



# 5.1.

## Teoría de vibraciones V

Rafael Torres

Responsable del Dpto. de Ingeniería en Vibroacústica de VIBCON  
Gerente de AV ENGINYERS

[rafa@vibcon.es](mailto:rafa@vibcon.es)



## Libres

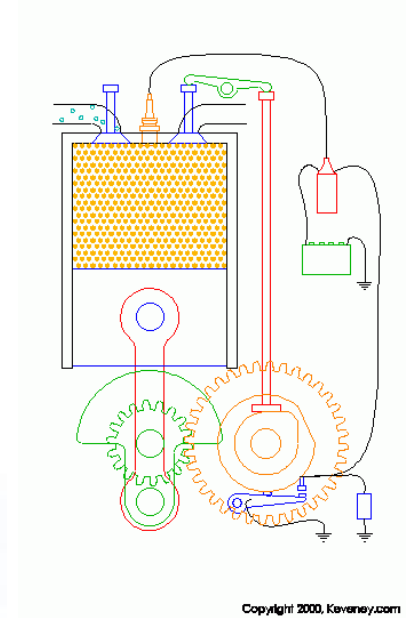
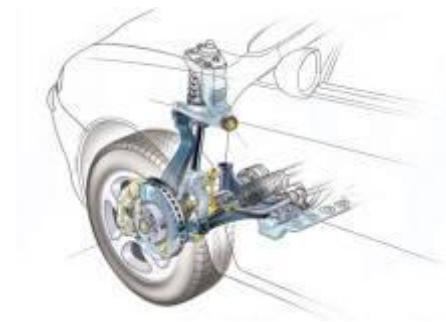


Cris con 6 años

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = 0$$



## Forzadas



Copyright 2000, Kaveney.com

Ed:11- 2/2012

Rafael Torres del Castillo  
Profesor externo Vibraciones Mecánicas La Salle URL

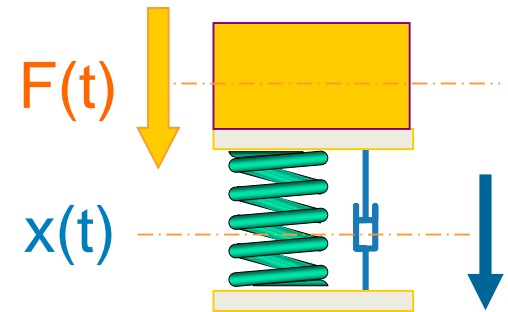


$$H(\rho) = \frac{x_0}{F} = \frac{1/K}{\sqrt{(1-\rho^2)^2 + (2\zeta\rho)^2}}$$

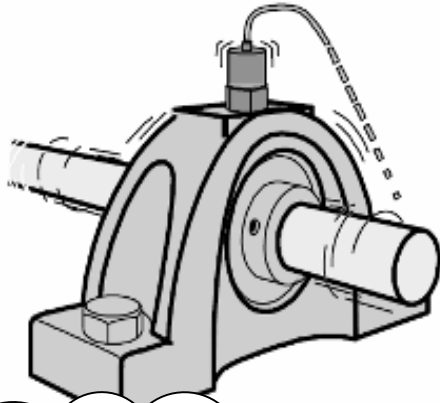
Ref: Centre Comercial  
Espais(Girona)2006

$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + k \cdot x + c \cdot \frac{dx}{dt} = F(t)$$

$$F(t) = F_0 \cdot \text{sen}(\varpi \cdot t + \varphi)$$



# Fuerza y vibración



Fuerzas de entrada

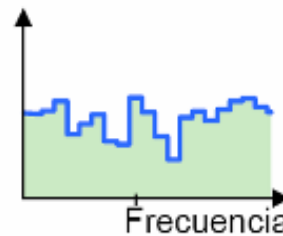
X

**Inercia + elasticidad**

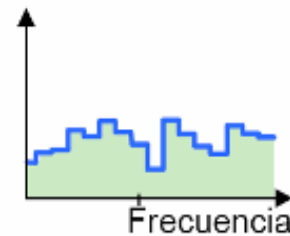
Respuesta del sistema (Movilidad)

=

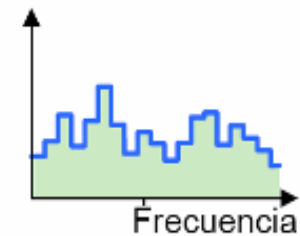
Vibración



+



=



Recordando la sesión anterior...grrrrrr ¿!?



**Fuerzas causadas por**

- Desequilibrios
- Choques
- Fricción
- Ruido

**Parámetros estructurales:**

- Masa
- Rigidez
- Amortiguamiento

**Parámetros de vibración:**

- Aceleración
- Velocidad
- Desplacamiento

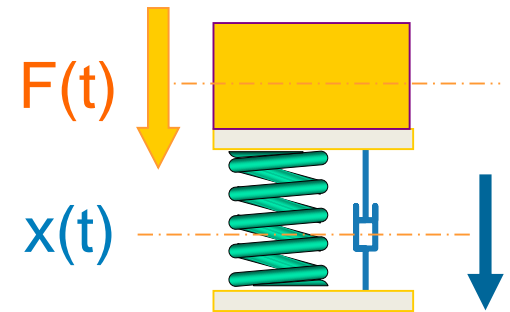


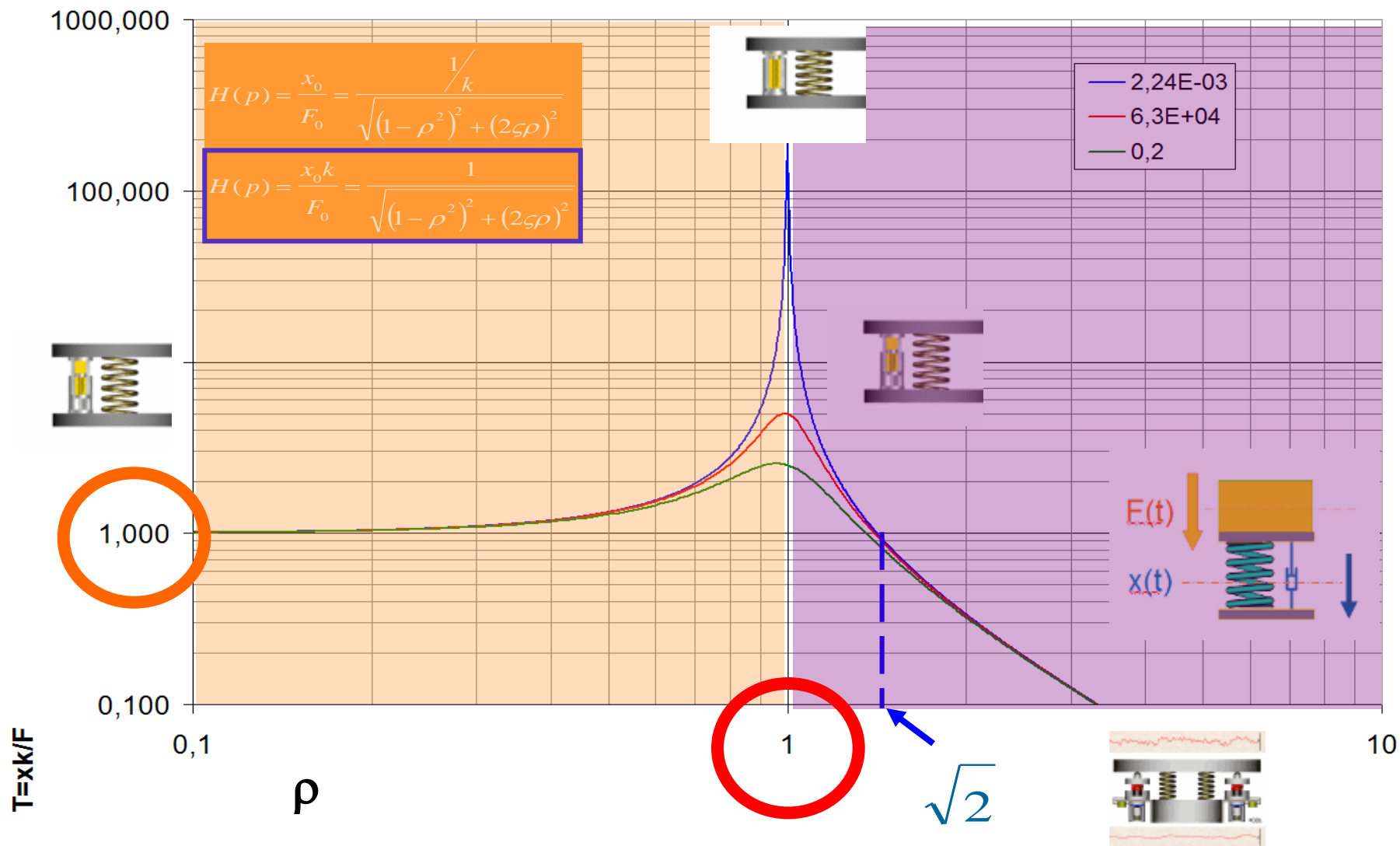
$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + k \cdot x + c \cdot \frac{dx}{dt} = F(t)$$

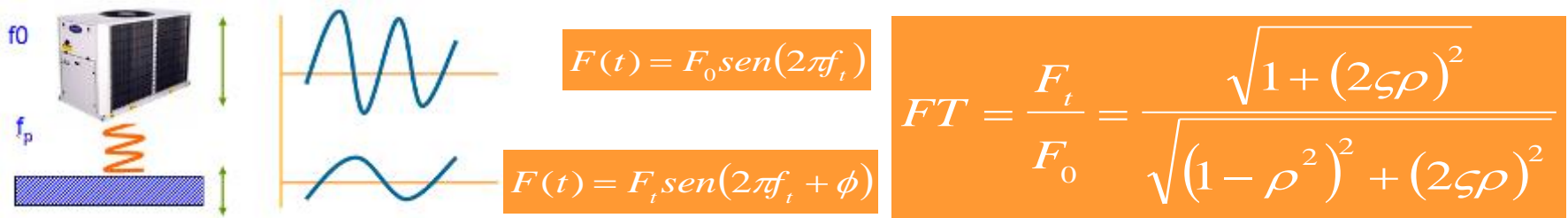
$$F(t) = F_0 \cdot \text{sen}(\varpi \cdot t + \varphi)$$

$$H(\rho) = \frac{x_0}{F} = \frac{1/K}{\sqrt{(1 - \rho^2)^2 + (2\zeta\rho)^2}}$$

Ref: Centre Comercial  
Espais(Girona)2006







$$FT = \frac{F_t}{F_0} \left( \frac{\text{salida}}{\text{entrada}} \right)$$

- $FT > 1 \Rightarrow$  Amplificación (**ko**)
- $FT = 1 \Rightarrow$  Transmisibilidad (**ko**)
- $FT < 1 \Rightarrow$  Transmisibilidad baja (**ok**)
- $FT = 0 \Rightarrow$  Transmisibilidad nula (ideal)

$F_0$ : Fuerza dinámica perturbadora (excitatriz)

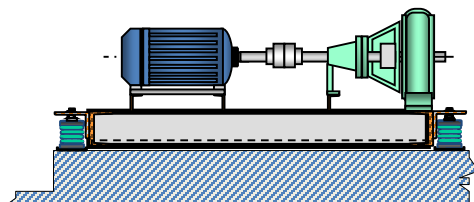
$FT$ : Fuerza transmitida al suelo

$T$ : Transmisibilidad de la fuerza.





$$20\log \frac{a_s}{a_E}$$



$20\log a_s - 20\log a_E < 0$  Atenuación (Negativo)

$20\log a_s - 20\log a_E > 0$  Amplificación (Positivo)



$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{\sqrt{1 + (2\zeta\rho)^2}}{\sqrt{(1 - \rho^2)^2 + (2\zeta\rho)^2}}$$

$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \sqrt{\frac{1 + \left(2\zeta \frac{f}{f_0}\right)^2}{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \left(2\zeta \frac{f}{f_0}\right)^2}}$$

$$\rho = \frac{\varpi}{\varpi_0} = \frac{2\pi f}{2\pi f_0} = \frac{f}{f_0} \Rightarrow$$

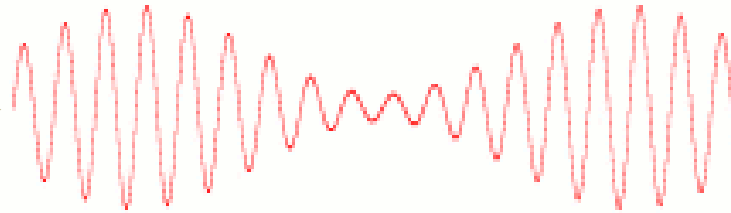
$$M = \frac{f}{f_0}$$

Modulación

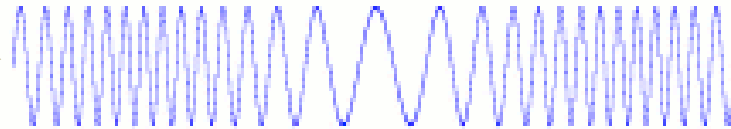
Señal portadora/Fn aislador.



Modulación en amplitud



Modulación en frecuencia

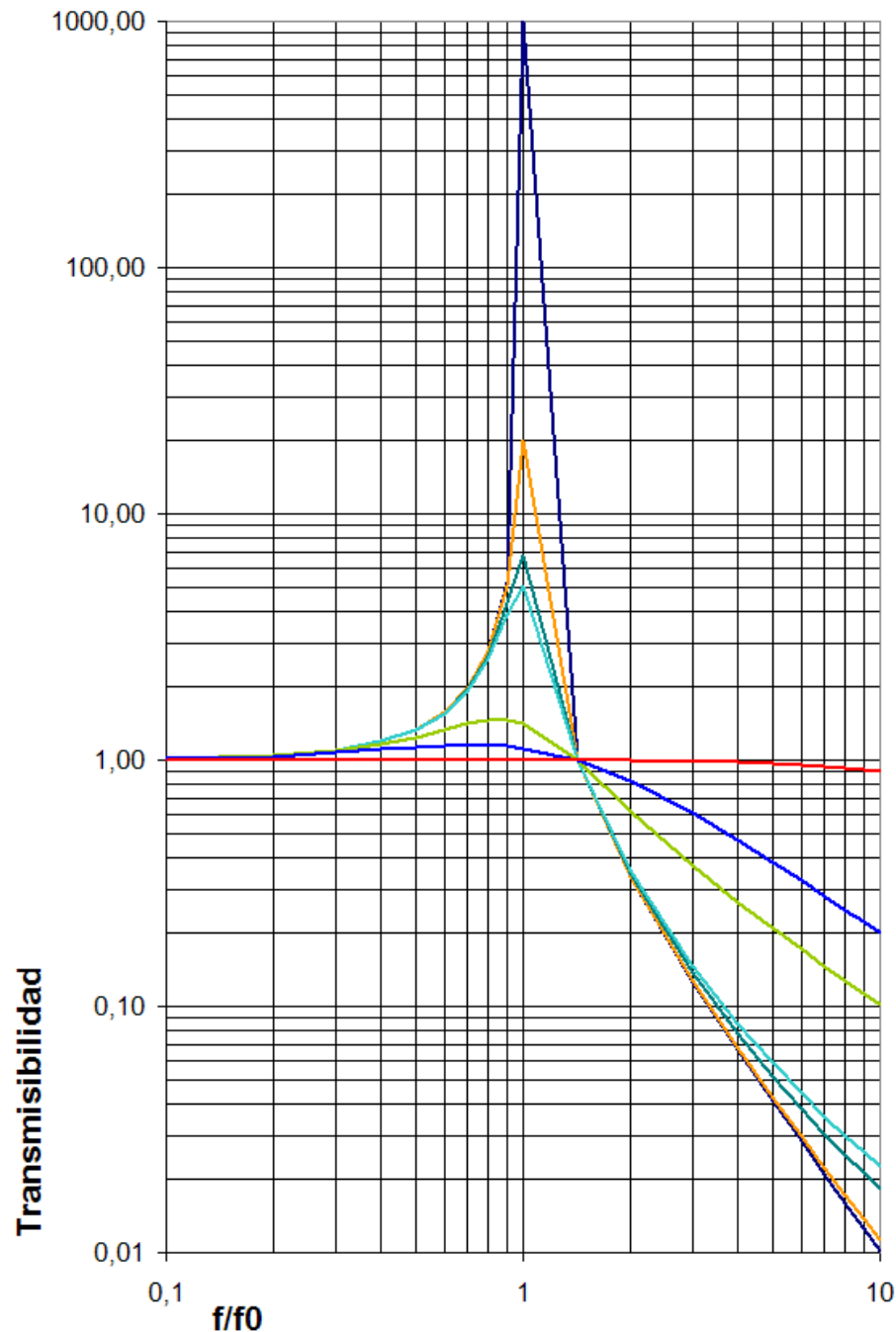


$$\rho = \frac{\varpi}{\varpi_0} = \frac{2\pi f}{2\pi f_0} = \frac{f}{f_0} \Rightarrow$$

$$M = \frac{f}{f_0}$$

Modulación

# Transmisibilidad en f(η)



$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{\sqrt{1 + (2\zeta\rho)^2}}{\sqrt{(1 - \rho^2)^2 + (2\zeta\rho)^2}}$$

zado — SIN AMORTIGUACION 5,E-04

— 0,025

— 0,075

— 0,1

— 0,5

— CRITICO 1

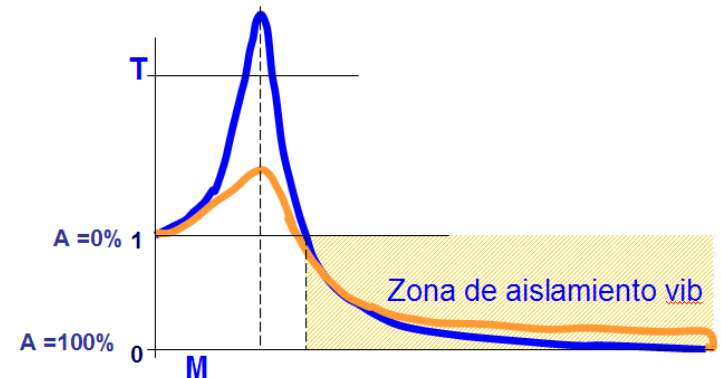
— SUPRACRITICO 10

$$FT = \frac{F_t}{F_0} \left( \frac{\text{salida}}{\text{entrada}} \right) \left\{ \begin{array}{l} \bullet FT = 1 \Rightarrow \text{transmisibilidad (ko)} \\ \bullet FT = 0 \Rightarrow \text{Transmisibilidad nula (ok)} \end{array} \right.$$

$$A = 1 - FT \left\{ \begin{array}{l} \bullet FT = 1 \Rightarrow \text{Aislamiento nulo (ko)} \\ \bullet FT = 0 \Rightarrow \text{Aislamiento total (ok)} \end{array} \right.$$

$$G_A = (1 - T)100$$

$$R_A = 20 \log(M)^2$$



$\uparrow \zeta \Rightarrow \uparrow FT \Rightarrow \downarrow AV$

$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{\sqrt{1 + (2\zeta \rho)^2}}{\sqrt{(1 - \rho^2)^2 + (2\zeta \rho)^2}}$$

$$AV = 1 - FT$$

- máximo valor de aislamiento vibratorio (AV) se conseguirá con  $\zeta \approx 0$

$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{1 + \left(2\zeta \frac{f}{f_0}\right)^2}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \left(2\zeta \frac{f}{f_0}\right)^2}}$$



$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{1}{1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}$$

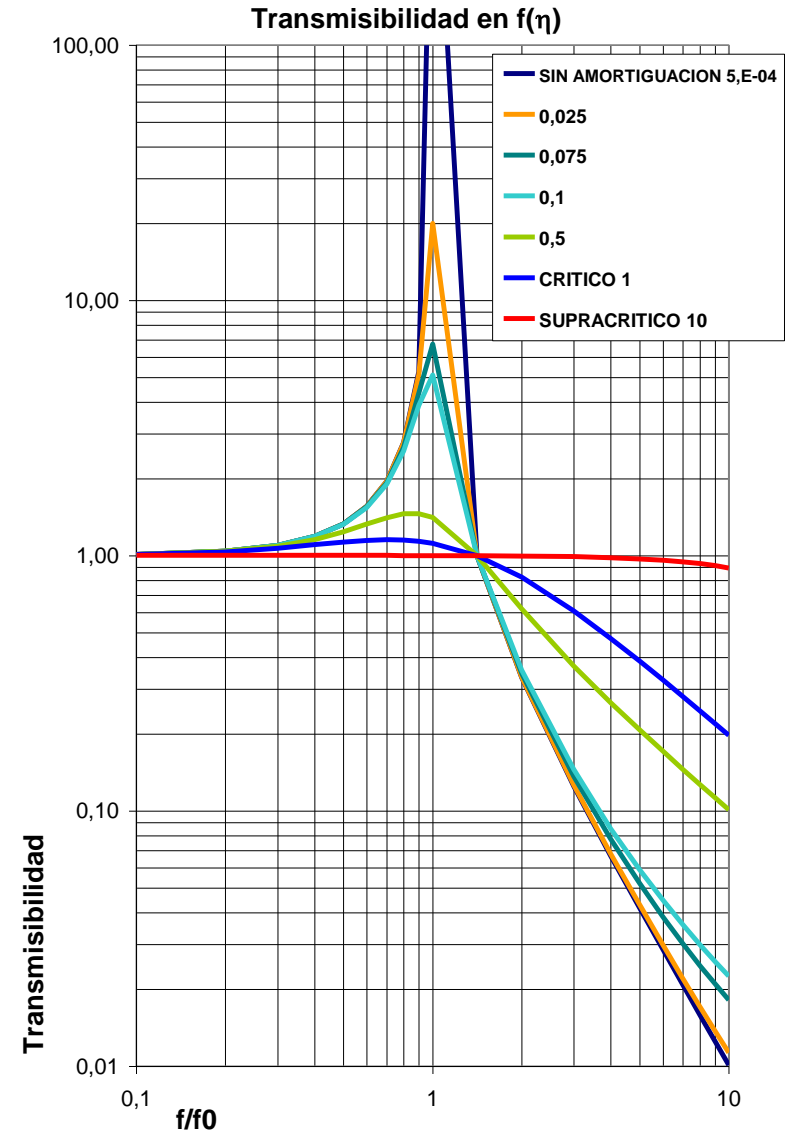


$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{1}{|1 - M^2|} = \frac{1}{M^2 - 1}$$

$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{1}{|1 - M^2|} = \frac{1}{M^2 - 1}$$

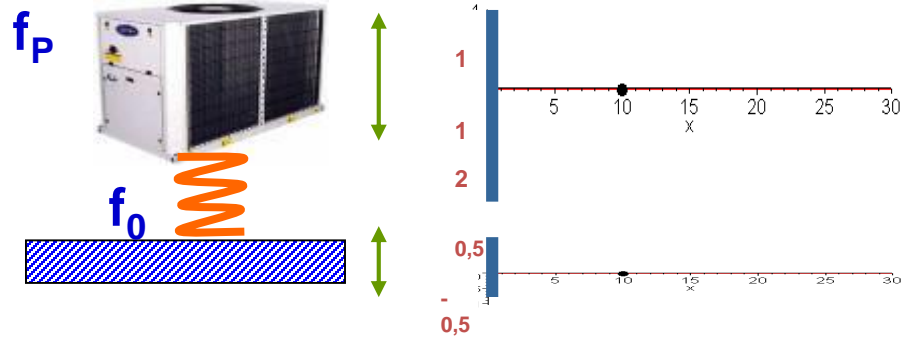
$$G_A = (1 - FT)100 \quad (\%)$$

$$G_A = \left( \frac{M^2 - 2}{M^2 - 1} \right) 100$$



$G \Rightarrow 90\%$

$$\frac{f_p}{f_n} > 4$$



Zona de Sensibilidad	Tipo de zona	G %
<b>MUY CRITICA</b>	Hospitales, Hoteles, Edificios de uso cultural (auditorios, teatros, centro convenciones)	$\geq 95\%$
<b>CRITICA</b>	Zonas cercanas a dormitorios. Oficinas y estudios, supermercados en edificios	$\geq 90\%$
<b>NO CRITICA</b>	Sótanos, zonas industriales, Hipers	$\geq 85\%$

Fuente: basado en experiencia Rafa Torres-Vibcon y criterio del Dc HIGINI ARAU



UNE 100-153/2004

Climatización: Soportes Antivibratorios.

Criterio de Selección

MODULACION:  $f_p / f_0 > 4$

G Grado de aislamiento en %  $\Rightarrow 90\%$

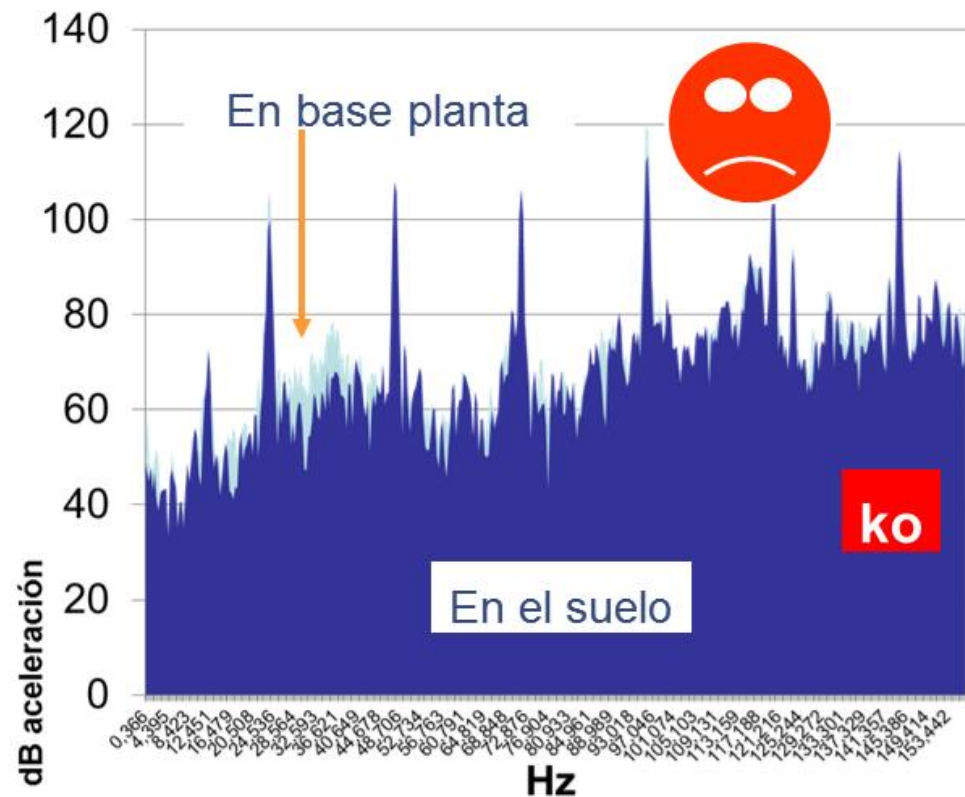
f / f <sub>0</sub>	%		dB
	G	T	G'
1	0	100	0
2	67	33	10
3	88	12	18
4	93	7	23
5	96	4	28
6	97	3	30
7	98	2	34
8	98	2	34
9	99	1	40
10	99	1	40

$R_A$  en dB

- Patología vibroacústica debida a montaje antivibratorio mal calculado

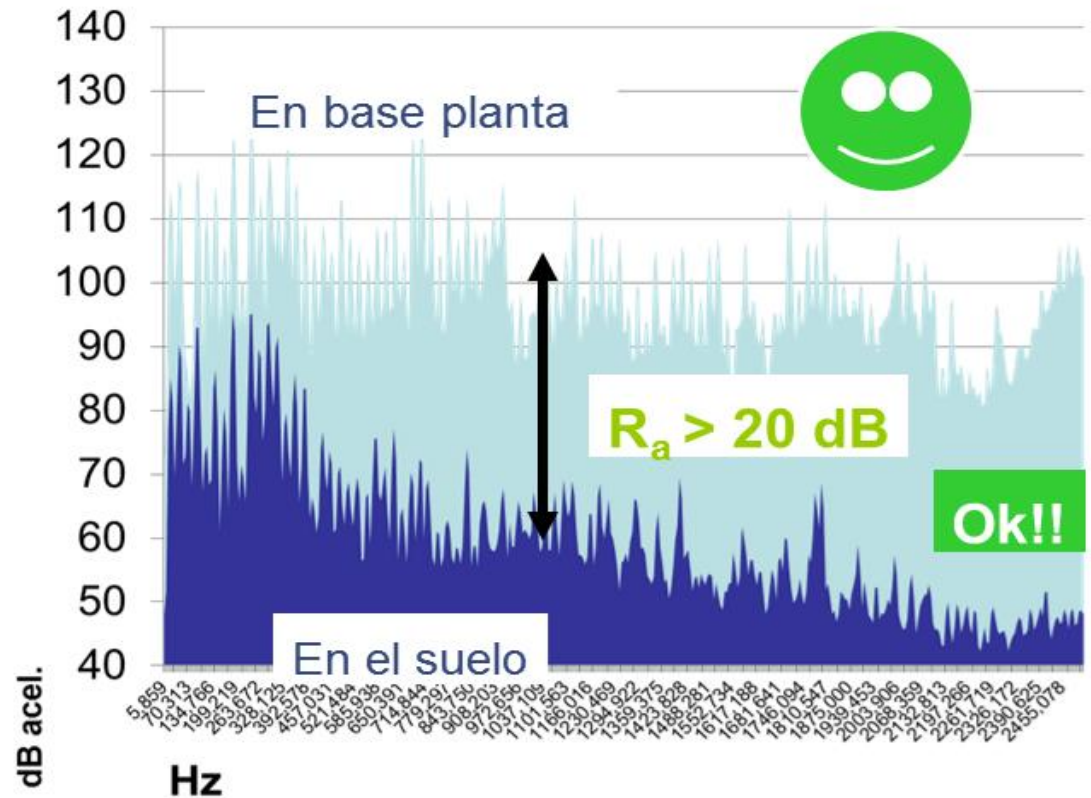


Fuente: SUPERSOL Hospitalet



Rafael Torres del Castillo  
Profesor externo Vibraciones Mecánicas La Salle URL

- Patología vibroacústica debida a montaje antivibratorio mal calculado



$$F_e \gg F_n$$

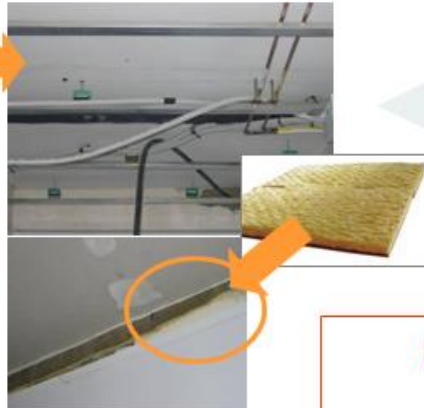


## Recomendación: aplicar sentido común mecánico + dB(€)



1/2007 BCN

- Patología vibroacústica por instalación de bombas que afecta a todas las **habitaciones de la planta inferior de un Hospital**



- Actuaciones: Se realizaron medidas de aislamiento acústico en las habitaciones “sin antes aislar vibraciones maquinaria”

Resultado: mejora de 2dB solamente!!!!  
No recomendable!!!!

### HOJA DE RUTA RECOMENDABLE A SEGUIR

1º Medidas aislamiento vibratorio

2º Medidas de aislamiento y acondicionamiento acústico