

# Modelos para la Pérdida de Transmisión Sonora - Panel Simple

Prof. Ing. Andrés Barrera A.

# 1.- Panel Infinito

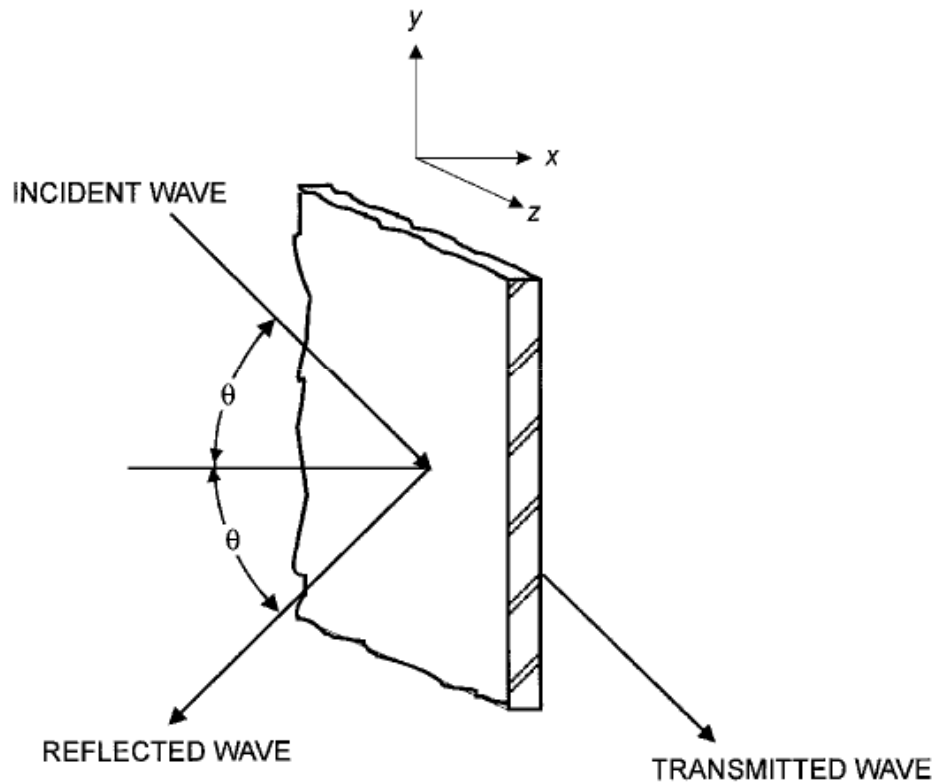


FIGURE 12.1. Transmission loss through a panel in the y-z plane.

## 1.2.- Ondas de Flexión.

- Onda de Flexión = Onda Transversal.
- Velocidad de la onda de flexión.

$$c_b = \sqrt[4]{\frac{\omega^2 B}{\rho_S}}$$

$$B = \frac{Eh^2}{12} [N \cdot m]$$

$$\rho_S = \rho_V \cdot h [kg / m^2]$$

Fuente: RAICHEL (2006), “The Science and Applications of Acoustics”

**Table B.1** Properties of materials<sup>a</sup>

Material	Young's modulus, $E(10^9 \text{ N/m}^2)$	Density, $\rho(\text{kg/m}^3)$	$\sqrt{E/\rho}$ (m/s)	Loss factor, $\eta$	Poisson's ratio, $\nu$
Air (20°C)		1.21	344		
Fresh water (20°C)		988	1,481		
Sea water (13°C)		1,026	1,500		
Aluminum	71.6	2,700	5,150	0.0001– 0.01	0.34
Brass	95	8,500	3,340	0.001	0.33
Copper	125	8,900	3,750	0.002	0.35
Iron		200	7,800	5,060	0.0001031
Lead	16.5	11,300	1,210	0015	0.43
Magnesium	43	1,740	4,970	0.0001	0.29
Nickel	205	8,900	4,800	0.001	0.30
Steel	207.0	7,800	5,150	0.0001– 0.01	0.29
Zinc	13.1	7,130	1,350	0.0003	0.33
Concrete	19.6	1,700	3,400	0.005–002	0.1–0.15
Masonry block	4.8	900	2,300	0.005– 0.02	
Brick	16.2	1,800	3,000	0.01	
Glass	67.6	2,500	5,200	0.0006– 0.02	
Glass (Pyrex)	62.0	2,300	5,200	0.0006– 0.02	0.24
Plexiglass	3.7	1,150	1,800	0.002– 0.004	
Lucite	4.0	1,200	1,800	0.002– 0.004	
Gypsum board	2.0	760	1,600	0.006–	

Material	Young's modulus, $E(10^9 \text{ N/m}^2)$	Density, $\rho(\text{kg/m}^3)$	$\sqrt{E/\rho}$ (m/s)	Loss factor, $\eta$	Poisson's ratio, $\nu$
				0.03	
Plywood (fir)	8.7	600	3,800	0.01–0.02	
Wood particle board (Chipboard)	4.5	690	2,500	0.005– 0.01	
Compressed hardboard composite	4.0	1,000	2,000	0.005– 0.01	
Teak wood	170	900	4,350	0.02	
Poplar wood	10.0	500	4,470	0.04	
Fir wood	80	550	3,800	0.04	
Balsa wood (range)	2.1–5.2	96–176	4,700– 5,400		
PVC	2.4	1,400	1,310		
Polyurethane	1.6	900	1,330		
Polystyrene	0.0012–0.0035	16–32	270–330		
Polyethylene	0.2	930	460		
Nylon	6.6	2.0	1,140	1,320	

## 2.- Efecto de Coincidencia

$$\lambda = \lambda_b \cdot \sin(\theta)$$

- Evaluando el peor caso (90°):

$$\lambda = \lambda_b \Leftrightarrow c = c_b = 4 \sqrt{\frac{\omega_c^2 B}{\rho_s}}$$

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho_s}{B}}$$

Frecuencia Crítica del panel

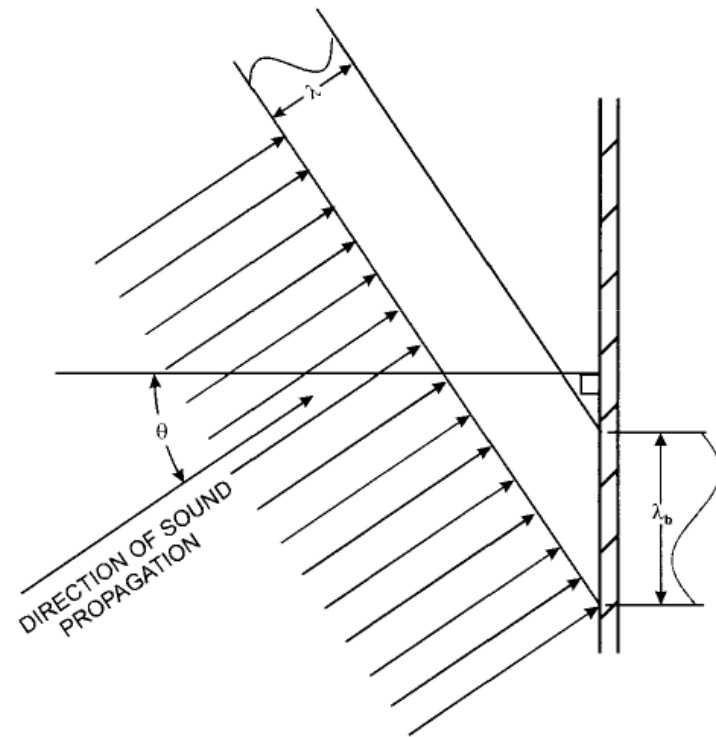


FIGURE 12.3. The coincidence effect affected by bending waves.

Fuente: RAICHEL (2006), “The Science and Applications of Acoustics”

### 3.- Ejemplo

- Estimar la frecuencia crítica de una placa de acero de 5 [mm] de espesor. Repetir para un cristal de vidrio de igual masa superficial.

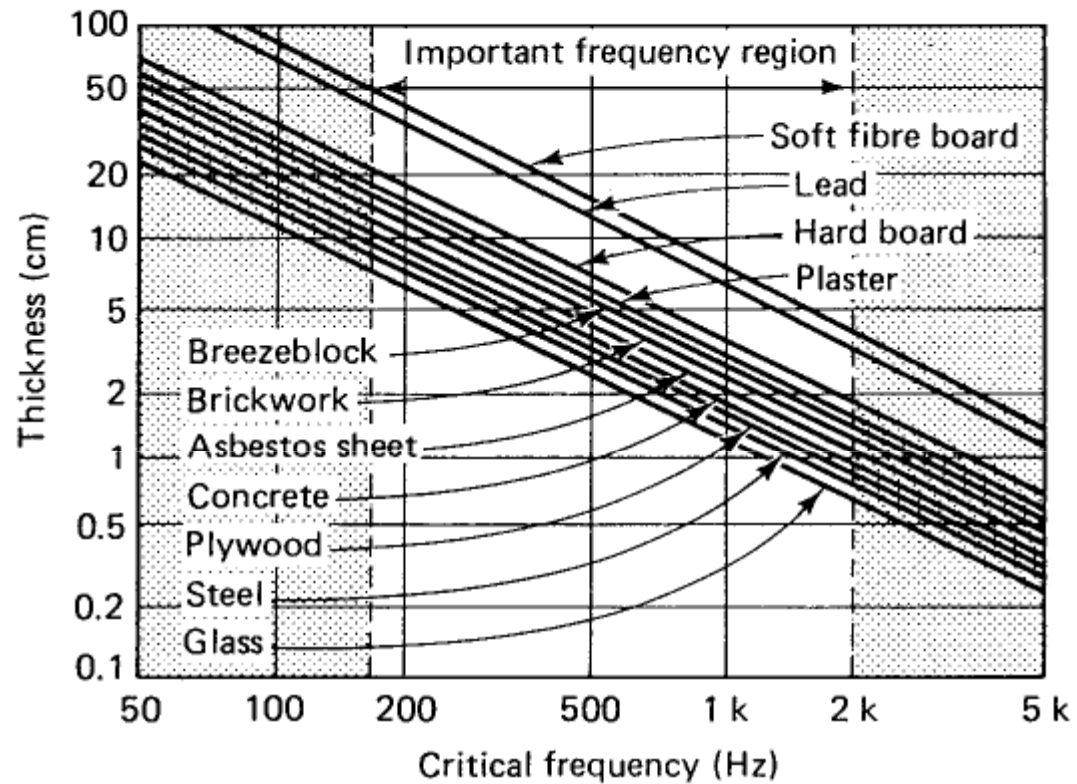


FIGURE 12.5. Thickness versus critical frequency for a number of construction materials.  
(Source: Brüel and Kjær, 1980)

Fuente: RAICHEL (2006), “The Science and Applications of Acoustics”

## 4.- Coeficiente de Transmisión Sonora de un Panel Simple Infinito

- Ver y Holmer en 1971 (RAICHEL, 2006) desarrollaron un modelo para el coeficiente de transmisión sonora de un panel simple infinito:

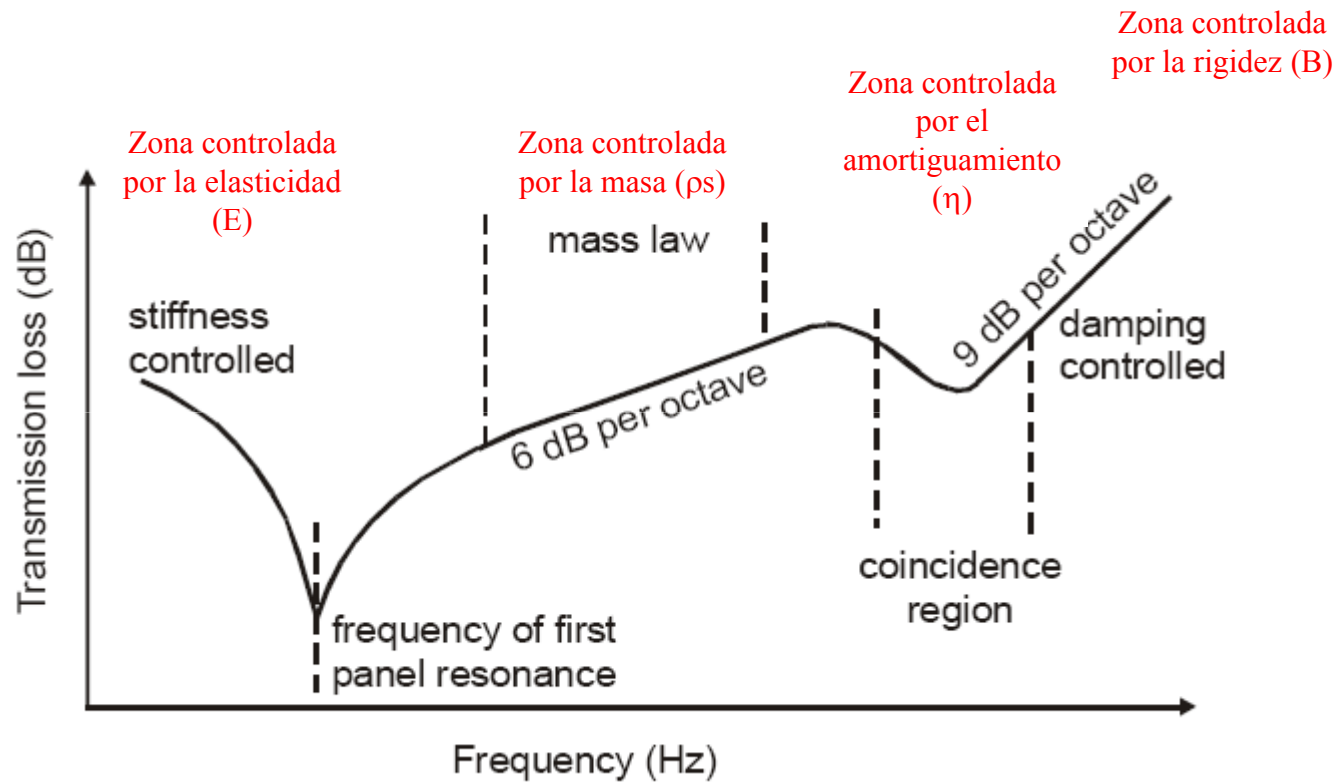
$$\tau(\theta) = \frac{1}{\left[1 + \eta \left( \frac{\rho_s \omega \cos \theta}{2\rho_0 c} \right) \left( \frac{B \omega^2 \sin^4 \theta}{\rho_s c^4} \right) \right]^2 + \left[ \left( \frac{\rho_s \omega \cos \theta}{2\rho_0 c} \right) \left( 1 - \frac{B \omega^2 \sin^4 \theta}{\rho_s c^4} \right) \right]^2}$$

$\eta$  : Factor de amortiguamiento mecánico (factor de pérdida) del material.

$\rho_0, c$  : Valores para el aire.

Fuente: RAICHEL (2006), “The Science and Applications of Acoustics”





Fuente: BIES (2003), "Engineering Noise Control"

## 5.- Aproximación en Baja Frecuencia

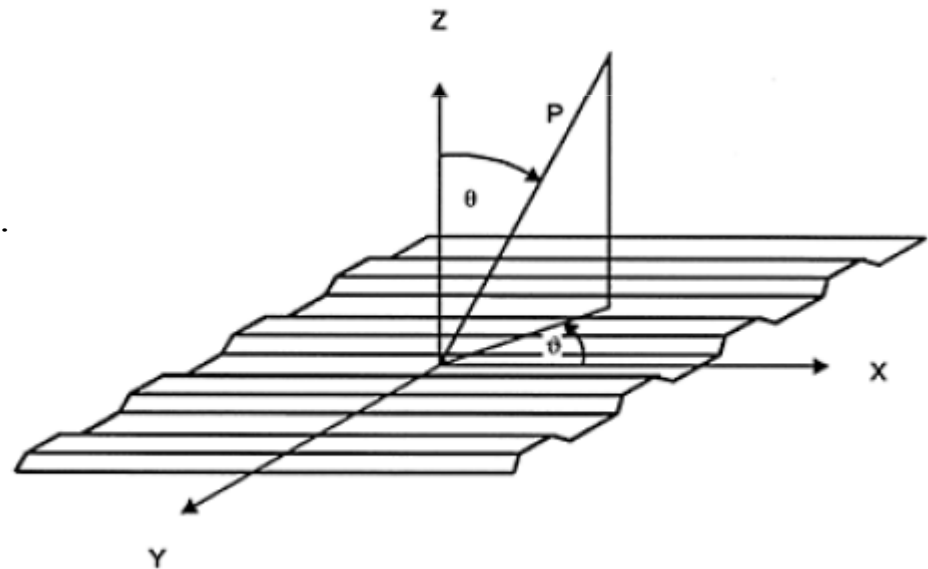
- Para baja frecuencia ( $f \ll f_c$ ):  $\tau(\theta) \approx \frac{1}{1 + \left( \frac{\rho_s \omega \cos \theta}{2\rho_0 c} \right)^2}$
- Definiéndose la Pérdida por Transmisión Sonora a Incidencia Oblicua (**LEY DE MASAA INCIDENCIA OBLICUA**).

$$TL(\theta) = -10 \log \tau(\theta) = 10 \log \left[ 1 + \left( \frac{\rho_s \omega \cos \theta}{2\rho_0 c} \right)^2 \right]$$

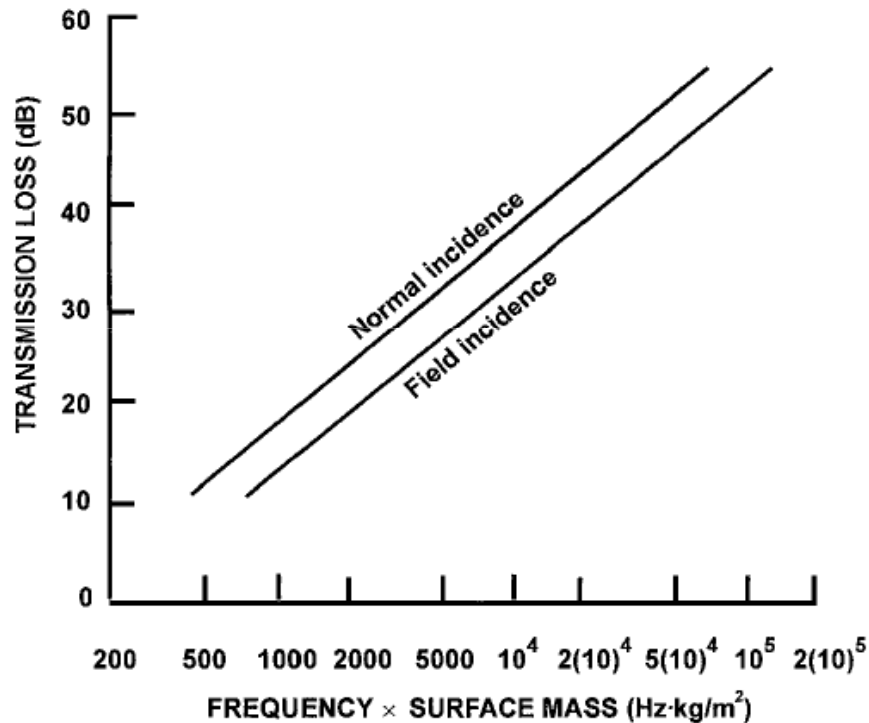
## 6.- TL a incidencia difusa

$$\tau = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} d\vartheta \int_0^{\theta_{LIMITE}} \tau(\theta, \vartheta) \cos(\theta) \sin(\theta) d\theta$$

- Casos para el ángulo límite
- 90°: Incidencia Aleatoria (RANDOM).
- 72°: Incidencia de Campo (FIELD)



## 6.- TL a incidencia difusa



### LEY DE MASA A INCIDENCIA NORMAL

$$TL_0 = 10 \log \left[ 1 + \left( \frac{\rho_s \omega}{2 \rho_0 c} \right)^2 \right]$$

### LEY DE MASA A INCIDENCIA ALEATORIA

$$TL_{RANDOM} = TL_0 - 10 \log [0.23 TL_0]$$

### LEY DE MASA A INCIDENCIA DE CAMPO

$$TL_{FIELD} = TL_0 - 5$$

## 7.- Ejemplo

- Calcular la pérdida por transmisión sonora de una placa de acero de 5 [mm] de espesor. Repetir para un cristal de vidrio de igual masa superficial. Las frecuencias de cálculo: 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz y 4kHz.

## 8.- Modelo de Sharp (1973) para un Panel Simple (BIES, 2008)

### Método Analítico

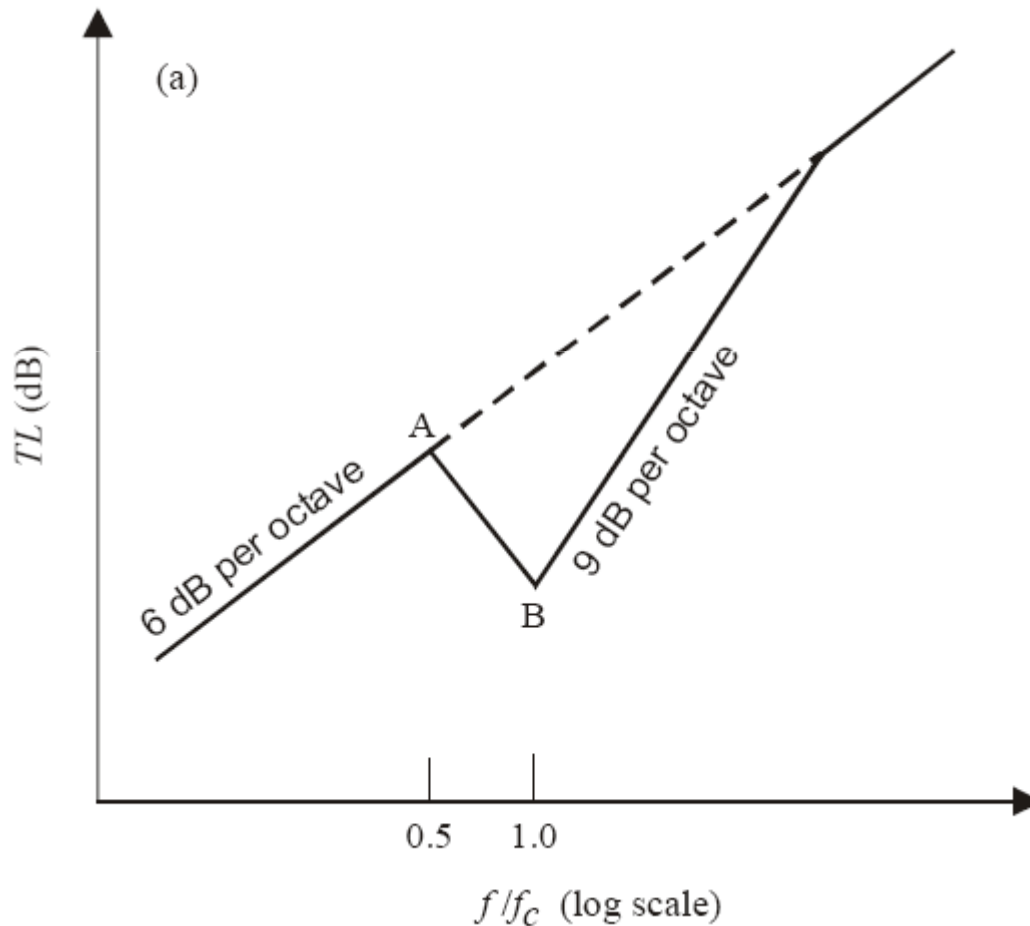
Para  $f \leq 0.5f_c$

$$TL_{FIELD} = 20 \log \left[ \frac{\pi f \rho_s}{\rho_0 c} \right] - 5.5$$

Para  $f \geq f_c$

$$TL_{FIELD} = 20 \log \left[ \frac{\pi f \rho_s}{\rho_0 c} \right] + 10 \log \left[ \frac{2 \eta f}{\pi f_c} \right]$$

## 8.- Modelo de Sharp (1973) para un Panel Simple (BIES, 2008)



### Método Gráfico

Para  $f_A = 0.5f_c$

$$TL_A = 20\log[f_c \rho_S] - 54$$

Para  $f_B = f_c$

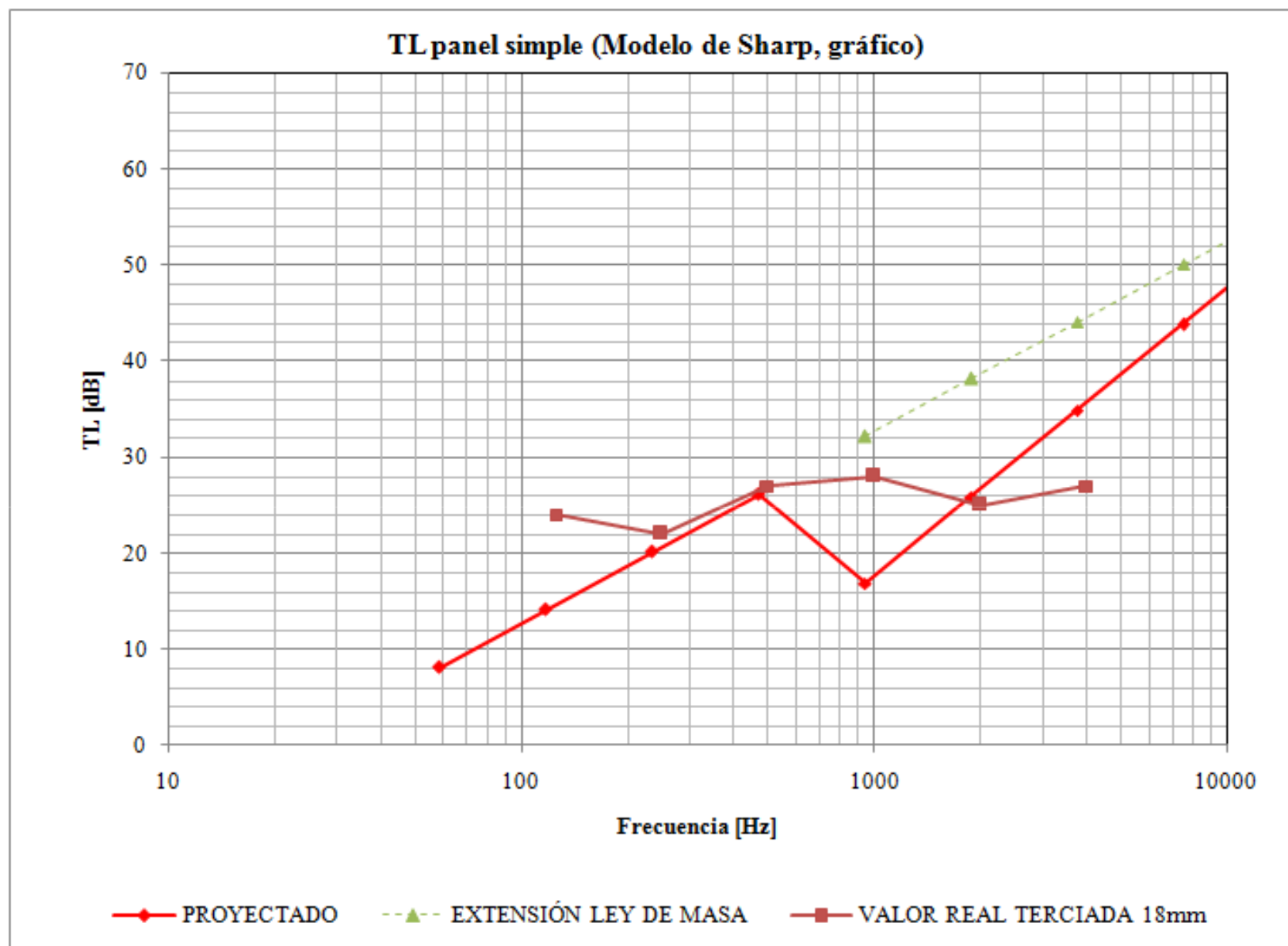
$$TL_B = 20\log[f_c \rho_S] + 10\log \eta - 45$$

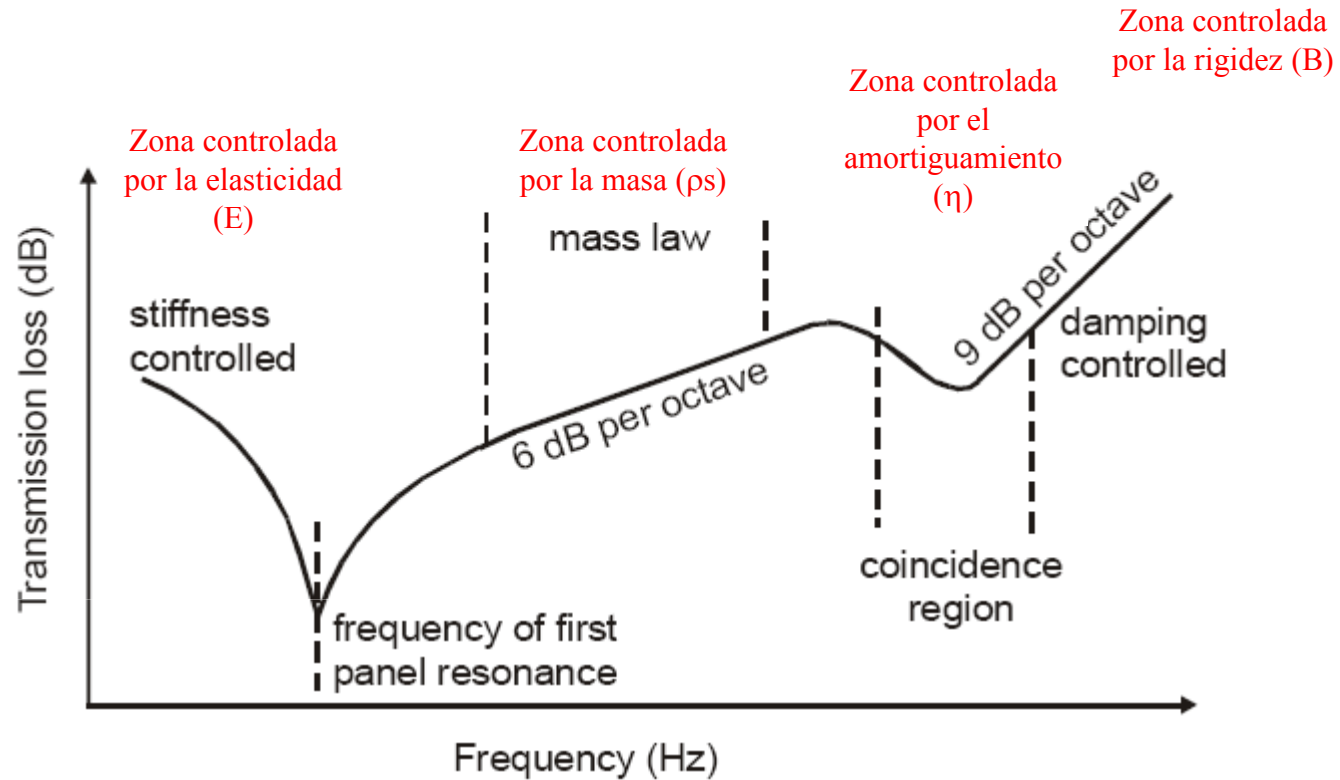
Fuente: BIES (2003), "Engineering Noise Control"

## 9.- Ejemplo

- Calcular la pérdida por transmisión sonora de una placa de madera terciada de 18 [mm] de espesor, para las frecuencias de 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz y 4kHz. (Utilice el Modelo de Sharp para panel simple)







Frecuencias de Resonancia Mecánica de una placa de ancho  $a$  y largo  $b$

$$f_{i,n} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{B}{\rho_s}} \cdot \left[ \frac{i^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right]$$

Fuente: BIES (2003), “Engineering Noise Control”