

FLASH MEMBER TRAINING



Pablo Emilio Espinoza Garcia

Cálculo de presión sonora | 24 de Junio

Gratis para miembros Premium y Elite

13:00-14:30 Col/Mex | 14:00-15:30 Chile **¡Participa!**




© 2022

2

ACERCA DE AVIXA



AVIXA
Audiovisual and Integrated Experience Association

- La comunidad global de profesionales AV
- La asociación de la industria AV Profesional
- El punto de encuentro para la comunicación, comunidad y contenido
- El catalizador para el crecimiento del mercado usuario de la experiencia audiovisual comercial.
- El proveedor de recursos para la profesionalización: formación, certificación, normas técnicas



3



4

AVIXA Xchange

El punto de encuentro digital de la Industria AV Pro

- Diseñado a medida para la industria AV Pro
- Network con sus colegas, líderes de pensamiento y generadores de tendencias
- Expertos comparten experiencia y tú aprendes e interactúas
- Las comunidades audiovisuales prosperan y se involucran

5

¿A quiénes va dirigido Xchange?



Profesionales audiovisuales
que buscan aumentar su
red de conexiones



Empresas audiovisuales que
buscan obtener nuevas
conexiones y encontrar
nuevas oportunidades
comerciales.



Usuarios finales de AV que
buscan soluciones



6

AVIXA  Xchange



<https://xchange.avixa.org/>

7

Crea el perfil de tu empresa en Xchange



Standard Free for AVIXA Members

This entry level is available exclusively for companies with AVIXA membership. Standard access gives your company a listing in the directory so that buyers looking for providers can find you.

Features:

- Directory Listing and Company Profile Page

Activate Standard Subscription



- Solo para miembros activos de AVIXA
- Acceso estándar para que la empresa aparezca listada en el directorio
- Permite a los compradores encontrar a las empresas/proveedores
- <https://store.avixa.org/XchangeTier>
- Ingresas con tu usuario y contraseña de AVIXA

8

8

ENTORNO POSITIVO DE APRENDIZAJE

- Los seminarios virtuales de AVIXA son eventos educativos y no promueven a ninguna empresa, marca o producto en particular sobre otro. Tienen el propósito de ser de naturaleza puramente educativa y no debe contener un "carácter de venta".
- Es totalmente inadecuado hacer comentarios negativos o despreciar otros presentadores, empresas o productos de la competencia en la industria AV, en cualquier evento de capacitación de AVIXA .

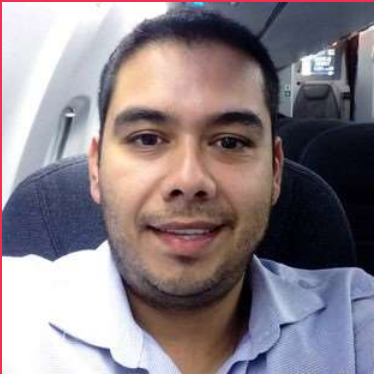


9



10

PRESENTADOR



- Pablo Espinoza
- Signo de Centroamerica
- pespinoza@signoca.com



11

Agenda

- Conceptos básicos del sonido
- Altavoces
- Cálculos de cobertura y SPL
- Predicción acústica en sonido distribuido
- Cálculo de la potencia de audio necesaria para su altoparlante



12

12

Conceptos básicos del sonido



13

Agenda

- Conceptos básicos del sonido
- Altavoces
- Cálculos de cobertura y SPL
- Predicción acústica en sonido distribuido



14

14

Conceptos básicos del sonido

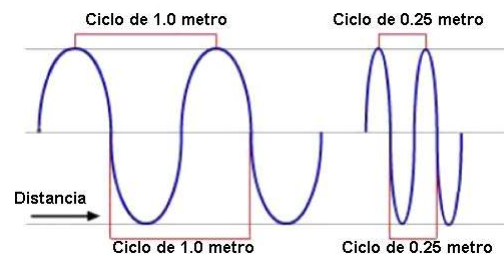


15

15

Longitud de Onda

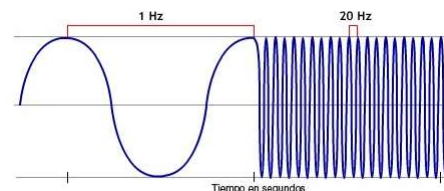
- Longitud de onda es la distancia física entre dos puntos que están separados por un ciclo



16

Frecuencia

- Número de veces que se reproduce un ciclo en un segundo, se describe en Hz. Las longitudes de onda que puede percibir el oído humano (20 Hz a 20kHz) va desde 17.2m a 17.2mm
- $\lambda = c/f = 340/20 = 17\text{m}$
- $T = 1/f = 1/20 = 50\text{ms}$
- $\lambda = c/f = 340/20000 = 0.017(100) = 1.7\text{cm}$
- $T = 1/f = 1/20000 = 0.05\text{ms}$



17

Octavas y Bandas

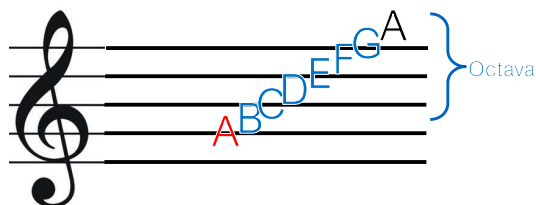


- Para estudiar y medir el sonido, las frecuencias que podemos oír se dividen en grupos



18

Octavas



- Cada espacio y cada línea representa una nota musical desde la A hasta la G. La A tiene una frecuencia fundamental de 440 Hz (LA)



19

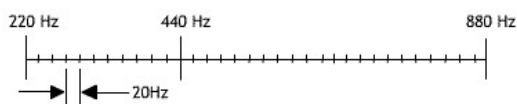
Octavas

- $220\text{Hz} \times 2 = 440\text{Hz}$
- $440\text{Hz} \times 2 = 880\text{Hz}$
- Aunque haya mas espacio entre $880 - 440\text{Hz}$ que $440 - 220\text{Hz}$, nuestro oído escucha el mismo intervalo entre cada sonido.



20

Octavas

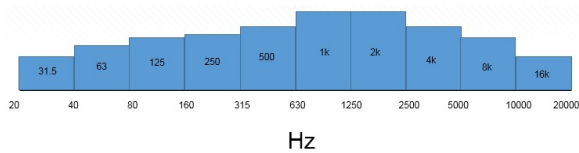


- La respuesta del oído a la frecuencia es logarítmica. Un tono de 220Hz suena de manera similar a un tono de 440Hz y en 880Hz



21

Bandas

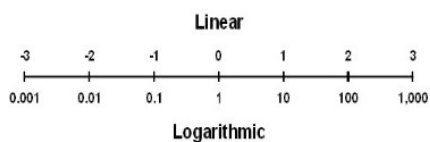


- La audición humana cubre frecuencias de 20Hz a 20.000Hz. Este espectro se divide en 10 bandas en donde cada banda es una octava



22

Logaritmos

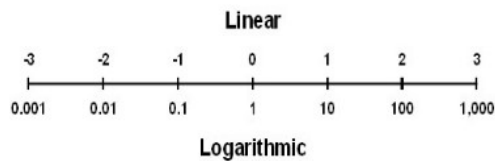


- Consiste en cuantas veces se debe multiplicar el numero 10 por si mismo para obtener un valor determinado



23

Logaritmos

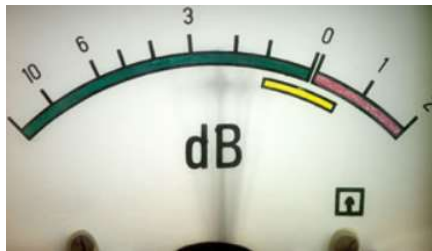


- Los seres humanos percibimos diferencias en los niveles de sonido de manera logarítmica y no lineal



24

Decibeleles



Es una comparación entre dos valores. La unidad básica es el Bel por lo tanto el decibel es la décima parte de un Bel (dB). Es utilizado en escalas logarítmicas para describir las relaciones con un rango de valores muy grande.

En audio se utiliza para cuantificar diferencias de voltaje, distancia y presión acústica. Todo número se compara entre valores del mismo tipo.



25

Ecuaciones de Decibeles

$$dB = 10 \times \log \frac{P1}{P2}$$

Diez veces el logaritmo de la relación describe la diferencia en decibels de dos valores en potencia:

$$dB = 20 \times \log \frac{V1}{V2}$$

Veinte veces el logaritmo de la relación describe la diferencia en decibels de dos valores en voltaje o distancia:



26

Uso de los Decibels

Unidad	Nivel de Referencia
dBW	1 vatio
dBm	0.001 vatio
dBV	1 voltio
dBu	0.775 voltios
dB SPL	0.00002 pascals

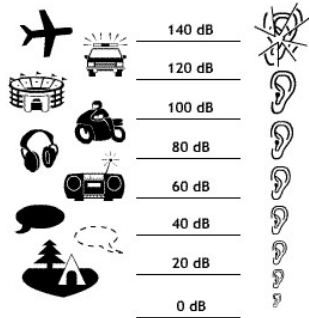
Los decibels son comparaciones no unidades de cantidades absolutas. Requieren un valor de referencia

En presión sonora la referencia es 0dB (0.00002 pascals). Se considera que es el umbral auditivo.



27

Uso de los Decibeles



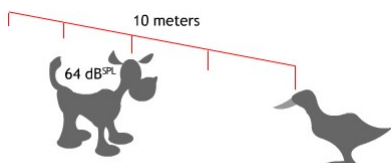
En relación a la audición humana:

Un cambio apenas perceptible ya sea mas fuerte o mas suave requiere un cambio de 3 dBSPL.



28

Ley de cuadrados inversos



Cuando se genera un sonido, la energía se dispersa en todas direcciones. Esta dispersión está regida por la ley cuadrados inversos en donde la energía sonora es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la fuente.

La presión sonora disminuye 6 dB cada vez que se duplica la distancia de la fuente.

La presión sonora aumenta 6 dB cada vez que la distancia a la fuente se reduce a la mitad



29

Altavoces



30

30

Introducción a los altavoces

Para fines de refuerzo de sonido, los altavoces son el final de la ruta de la señal eléctrica. La energía acústica que fue convertida en energía eléctrica por el micrófono se vuelve a convertir en energía acústica por el parlante.

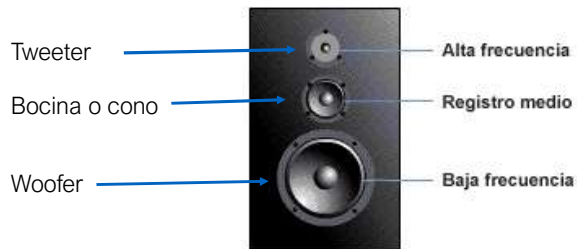
La selección del parlante depende de su aplicación los cuales pueden ser:

- Comunicación: sistema de sonido distribuido.
- Refuerzo de sonido: para conferencias, sonido en vivo, espectáculos musicales, teatro.
- Reproducción de sonido: Reproducción de música pregrabada, películas.



31

Crossover



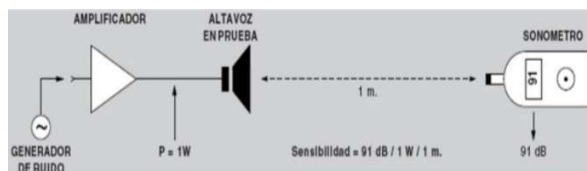
El espectro de audio tiene longitudes de onda y frecuencias que varían. Ningún driver por si solo puede reproducir todo el rango de frecuencias de forma eficiente.

Para que cada driver reciba solo aquellas frecuencias que convertirá de forma eficiente, se utiliza un circuito divisor de frecuencias llamado CROSSOVER. Puede ser Activo o pasivo



32

Sensibilidad



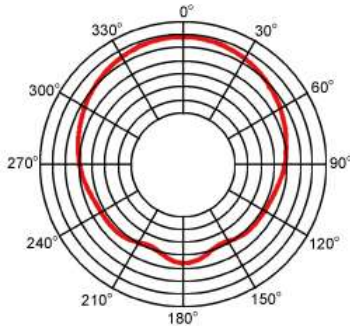
Al igual que los micrófonos, los altavoces se califican en base a su capacidad de convertir una forma de energía a otra. Esta calificación se determina por la SENSIBILIDAD que es el nivel de señal de salida acústica del parlante SPL

Ejemplo: 88 dB/1W@1m



33

Respuesta en frecuencia y patrones polares

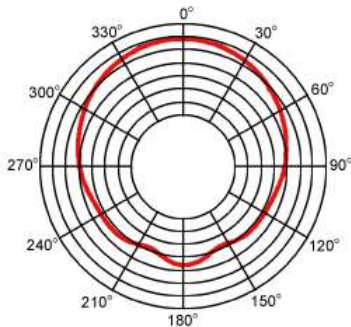


La respuesta en frecuencia general será mejor en su eje frente al parlante. A medida que se mueva fuera de eje, no solo se reduce el sonido sino también se cambia la respuesta en frecuencia



34

Respuesta en frecuencia y patrones polares



Un parlante con una cobertura específica solo mantiene ese patrón sobre un rango limitado de frecuencias.

Las frecuencias bajas se propagan en forma mas omnidireccional debido a su longitud de onda mas grande



35

Impedancia



Otra clasificación de los parlantes lo determina la impedancia.

Impedancia es la oposición al flujo de corriente.

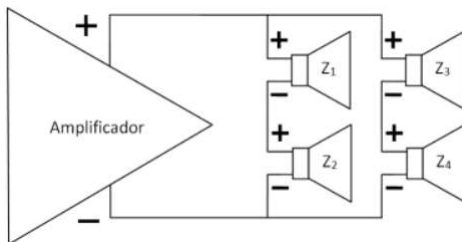
Se encuentran altavoces de 4 ohm, 6 ohm, 8 ohm, 16 ohm y 70v/100v.

Su uso depende de la capacidad del amplificador y de la cantidad de parlantes que pueden ser conectados.



36

Tipo de conexión



SERIE

La impedancia total aumenta (es mayor que la mayor de las impedancias conectadas).

PARALELO

La impedancia total disminuye (es menor que la menor de las impedancias conectadas).



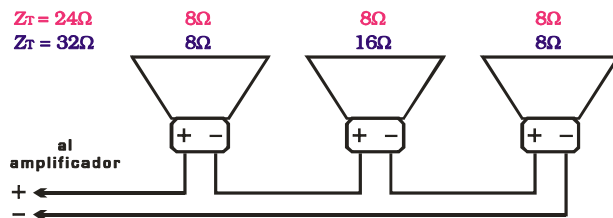
37

Conexión Serie

$$Z_T = Z_1 + Z_2 + Z_3 \dots + Z_N$$

$$Z_T = 8 + 8 + 8 = 24\Omega$$

$$Z_T = 8 + 16 + 8 = 32\Omega$$



A mayor impedancia, el amplificador entrega menor potencia. Es muy

importante tener en cuenta la polaridad de los parlantes.



38

Conexión Paralelo

General

$$Z_T = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots + \frac{1}{Z_n}}$$

$$Z_T = \frac{1}{\frac{1}{16} + \frac{1}{16} + \dots + \frac{1}{8}}$$

$$Z_T = \frac{1}{0.25} = 4\Omega$$

Para 2 bafles

$$Z_T = \frac{Z_1 * Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

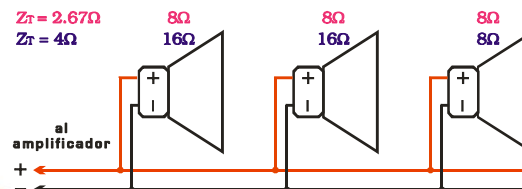
$$Z_T = \frac{16 * 16}{16 + 16}$$

$$Z_T = \frac{256}{32} = 8\Omega$$

Para bafles de = Z

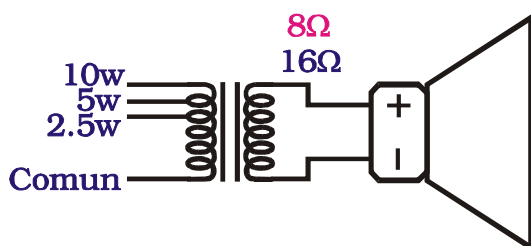
$$Z_T = \frac{Z_n}{\# \text{ Parlantes}}$$

$$Z_T = \frac{8}{3} = 2.67\Omega$$



39

Conexión 70v/100v



$$Z = \frac{V^2}{W} = \frac{100^2}{10} = 1000\Omega / 1k\Omega$$

Cambia de 8 ó 16Ω a 1.000Ω

Trabaja con Z mas altas de carga (bafles)

Se puede conectar todo el sistema en paralelo.

Minimiza las perdidas por la línea de transmisión (cable).

Es posible conectarle control de volumen a cualquier bafle o grupo de bafles.

Permite decidir la potencia que reproduce un bafle.



40

Perdidas por calibre del cable

Calibre American Wire Gauge	Resistencia Ohmios/km @20°C	Sección en mm2	Resistencia calculada para la longitud	Perdida de Pot. a 33,33 Ohmios % (300W)	Perdida de Pot. a 4 Ohmios %	Perdida de Pot. a 2 Ohmios %
22 AWG	54,5	0,35	5,450	14,05	57,67	73,15
18 AWG	24,05	0,75	2,405	6,73	37,55	54,60
16 AWG	12	1,5	1,200	3,48	23,08	37,50
14 AWG	7,4	2,5	0,740	2,17	15,61	27,01
12 AWG	4,5	4	0,450	1,33	10,11	18,37
10 AWG	2,9	6	0,290	0,86	6,76	12,66
8 AWG	2	8,366	0,200	0,60	4,76	9,09

Longitud en metros a calcular

100

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CABLES MARCA PROEL ESPECIALES PARA AUDIO.



41

41

CÁLCULOS DE COBERTURA Y SPL



42

42

El desempeño de un sistema de sonido se define por factores como la uniformidad de cobertura, balance tonal y consistencia, ganancia antes de realimentación con micrófonos (feedback) y máxima presión sonora SPL.

A nivel de sonido distribuido, se debe contemplar tres casos en la medición de SPL como son:

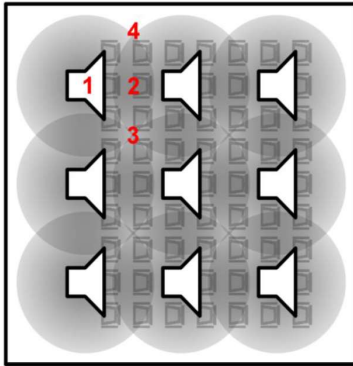
- Simetría en la Distribución de altavoces
- Simetría en la Distribución de altavoces con pequeñas variaciones
- Distribución de altavoces sin Simetría



43

43

Simetría en la Distribución



En espacios donde la distribución de altavoces y la distancia de los altavoces a las áreas audibles son simétricas se realiza medición en:

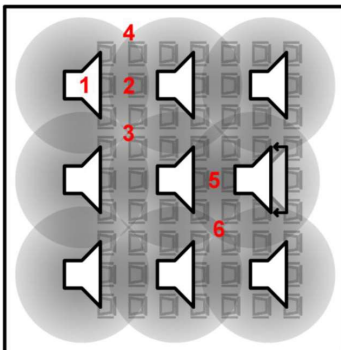
1. Directamente bajo el eje del altavoz.
2. En el traslape de cobertura de dos altavoces.
3. En la posición de mayor traslape entre altavoces.
4. En el borde del área audible fuera del eje del altavoz



44

44

Simetría en la Distribución con pequeñas variaciones



Si existe una pequeña variación en la distribución de altavoces se realiza medición en:

1. Directamente bajo el eje del altavoz.
2. En el traslape de cobertura de dos altavoces.
3. En la posición de mayor traslape entre altavoces.
4. En el borde del área audible fuera del eje del altavoz.
5. En el traslape de cobertura de dos altavoces con variación de posición.
6. En la posición de mayor traslape entre altavoces con variación de posición.

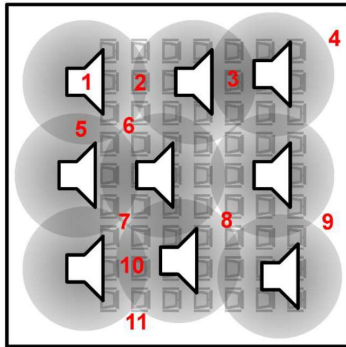
Si la medición varía en mas de 1 dB, debe ser reportado en el informe



45

45

Distribución sin Simetría



Si en varios parlantes varia la distancia entre ejes o áreas audibles entre parlantes, todas las zonas de traslape serán medidas



46

46

Normas AVIXA A102.01:2017 Audio Coverage Uniformity in Listener Areas

AVIXA A102.01:2017 (Formerly ANSI/INFOCOMM A102.01:2017)
Supersedes ANSI/INFOCOMM IM-2007

**Audio Coverage Uniformity
in Listener Areas**



Criterios de prueba de uniformidad en cobertura de sonido.

El Sistema debe entregar una salida acústica mayor a 15dB sobre el ruido ambiente para las mediciones.



47

47

Clasificación de desempeño en un sistema de sonido distribuido

Una cobertura aceptable depende del propósito, la aplicación o el uso del sistema.

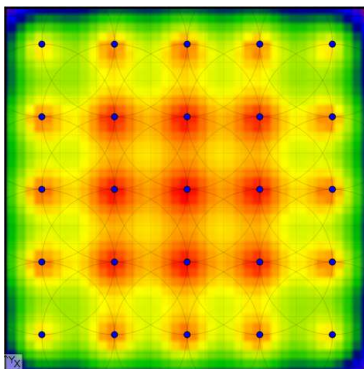
La uniformidad de la cobertura se determina en 5 niveles diferentes: 3dB, 6dB, 8dB, 12dB y >12dB. El resultado en cada banda de octava es el valor medio mas alto menos el valor medio mas bajo



48

48

Nivel 1. Clasificación a 3dB



En un sistema donde la cobertura es de 3dB o menos, el oyente no podrá percibir que el sonido es producido por un altavoz en particular (imagen sonora) cuando se está moviendo en el área audible.

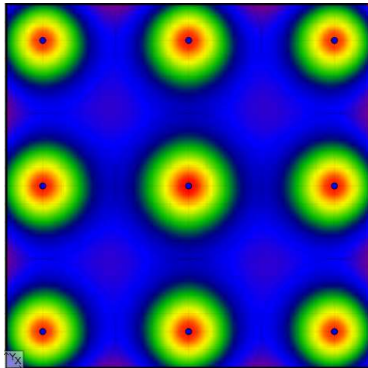
Un sistema de sonido distribuido con parlantes de techo basado en la configuración centro a centro es un ejemplo



49

49

Nivel 2. Clasificación a 6dB



En un sistema donde la cobertura es de 6dB, el oyente podrá percibir que el sonido es producido por un altavoz en particular (imagen sonora) cuando se está moviendo en el área audible.

En esta clasificación el oyente podrá distinguir cuando está debajo del altavoz, y cuando está en la zona de traslape con el siguiente altavoz.

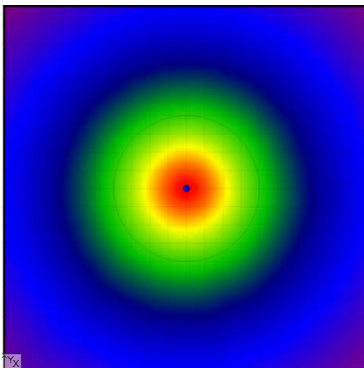
Un sistema de sonido distribuido con parlantes de techo basado en la configuración borde a borde es un ejemplo



50

50

Nivel 4. Clasificación a 12dB



En un sistema donde la cobertura es de 12dB, es la variación mas alta donde el oyente podrá percibir en promedio la fuente sonora con claridad, y percibirá tanto el sonido directo como el reflejado.

Un sistema de sonido distribuido con llamados y musuca ambiental en un parqueadero es un ejemplo de esta clasificación.



51

51

Nivel 5. Clasificación a >12dB

- En un sistema donde la cobertura es de >12dB, la variación es considerada excesiva.



52

52

Fichas Técnicas

Altavoz 4"

Effective frequency range ¹⁾	70 Hz - 16 kHz
Rated noise power / voltage ²⁾	16 watts / 11.3 volts (rms)
Broad-band sensitivity ³⁾	89 dB SPL
Coverage angle (-6 dB)	140° (500 Hz - 5 kHz)
Maximum continuous SPL ⁴⁾	101 dB
Maximum peak SPL ⁴⁾	107 dB
Rated impedance	8 ohms
Transformer taps	70 V: 16, 8, 4, 2, 1 watts and 8 ohm bypass 100V: 16, 8, 4, 2, watts and 8 ohm bypass
Transducer	4" Polypropylene cone with butyl rubber surround
Input connector type	Euroblock connector with parallel output terminals
Baffle material	Painted ABS polymer
Grille material	Powder coated steel
Back can material	Galvanized steel
Testing	Listed UL1480, UL2043 safe for use in air handling space
Net weight	4.9 lb / 2.22 kg
Product dimensions	Ø8.4" x 7.9" (Ø214 x 201 mm)
Cut-out Dimensions	Ø7.31" (Ø185.67 mm)
Ceiling Capture Thickness	0.25" - 1.5" (6.35 - 38.1 mm)

Altavoz 8"

Effective Frequency Range ¹⁾	52Hz - 20kHz
Rated Noise Power / Voltage ²⁾	80W / 25.3V (rms)
System Sensitivity ³⁾	96dB SPL
Coverage Angle (-6 dB)	100° (500 Hz - 5 kHz)
Maximum Continuous SPL ⁴⁾	109dB
Maximum Peak SPL ⁴⁾	114dB
Rated Bypass Impedance	8 ohms
Transformer Taps	70 V: 60, 30, 15, 7.5, 3.8 watts 100 V: 60, 30, 15, 7.5 watts 8 ohm bypass
HF Transducer	22 mm (.86 in) silk dome tweeter, coaxially mounted
LF Transducer	210 mm (8 in) Polypropylene cone with butyl rubber surround
Input Connector Type	Euroblock connector with parallel output terminals
Baffle Material	Painted ABS polymer
Grille Material	Painted steel
Back Can Material	Plated steel
Testing	Listed UL1480, UL2043 safe for use in air handling space
Net Weight	5.2 kg (11.5 lb)



53

53

Fichas Técnicas

Altavoz 4"

Effective frequency range ¹	70 Hz - 16 kHz
Rated noise power / voltage ²	16 watts / 11.3 volts (rms)
Broad-band sensitivity ³	89 dB SPL
Coverage angle (-6 dB)	140° (500 Hz - 5 kHz)
Maximum continuous SPL ⁴	101 dB
Maximum peak SPL ⁴	107 dB
Rated impedance	8 ohms
Transformer taps	70 V: 16, 8, 4, 2, 1 watts and 8 ohm bypass 100V: 16, 8, 4, 2, watts and 8 ohm bypass
Transducer	4" Bakelite cone with built-in baffle

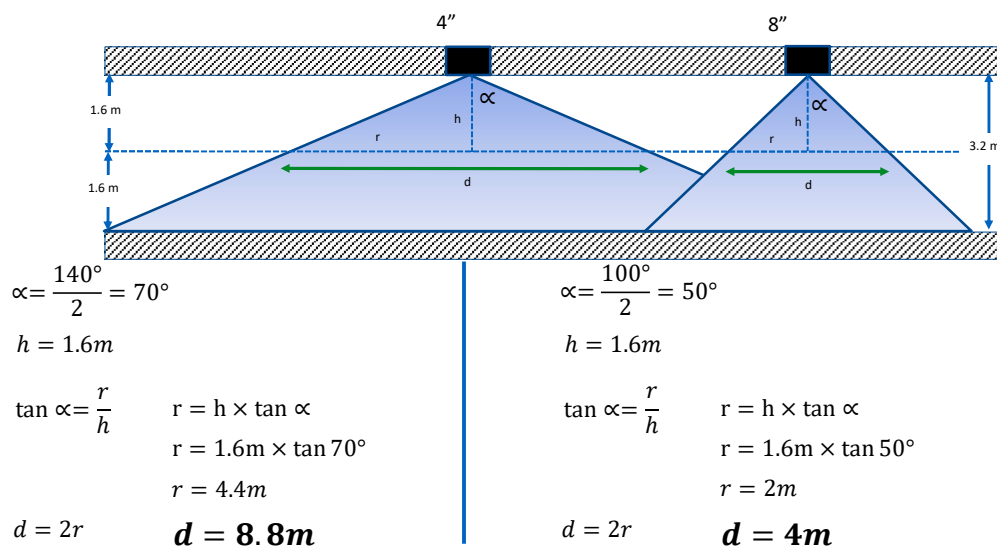
Altavoz 8"

Effective Frequency Range ¹⁾	52Hz - 20kHz
Rated Noise Power / Voltage ²⁾	80W / 25.3V (rms)
System Sensitivity ³⁾	89dB SPL
Coverage Angle (-6 dB)	100° (500 Hz - 5 kHz)
Maximum Continuous SPL ⁴⁾	108dB
Maximum Peak SPL ⁴⁾	114dB
Rated Bypass Impedance	8 ohms
Transformer Taps	70 V: 60, 30, 15, 7.5, 3.8 watts 100 V: 60, 30, 15, 7.5 watts 8 ohm bypass

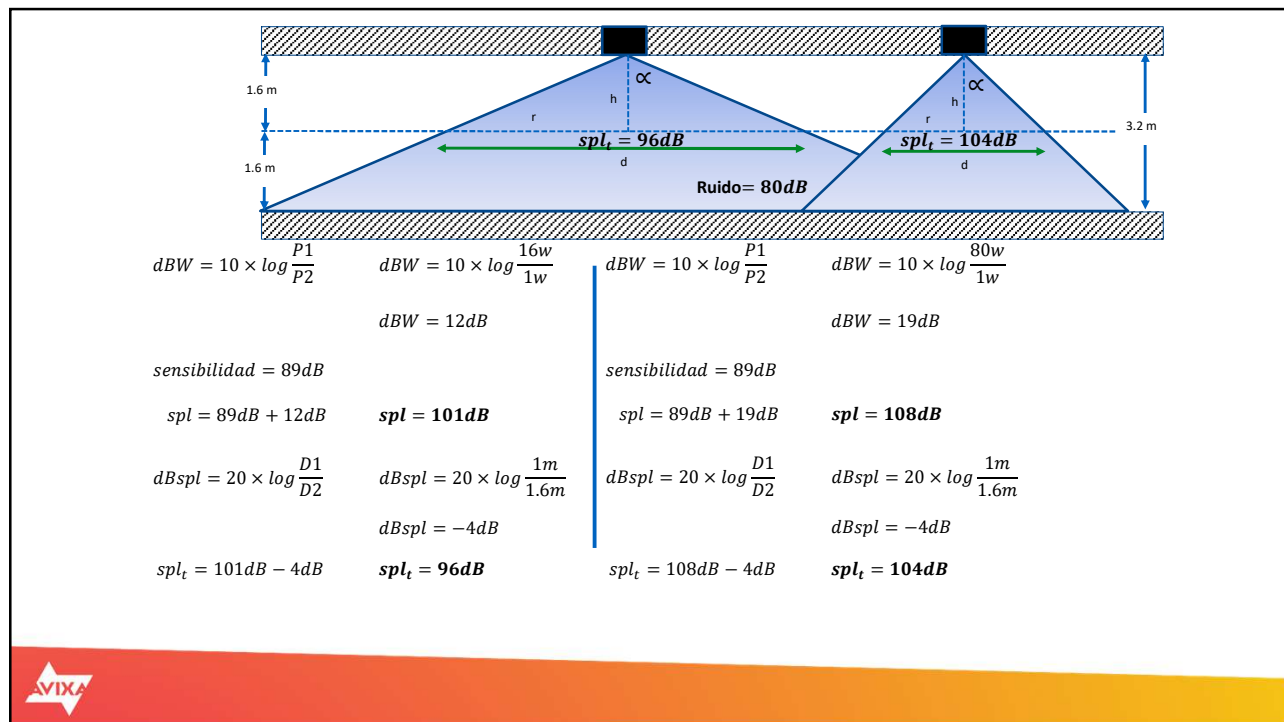


54

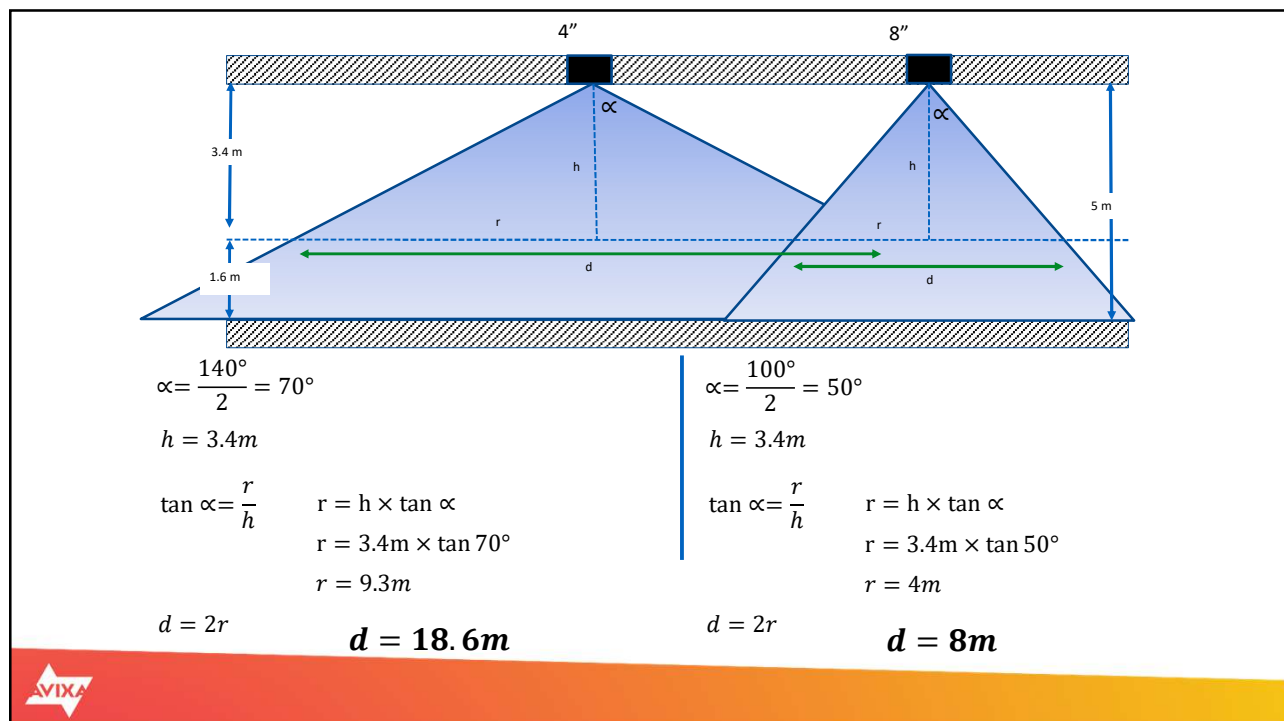
54



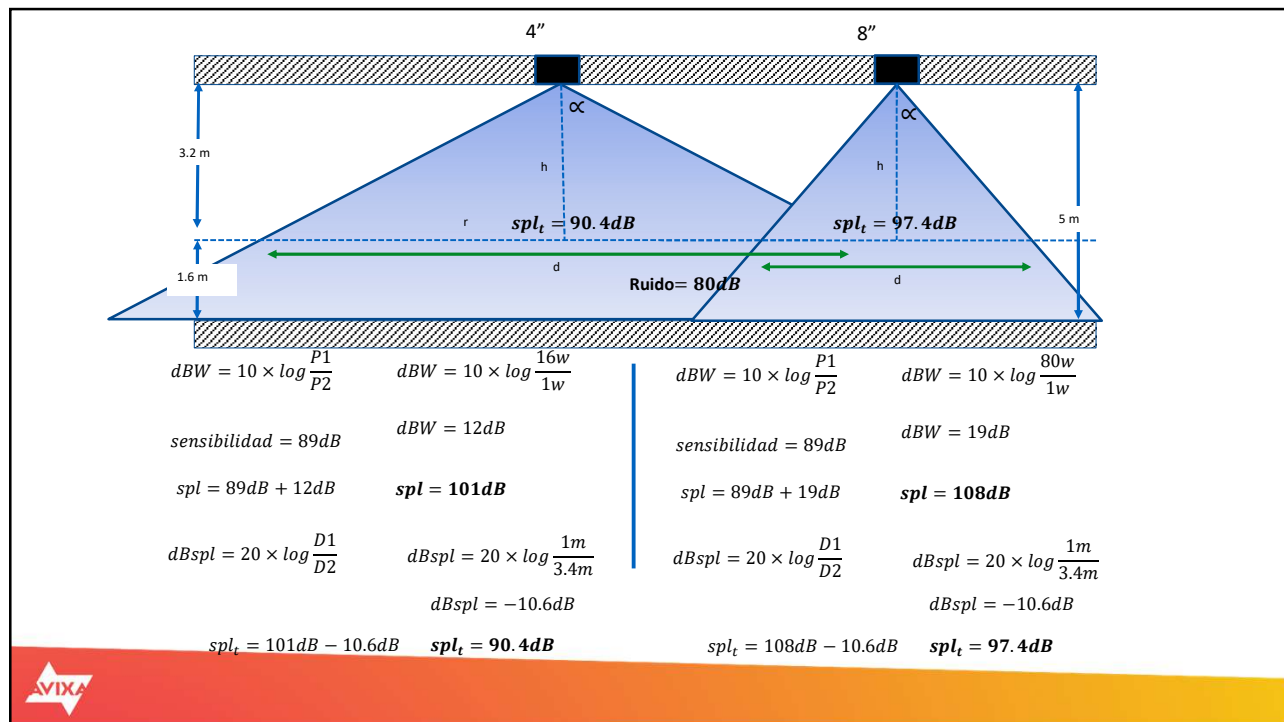
55



56



57



58

Predicción Acústica en Sonido Distribuido



59

59

Herramientas de diseño

Para optimizar el tiempo de diseño y evitar hacer varias formulas matemáticas, podemos utilizar herramientas de diseño por Software.

- DWG TrueView
- EASE ADDRESS
- EASE FOCUS



60

Cálculo de la potencia de audio necesaria para su altoparlante



61

61

Potencia Eléctrica Necesaria para el Altoparlante (P.E.N.)

- Para determinarla, vamos a necesitar esta información:
 - Nivel de Presión Sonora (SPL) deseado para el Oyente-objetivo
 - Headroom Necesario
 - Sensibilidad del Altoparlante
 - Distancia desde el Altoparlante hasta el Oyente



62

Cómo Encontrar el SPL deseado (Lp)

- Con un medidor de SPL, determine el SPL deseado para su sistema de audio
 - Mida el Ruido Ambiental del espacio
 - Medidor de SPL ajustado para curva "A", respuesta lenta
 - El SPL objetivo debe ser **25-30 dB superior al Ruido Ambiental**



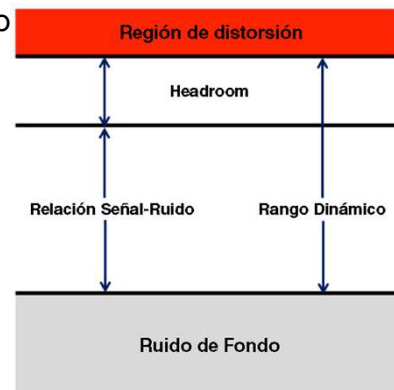
63

63

Definir el Headroom (H)

- **Headroom** se refiere a la cantidad por la cual los recursos de manejo de señales de un sistema de audio excede un nivel dado

- 10 dB_{SPL} para Habla
- 20 dB_{SPL} para Programa



64

64

Cómo Encontrar la Sensibilidad del Altoparlante (Ls)

- Sensibilidad del Altoparlante: medida del Nivel de Presión Sonora (SPL) generado por el altoparlante, a una distancia dada y para una señal de entrada dada.



65

Especificaciones del Altoparlante (ejemplos)

Respuesta de Frecuencia (-3 dB) (1)	79 Hz - 21 kHz
Intervalo de Frecuencia (-10 dB) (1)	60 Hz - 24 kHz
Sensibilidad del Sistema (1 W @ 1 m) (2)	91 dB (1 W = 2,45 volts para 6 Ohms)
Ángulo de Cobertura Nominal	90 grados cónicos
Ángulo de Cobertura (1 kHz a 6 kHz)	93 grados cónicos
Factor de Directividad (Q)	7,7 ponderado 1 kHz a 6 kHz
Índice de Directividad (ID)	8 ponderado 1 kHz a 6 kHz
SPL Máximo Nominal (2)	Promedio: 109 dB Pico: 115 dB
Manejo de la Potencia (3)	Promedio: 60 W Programa: 120 W Pico: 240 W
Potencia de Amplificador Recomendada	120 W @ 6 Ohms
Impedancia Nominal	6 Ohms
Derivaciones del Transformador (vía conmutador giratorio nominal)	70 V: 60 W / 30 W / 15 W / 7,5 W / DESCONECTADO y operaciones de baja impedancia 100 V: 60 W / 30 W / 15 W / DESCONECTADO y operaciones de baja impedancia
Crossover	2,5 kHz

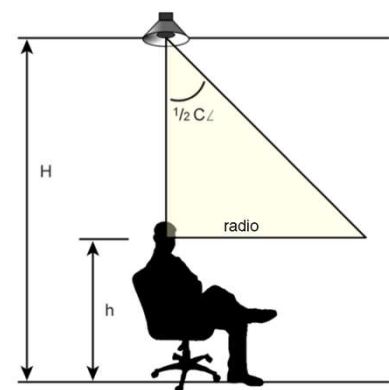


66

Calcular la Distancia hasta el Oyente

- $H - h$

- H = altura del techo
- h = altura de los oídos



67

Calcular la Potencia en el Altoparlante

$$PEN = 10^{\left(\frac{[L_p + H - L_s + 20 \log(D_2 / D_r)]}{10}\right)} \times W_{ref}$$

- **PEN**= Cantidad de Potencia Eléctrica Necesaria en el altoparlante
- **L_p** = Nivel de presión sonora necesaria a una distancia **D₂**
- **H** = Headroom definido
- **L_s** = Sensibilidad del altoparlante a 1 m
- **D₂** = Distancia del altoparlante hasta el oyente más distante
- **D_r** = Valor de la distancia de referencia
- **W_{ref}** = Valor de la potencia de referencia, asumir 1, salvo que se informe otro valor



68

Ejemplo de Cálculo de Potencia en el Altoparlante

- ¿Cuántos watts son necesarios para cumplir con un requisito de **presión sonora** de 72 dB_{SPL}, con un altoparlante que tiene una **sensibilidad** de 91 dB_{SPL}/1W /1m, **headroom** de 20 dB_{SPL} para música y un oyente ubicado a una **distancia** de 6m del altoparlante?



69

Calcular la Potencia en el Altoparlante

$$PEN = 10^{\left(\frac{[L_p + H - L_s + 20 \log(D_2 / D_r)]}{10}\right)} \times W_{ref}$$

- **PEN**= Cantidad de Potencia Eléctrica Necesaria en el altoparlante
- **L_p = 72 dB_{SPL}** (nivel de presión sonora necesaria a una distancia **D₂**)
- **H = 20 dB_{SPL}** (headroom definido)
- **L_s = 91 dB_{SPL}** (sensibilidad del altoparlante a 1 m)
- **D₂ = 6m** (distancia del altoparlante hasta el oyente más distante)
- **D_r = 1m** (distancia de referencia)
- **W_{ref} = 1W** (potencia de referencia)



70

Calcular la Potencia en el Altoparlante

$$PEN = 10^{\left(\frac{[L_p + H - L_s + 20 \log(D_2 / D_r)]}{10}\right)} \times W_{ref}$$

$$PEN = 10^{\left(\frac{[72 + 20 - 91 + 20 \log(6 / 1)]}{10}\right)} \times 1$$

- **PEN**= Cantidad de Potencia Eléctrica Necesaria en el altoparlante
- **L_p = 72 dB_{SPL}** (nivel de presión sonora necesaria a una distancia **D₂**)
- **H = 20 dB_{SPL}** (headroom definido)
- **L_s = 91 dB_{SPL}** (sensibilidad del altoparlante a 1 m)
- **D₂ = 6m** (distancia del altoparlante hasta el oyente más distante)
- **D_r = 1m** (distancia de referencia)

$$PEN = 10^{\left(\frac{[72 + 20 - 91 + 15,5]}{10}\right)} \times 1$$

$$PEN = 10^{\left(\frac{[1 + 15,5]}{10}\right)}$$



W_{ref} = 1W (potencia de referencia)

71

Calcular la Potencia en el Altoparlante

$$PEN = 10^{\left(\frac{[16,5]}{10}\right)} = 10^{(1,65)} = 44,7W$$



72



¡Muchas Gracias!

latinamerica@avixa.org

73

