

Apuntes sobre el sonido

Llamamos sonido al fenómeno de la naturaleza capaz de impresionar el sentido del oído. El sonido se produce por la vibración de los cuerpos materiales, que transmitido al medio que les rodea. El sonido se propaga en toda clase de cuerpos fluidos y sólidos, por lo que las ondas sonoras son de naturaleza longitudinal. Las propiedades que caracterizan un sonido son: Intensidad, Tono y Timbre.

Tono: Es la cualidad del sonido que depende de la frecuencia de vibración, es decir, del número de vibraciones por segundo, $f = \frac{v}{\lambda}$; se mide en Hz. en el sistema internacional. El oído humano es capaz de distinguir desde los 16 Hz hasta los 20.000Hz. Según como sea la frecuencia los sonidos los clasificaríamos en : agudos para fcias. > 1000 Hz. y, graves para fcias. < 1000 Hz.

Timbre: Cualidad del sonido que nos permite diferenciar sonidos del mismo tono e intensidad producidos por diferentes instrumentos.

Intensidad fisiológica: Es la sensación sonora de mayor o menor intensidad que percibe el oído humano.

Intensidad física: La intensidad de un sonido I , es la energía que atraviesa durante un segundo una superficie unidad perpendicular a la dirección de propagación. en el S.I. se mide en $\frac{W}{m^2}$. Es la cualidad que permite distinguir a los sonidos fuertes de los débiles.

$$E = E_c + E_p = E_{c_{\max}} \Rightarrow E_{c_{\max}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\max}^2 ; \text{ como } v_{\max} = w \cdot A \text{ y } w = 2\pi f \Rightarrow$$

$$E = \frac{1}{2} m (2\pi f A)^2 \Rightarrow E = 2\pi^2 m f^2 A^2 . \text{ Si tenemos } n \text{ partículas } n \text{ un volumen determinado} \\ \Rightarrow E_{\text{volumen}} = n \cdot E \Rightarrow E = 2\pi^2 m n f^2 A^2 = 2\pi^2 \rho f^2 A^2 \text{ siendo } \rho = \text{masa de partículas por unidad de volumen, es decir, la densidad del medio.}$$

$$I = \frac{P}{A} \text{ en } \left(\frac{W}{m^2} \right) \Rightarrow I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow \text{o también } P = I \cdot 4\pi R^2$$

$$\text{En un medio elástico la energía entre dos puntos } P_1 = P_2 \Rightarrow I_1 \cdot 4\pi R_1^2 = I_2 \cdot 4\pi R_2^2 \\ \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

El oído humano tiene la capacidad de escuchar sonidos a partir de una intensidad de $10^{-12} \frac{W}{m^2}$ Esta intensidad se conoce como umbral de audición; empezando el dolor cuando $I > 1 \frac{W}{m^2}$. La escala utilizada para relacionar la intensidad física con la fisiológica es la logarítmica.

La sensación recibida : $L = 10 \cdot \log \frac{W_1}{W_0}$ siendo W_1 la potencia a medir en watts. y el

valor de referencia $W_0 = 1 \cdot 10^{-12}$ watts. La unidad es el dB -decibelio-

El nivel de presión sonora $L_p = 10 \cdot \log \frac{P_1^2}{P_0^2} \Rightarrow L_p = 20 \cdot \log \frac{P_1}{P_0}$ en dB siendo P_1 la

presión a estudiar y P_0 la presión de referencia al umbral de audición en el aire que se toma como valor $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

La expresión de la I en función de la distancia al foco sería: $L = 10 \cdot \log \frac{I_1}{I_0}$ tomando

como $I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \frac{W}{m^2}$ Substituyendo $I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow L_{dB} = 10 \cdot \log \frac{\frac{P}{4\pi R^2}}{10^{-12}} \Rightarrow$

$$L_{dB} = 10 \cdot \log \frac{P}{4\pi R^2 \cdot 10^{-12}} \Rightarrow L_{dB} = 10 \cdot \log \frac{P \cdot 10^{12}}{4\pi R^2}$$

Otras unidades derivadas del dB son:

dBw - Cuando se toma como potencia de referencia $W_0 = 1$ Vatio

dBm - Idem $W_0 = mW$

dBu - Idem V_0 referida a 0,775 volts

Suma y resta de ruidos:

$$L_1 = 10 \cdot \log \frac{I_1}{I_0}; L_2 = 10 \cdot \log \frac{I_2}{I_0}; \frac{L}{10} = \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow 10^{0,1 \cdot L_1} \cdot I_0 = I_1, \text{ y } 10^{0,1 \cdot L_2} \cdot I_0 = I_2$$

$$\text{La } I_{\text{Total}} = I_1 + I_2 \Rightarrow I_T = 10^{0,1 \cdot L_1} \cdot I_0 + 10^{0,1 \cdot L_2} \cdot I_0 \Rightarrow I_T = \{ 10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2} \} I_0$$

$$\Rightarrow \text{La suma de los ruidos en dB será: } L_T = 10 \log \frac{(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2}) \cdot I_0}{I_0} \Rightarrow$$

$$L_T = 10 \log (10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2})$$

Ejemplos:

1.- Calcular el nivel de potencia en dB que emite un altavoz de $12 \cdot 10^{-8}$ W y con una superficie de 10 cm^2 .

$$I = \frac{P}{A}; A = 10 \text{ cm}^2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow I = \frac{12 \cdot 10^{-8} \text{ W}}{10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$L = 10 \log \frac{1,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{1 \cdot 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = 10 \log 1,2 \cdot 10^8 = 10 \cdot 8,0792 = 80,79 \text{ dB}$$

2.- Una persona a 10m de un foco recibe una intensidad sonora de $7 \cdot 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ ¿Que intensidad recibiría a una distancia de 5 m del foco?

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \Rightarrow I_2 = \frac{I_1 R_1^2}{R_2^2} \Rightarrow I_2 = \frac{(7 \cdot 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m}^2})(10\text{m})^2}{(5\text{m})^2} = 3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

3.- Calcular la intensidad de un sonido de 80 W de potencia a una distancia de 5 del foco.

$$I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow I = \frac{80W}{4\pi \cdot (5)^2} = 0,2546 \frac{W}{m^2}$$

$$\Rightarrow L = 10 \log \frac{0,2546 \frac{W}{m^2}}{1 \cdot 10^{-12} \frac{W}{m^2}} = 10 \log 2,546 \cdot 10^{11} = 10 \cdot 11,4059 = 114 \text{ dB}$$

4.- Calcular el nivel en dB correspondiente a una intensidad de sonido de $15 \cdot 10^{-9} \frac{W}{m^2}$

$$L = 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \log \frac{15 \cdot 10^{-9} \frac{W}{m^2}}{1 \cdot 10^{-12} \frac{W}{m^2}} = 10 \log 15.000 = 41,76 \text{ dB}$$

5.- Calcular la intensidad de un sonido en $\frac{W}{m^2}$ correspondiente a un nivel de potencia de 80 dB.

$$80 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow 8 = \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow 10^8 = \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow I_1 = 10^8 \cdot 10^{-12} = 10^4 \frac{W}{m^2}$$

6.- Dos ventiladores, uno con una $L_1 = 80 \text{ dB}$ y el otro con $L_2 = 75 \text{ dB}$ ¿Cual será el nivel de ruido?

$$L = 10 \log (10^8 + 10^{7,5}) = 10 \log 1,3162278 \cdot 10^8 = 81,19 \text{ dB}$$

Ejemplo2: $L_1 = 50 \text{ dB}$ y $L_2 = 60 \text{ dB}$ ¿Cual es el ruido total?

$$50 = 10 \log \frac{I_1}{10^{-12}} \Rightarrow 5 = \log \frac{I_1}{10^{-12}} \Rightarrow 10^5 = \frac{I_1}{10^{-12}} \Rightarrow I_1 = 10^{-7} \frac{W}{m^2}$$

$$60 = 10 \log \frac{I_2}{10^{-12}} \Rightarrow 6 = \log \frac{I_2}{10^{-12}} \Rightarrow 10^6 = \frac{I_2}{10^{-12}} \Rightarrow I_2 = 10^{-6} \frac{W}{m^2}$$

$$L_T = I_1 + I_2 \Rightarrow L_T = 10^{-7} + 10^{-6} = 1,1 \cdot 10^{-6} \frac{W}{m^2} \Rightarrow L_T = 10 \log \frac{1,1 \cdot 10^{-6}}{10^{-12}} \Rightarrow$$

$$L_T = 10 \log 1,1 \cdot 10^6 = 60,4 \text{ dB}$$

7.- El conjunto de dos ventiladores tiene un nivel de ruido de $L = 90 \text{ dB}$; en uno de ellos el nivel es $L_1 = 80 \text{ dB}$ ¿Cual es el nivel de ruido del otro ventilador?

$$L_2 = L - L_1 ;$$

$$90 = 10 \log \frac{I_T}{10^{-12}} \Rightarrow 9 = \log \frac{I_T}{10^{-12}} \Rightarrow 10^9 \cdot 10^{-12} = I_T$$

$$80 = 10 \log \frac{I_1}{10^{-12}} \Rightarrow 8 = \log \frac{I_1}{10^{-12}} \Rightarrow 10^8 \cdot 10^{-12} = I_1$$

$$L_2 = 10 \log (10^9 - 10^8) = 10 \log 9 \cdot 10^8 = 10 \cdot 8,95 = 98,5 \text{ dB}$$