala de conferencias pequeña, etc.

Se colocarán a una altura entre 2'5 y 4 m habiendo una distancia máxima hasta el oyente de 6 metros. En caso necesario se añadirán más altavoces colocándolos a una distancia entre ellos de 2 x altura como máximo.

Respectando estos cálculos tendremos una diferencia máxima de nivel sonoro en el área de escucha de 6 dB.



Altavoces empotrables en techos falsos:

Estos altavoces de 5 a 8' pueden estar equipados a su vez con un tweter coaxial (altavoz de agudos en el mismo eje que el principal). Son poco directivos, 120° y tienen una respuesta en frecuencia bastante amplia, por lo que se recomiendan para locales que busquen homogeneidad y calidad acústica, y bajo nivel de sonido (oficinas, hoteles, empresas, etc.)

Las distancias serán las mismas que el anterior.

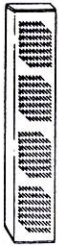
Altavoces suspendidos:



Tienen normalmente forma de pantalla acústicas esféricas. Están compuestos por altavoces de 6 a 8' con tweter coaxial preferentemente. Su potencia va de 10 a 25 w y poseen una directividad entre 100 y 120°.

Es la solución más apropiada para sonorizar naves de grandes superficies en los que la altura del techo es superior a 4m. (naves industriales, supermercados, aeropuertos, etc.

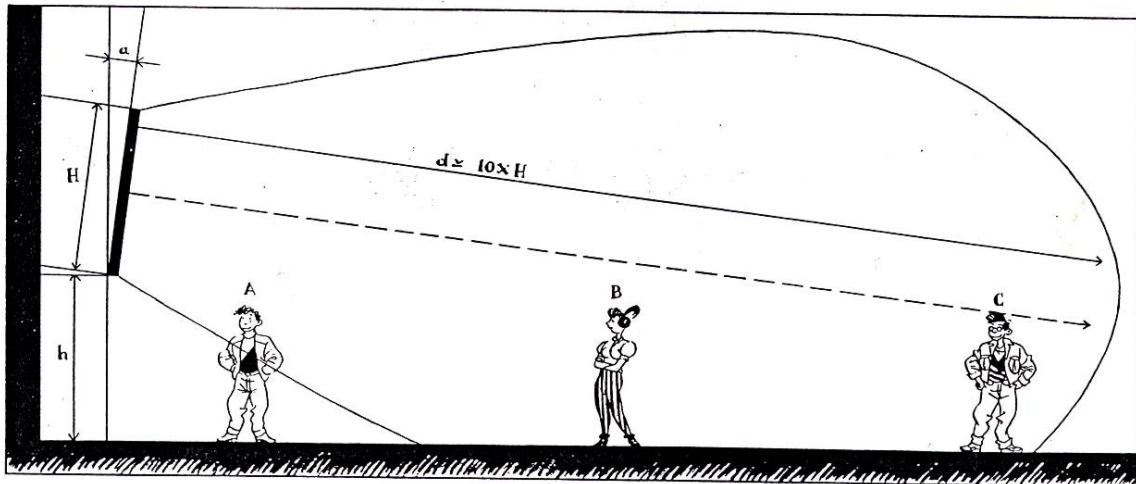
Las columnas de altavoces:



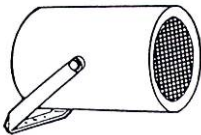
Son pantallas acústicas especiales que resultan de la unión de varios altavoces idénticos situados en forma de columna. Dicha columna se caracteriza por un ángulo de directividad vertical muy reducido pero elevado rendimiento (90 a 100 dB).

Es la solución para locales en los que el TR es muy alto y resulta imposible o insuficiente realizar un tratamiento acústico (iglesias, vestíbulo de estación, teatro, sala de conferencias, etc.).

El eje de la columna debe orientarse hacia el oyente más lejano. La distancia cubierta por el haz sonoro es aprox. 10 veces la altura de la columna.



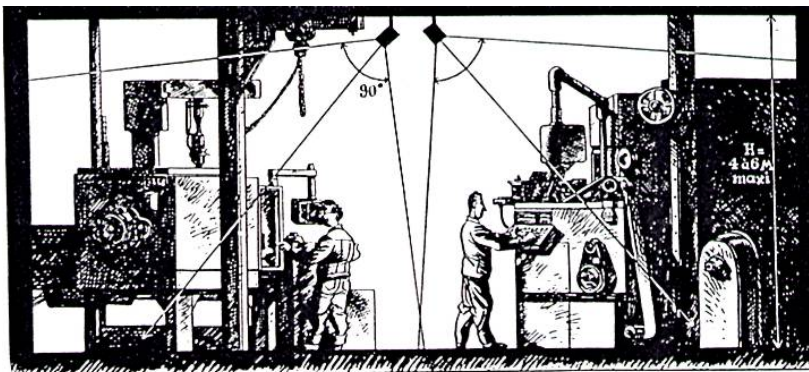
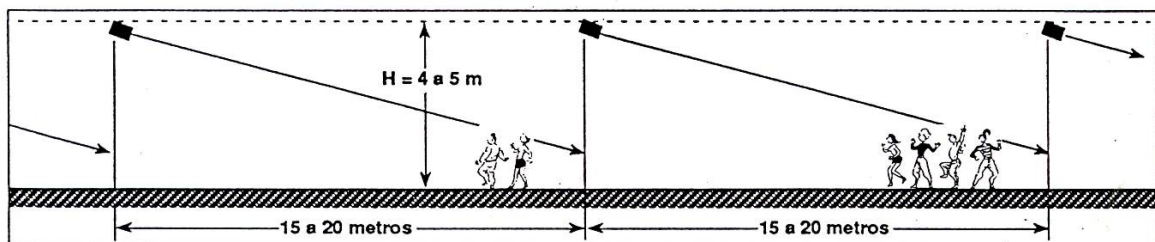
Proyectores de sonido:



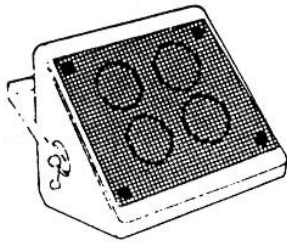
Son de forma tubular y están equipados con un altavoz de banda ancha de 4 a 7', con un tweter coaxial a veces.

Son altavoces muy directivos, 80 a 90°, alto rendimiento, 90 a 95 dB(A) y mediana potencia, 10 a 20 w. Esto los hacen especialmente adecuados para la transmisión de anuncios o mensajes en ambientes ruidosos (talleres, calles, almacenes, etc.)

En los casos de sonorización callejera, los altavoces deben dirigirse en el mismo sentido que la corriente de aire.



Proyectores de sonido de gran potencia:

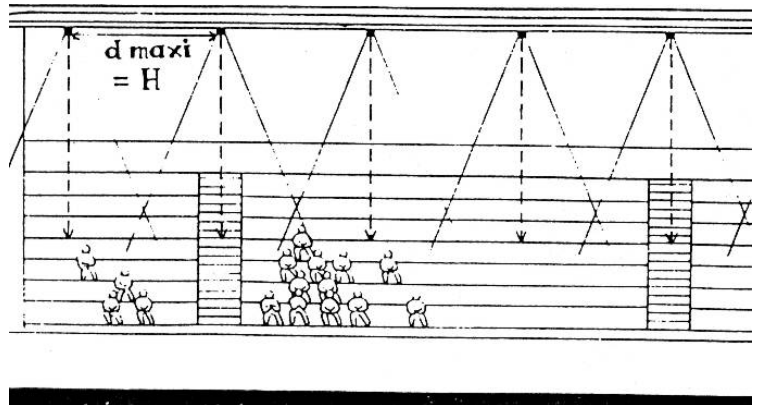
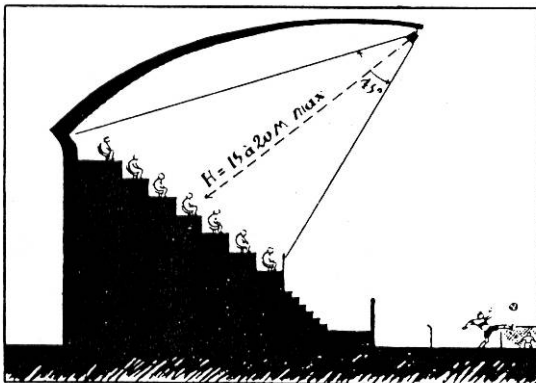


Se caracterizan por un haz sonoro cónico de gran directividad, 40 a 50°, por un elevado rendimiento, 90 a 102° dB(A), y por una potencia de 40 a 80 w.

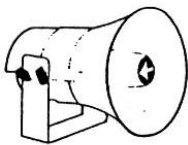
Están indicados para la difusión sonora de alto nivel en ambientes ruidosos y con un elevado índice de reverberación (TR), (estadios, estaciones de transporte, pista de patinaje, etc.).

Par distancias superiores o iguales a 20 m, los altavoces deberán instalarse en grupos de 2 o más para obtener el nivel

acústico necesario.



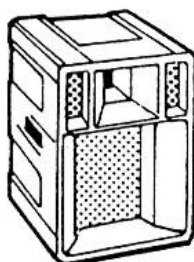
Altavoces de cámara de compresión:



Existe una gran variedad en cuanto a potencia pero con el denominador común de poseer un rendimiento elevado, 104 a 114 dB(A).

Estos difusores están recomendados para la transmisión de mensajes hablados en lugares amplios y ruidosos, (espacios industriales, eventos en la calle, minarete de mezquitas, etc).

Pantallas acústicas de banda ancha de potencia:

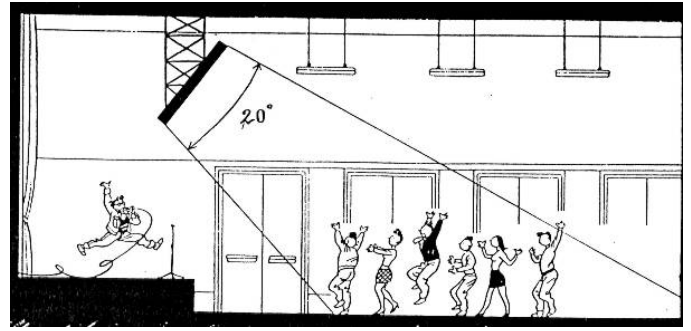
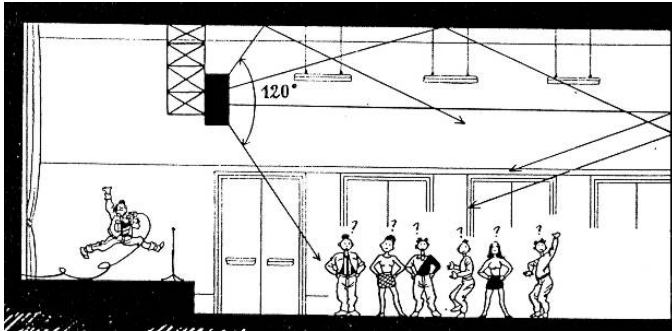


Comprenden numerosos modelos de tamaño, forma y potencia (de 50 a 500 w ó más), pero todas con una banda de frecuencia útil muy amplia, 70 a 18000 Hz.

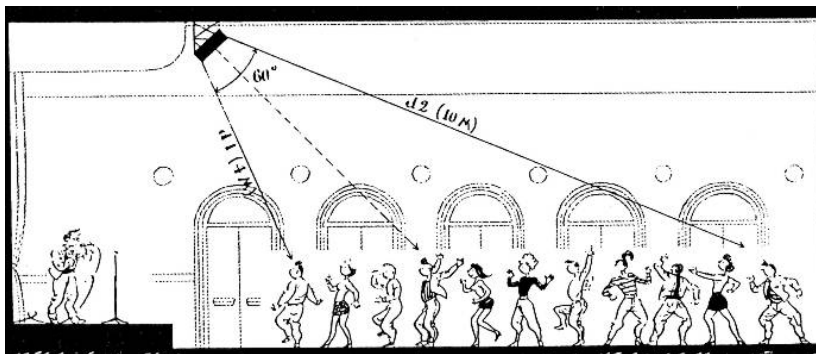
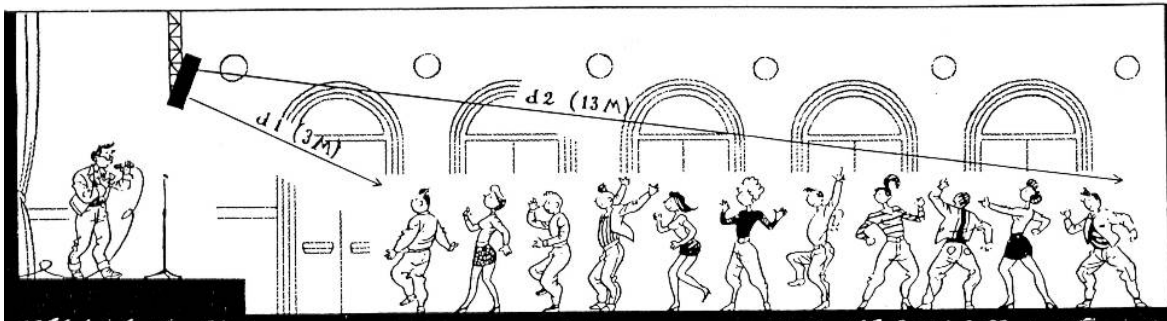
Estas pantallas están dirigidas a sitios donde se necesita gran potencia y fidelidad acústica (teatros, espectáculos en la calle, discotecas, pubs, etc).

REGLAS PARA INSTALACIÓN DE ALTAVOCES

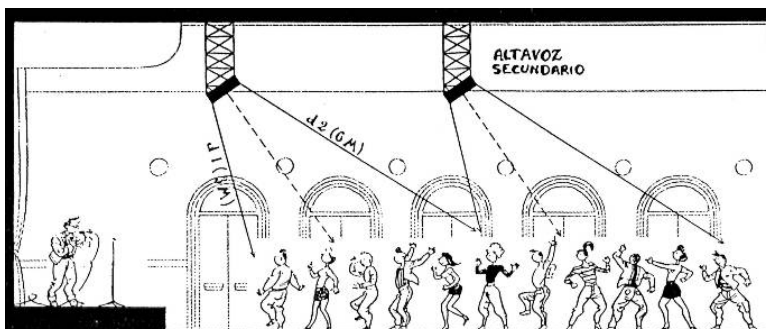
1. Procurar que el haz o los haces sonoros se limiten a la zona ocupada por los oyentes. Esto permite:
 - Limita el número de altavoces a instalar.
 - Permite mayor nivel acústico.
 - Disminuye la reflexión del local.



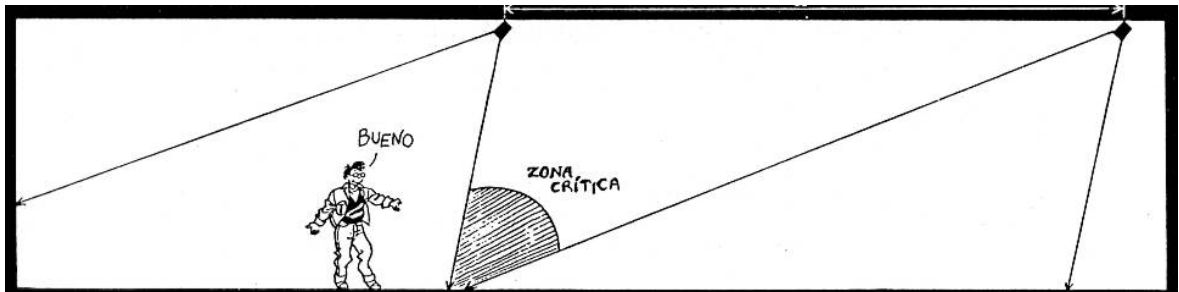
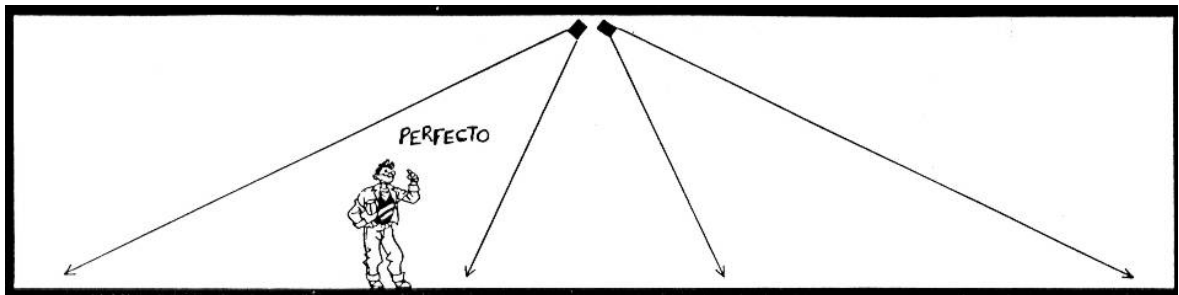
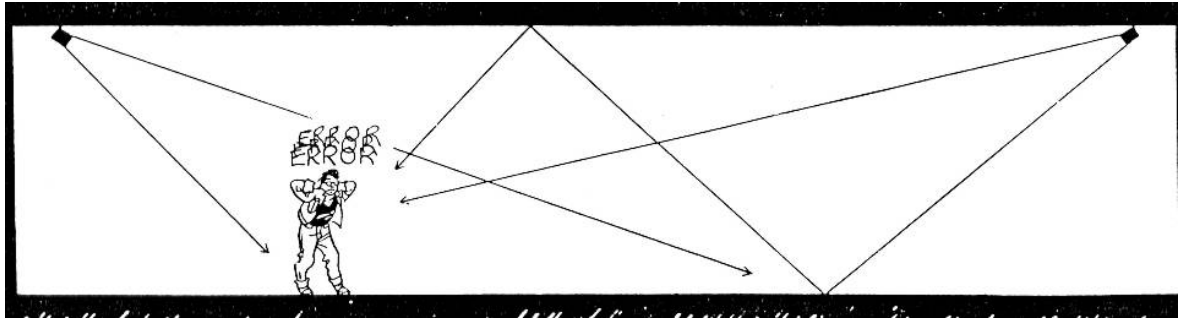
2. Evitar grandes diferencias de nivel acústico en la zona de escucha. Una diferencia mayor de 6 dB es intolerable.



3. Colocar los altavoces de manera que mantengan una distancia constante entre ellos. Esto permite:
 - Disminuye la diferencia de nivel acústico por zonas.



4. Evitar que los haces sonoros de distintos altavoces distantes entre sí, se entrecrucen. Esto permite:
- Disminuye la reverberación y el eco.
 - Aumenta la claridad de los mensajes hablados.



En este último gráfico observamos una zona crítica que en los casos cuya distancia es inferior a 20 metros de la fuente sonora es suficientemente inteligible. En distancias superiores deberemos tenerla en cuenta.

NIVELES ACÚSTICOS CARACTERÍSTICOS

	NIVEL DE RUIDO dB(A)	NIVEL ACÚSTICO ÚTIL A OBTENER dB(A)
• SALAS DE ESPECTÁCULOS Y ESTUDIOS DE GRABACIÓN		
Estudio TV o Radio	35	
Estudio de grabación	40	
Estudio-sala de control	45	
Teatro	40 - 45	65 - 80
Sala de conciertos	45 - 50	85 - 110
Cine	50	70 - 80
Night-Club (Pista de baile)	76	95 - 110
• HOSPITALES		
Sala de audiometría	40 - 45	
Quirófano	50 - 55	
Sala con varias camas	55	
Corredores	55 - 60	65
Lavabos - Servicios	55 - 60	65
Vestíbulo - Sala de espera	50 - 60	55 - 65
• HOTELES - RESTAURANTES		
Habitación	40 - 50	
Salon de banquetes	60	70 - 75
Sala de baile	60 - 65	80 - 90
Sala de conferencias	50 - 55	70 - 75
Corredores - Servicios	55 - 60	65
Restaurante	50 - 60	60 - 65
Bar - Cafetería	60 - 65	60 - 70
• COMERCIOS - GRANDES SUPERFICIES		
Grandes almacenes	55 - 65	70
Supermercado - Hipermercado	65 - 70	75
Cafetería	60 - 65	65 - 70
• EDIFICIOS DE OFICINAS - CONGRESOS		
Sala del consejo de administración	45 - 50	65
Sala de conferencias	45	65
Recepción	50 - 55	60
Anfiteatro	45 - 65	65 - 75
Oficinas	55 - 60	60 - 65
Museo	50 - 55	55 - 60
Tribunal	45 - 50	60 - 65
• SALAS DE ESPERA - ANDENES		
Aeropuerto	65 - 70	75 - 80
Estación	80	85 - 90
Metro	90	95 - 100
• POLIDEPORTIVOS		
Gimnasio	55 - 65	70 - 75
Piscina - Pista de patinaje	60 - 70	75 - 80
Sala polivalente - Cancha de baloncesto	75 - 80	90 - 95
Gradas de un estadio	75 - 85	90 - 95
Estadio en el momento de marcar un tanto	90	
LOCALES INDUSTRIALES		
Garaje	65 - 75	75 - 85
Carrocerías	70 - 85	90 - 95
Entrepôts	65 - 70	70 - 75
Industria ligera	65 - 70	75 - 80
Industria pesada	70 - 80	85 - 90
• LUGARES DE CULTO		
Iglesias	50 - 55	60 - 65
Mezquitas	50 - 55	65 - 75