



Vibcon & LEAM UPC



## 5.3.a. Medida y evaluación de vibraciones mecánicas

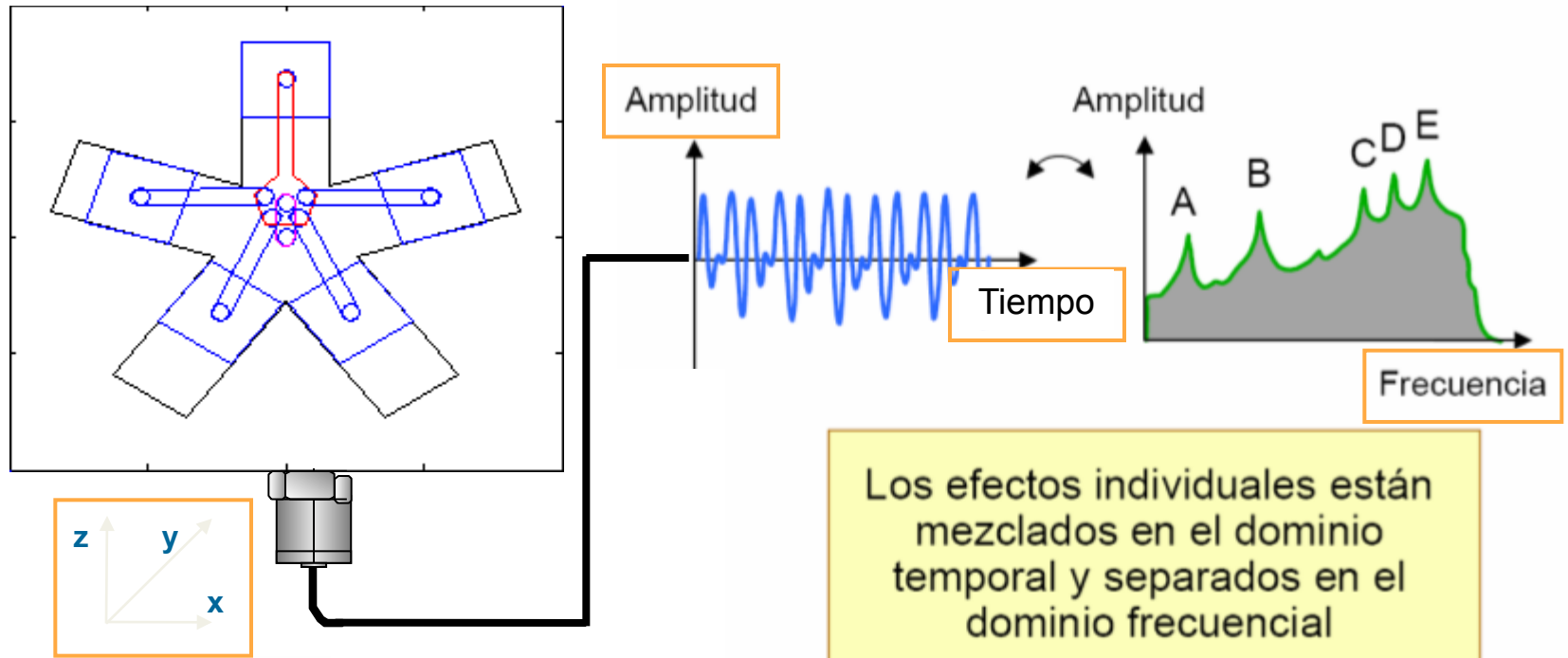
Rafael Torres del Castillo (9ªEd.:06-2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



Mundo real



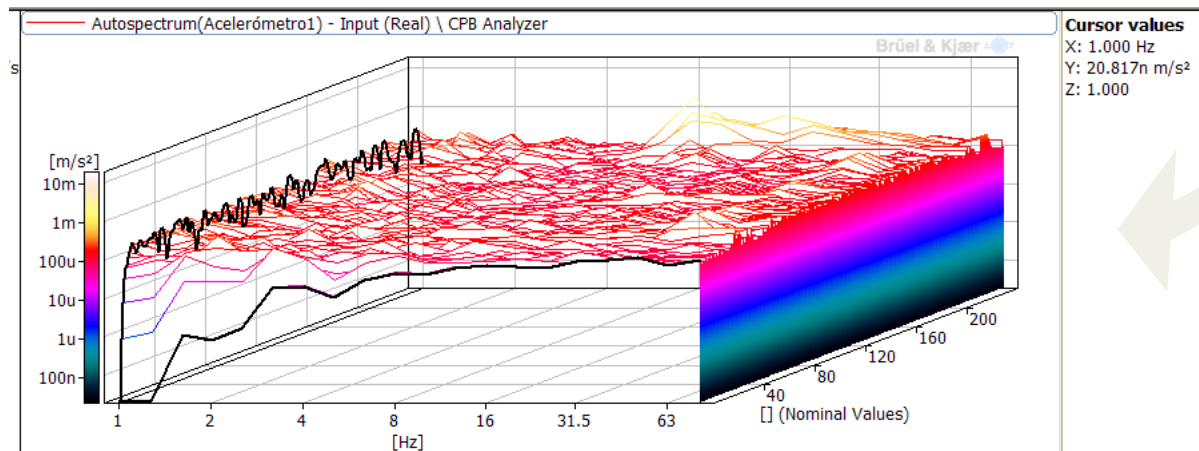
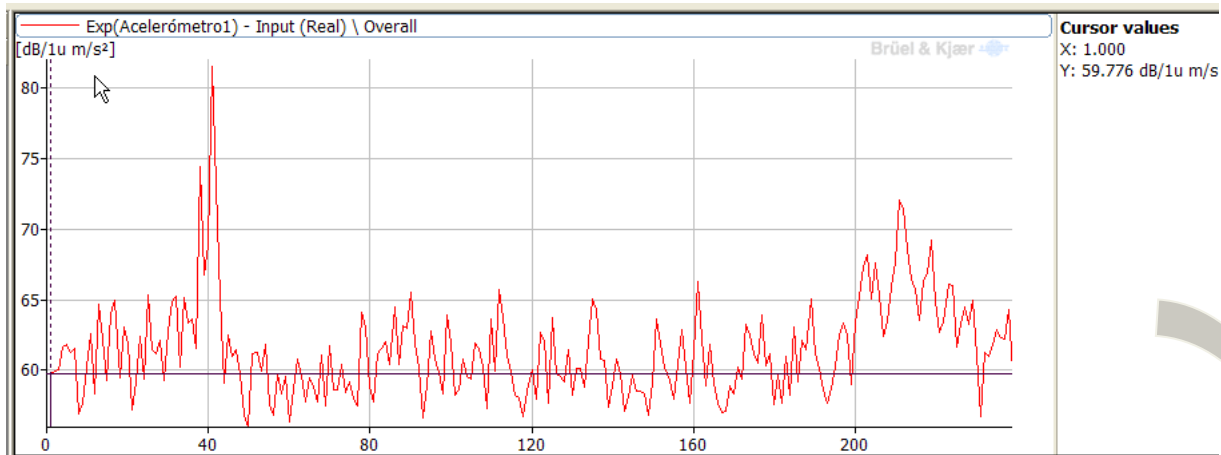
Descripción numérica del  
sonido y las vibraciones



Ref: Bruel&Kjaer. 2003

Rafael Torres del Castillo (9ªEd.:06-2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.





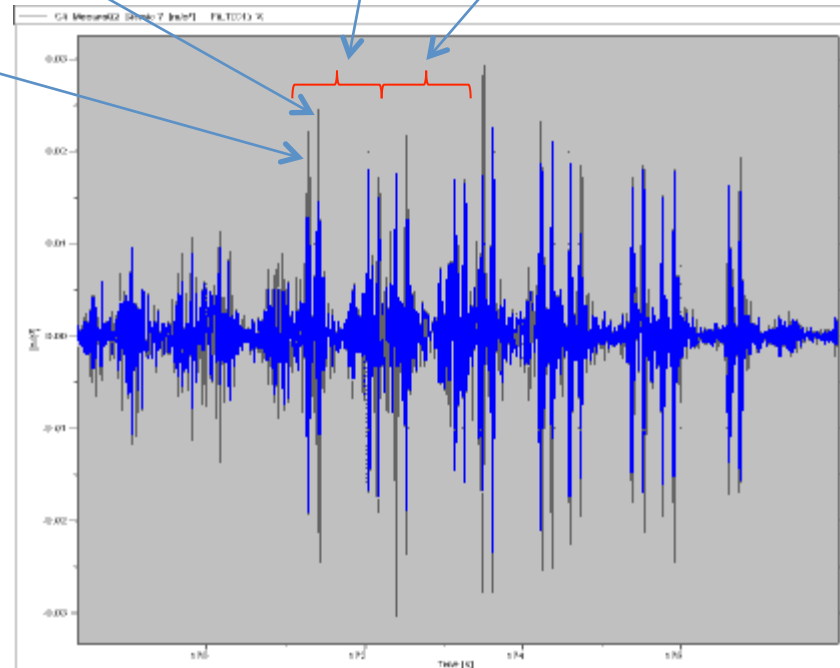
Rafael Torres del Castillo (9ªEd.:06-2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



## Dominio temporal



Visión temporal del fenómeno



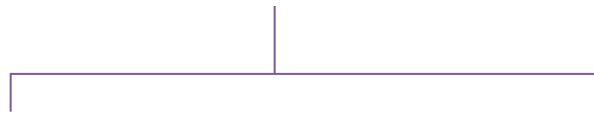
Fuente: AV Enginyers  
Joan Cardona 2009

Rafael Torres del Castillo (9ªEd.:06-2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



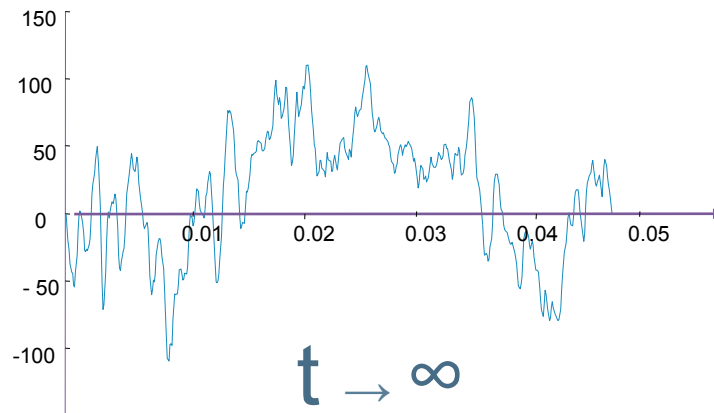
# Visión temporal de la señal: duración

## Permanentes o Contínuas

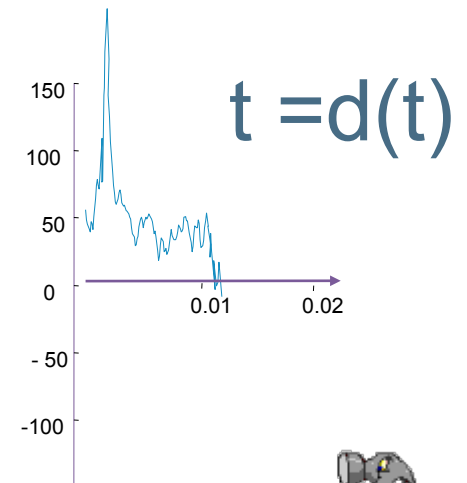


Estacionarias

No Estacionarias



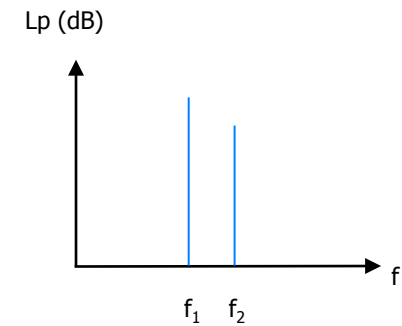
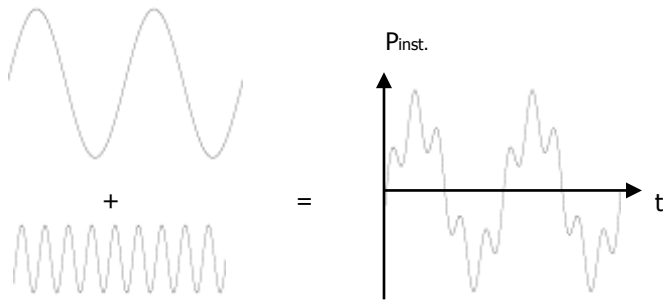
## Transitorias



Señales temporales **LARGAS**



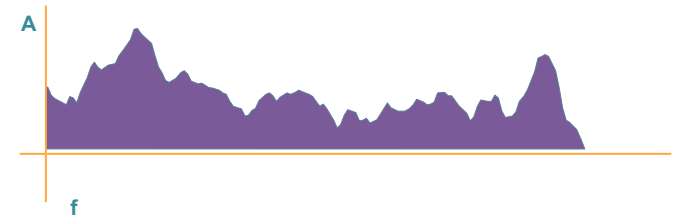
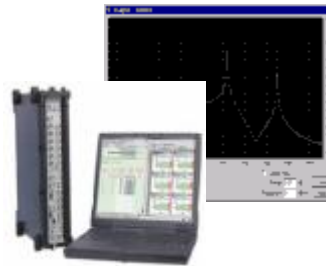
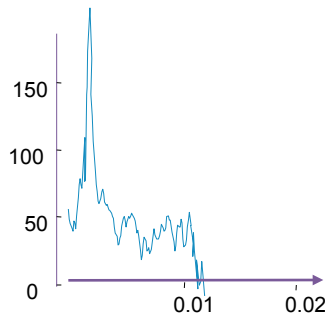
Señales espectrales **CORTAS**

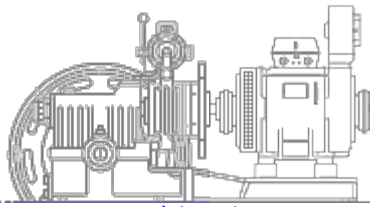


Señales temporales **CORTAS**



Señales espectrales **LARGAS**

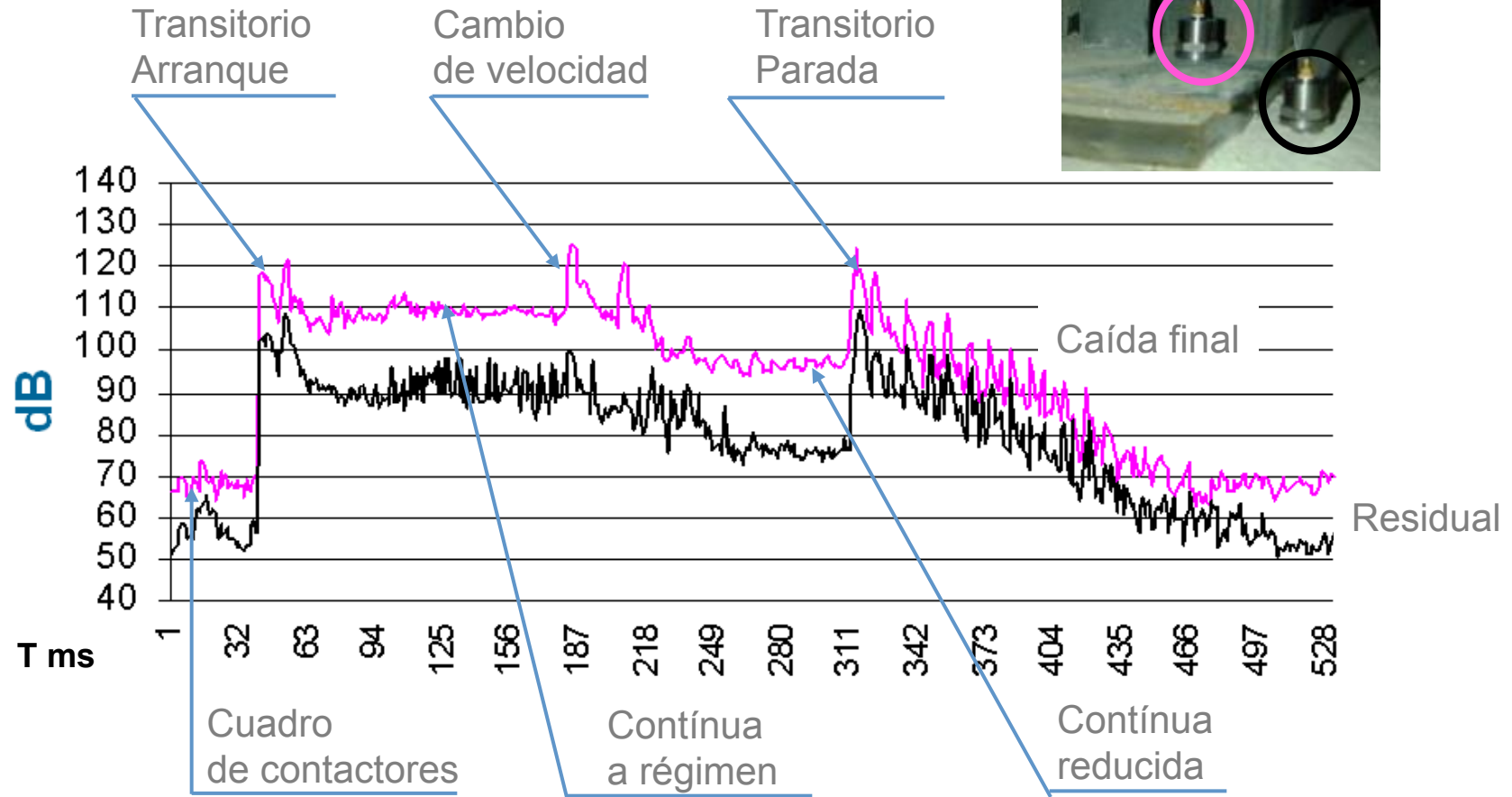




[www.ascensorista.net](http://www.ascensorista.net)

# Patologías en Ascensores

Actualizado: 13/09/2011 RAFA



Rafael Torres del Castillo (9ªEd.:06-2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.





# Paso de metro en una vivienda

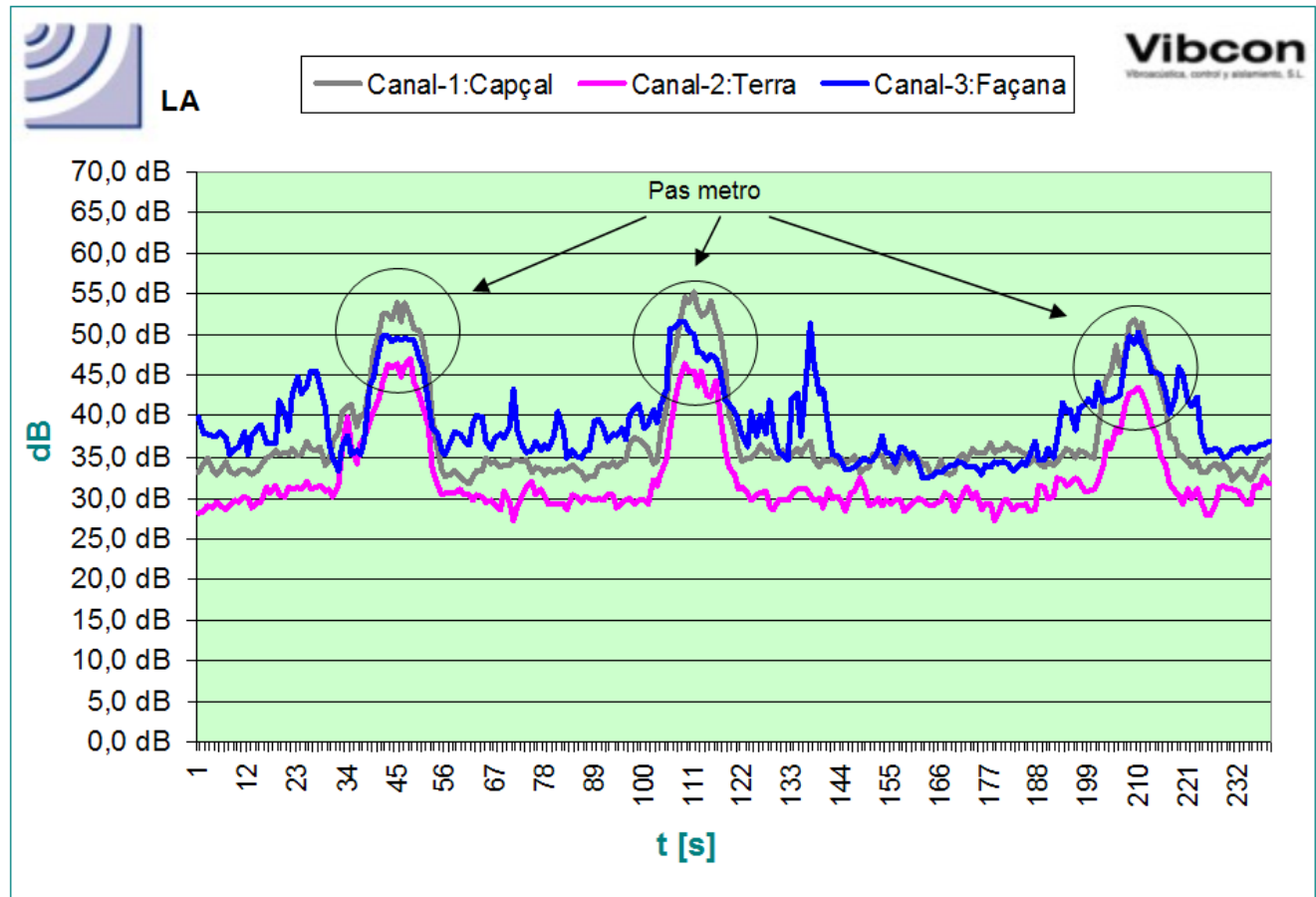


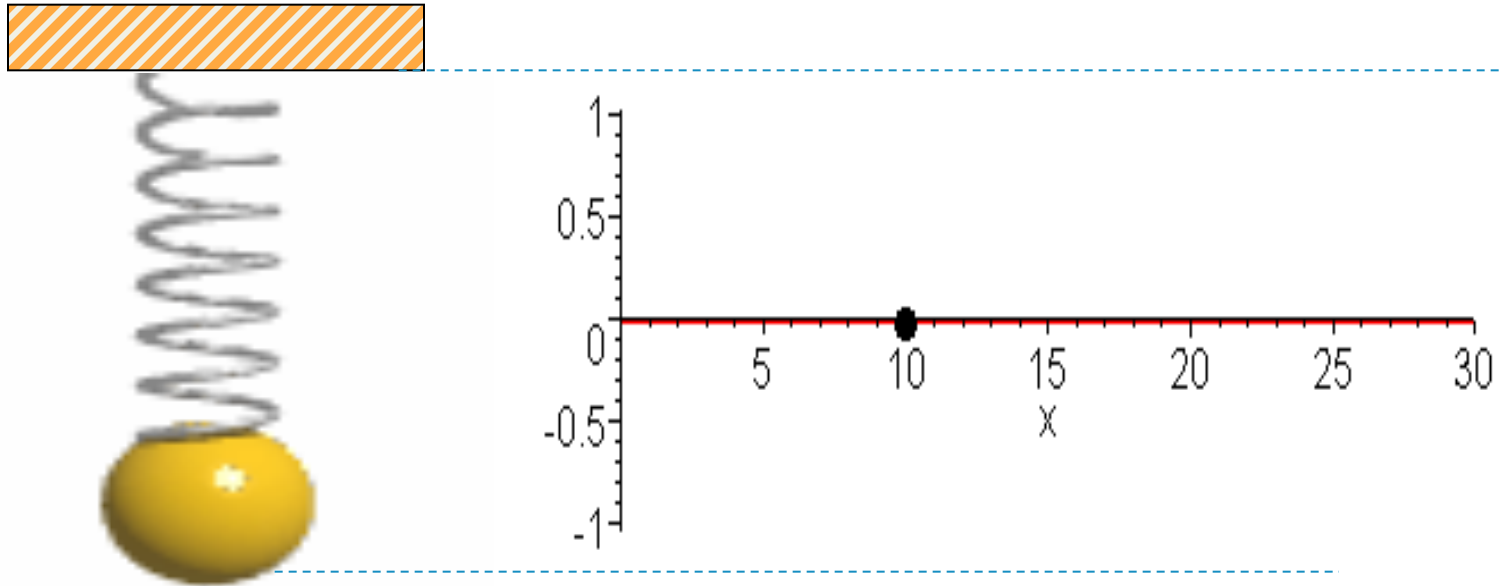
Figura 5. Perfil temporal amb 3 passos de metro





## Movimiento Armónico Simple "MAS"

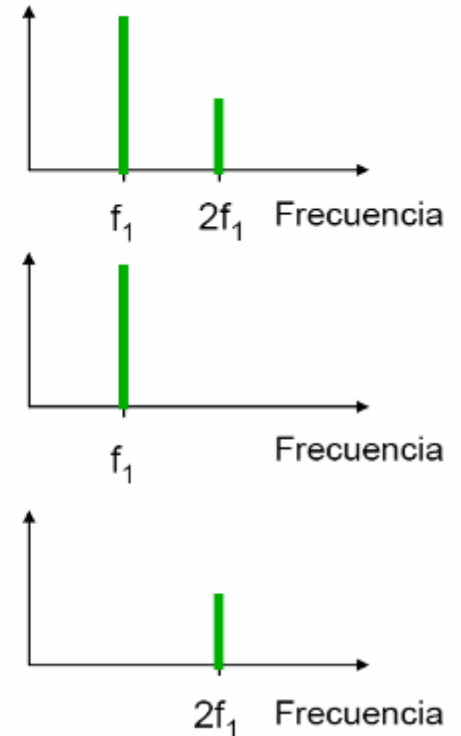
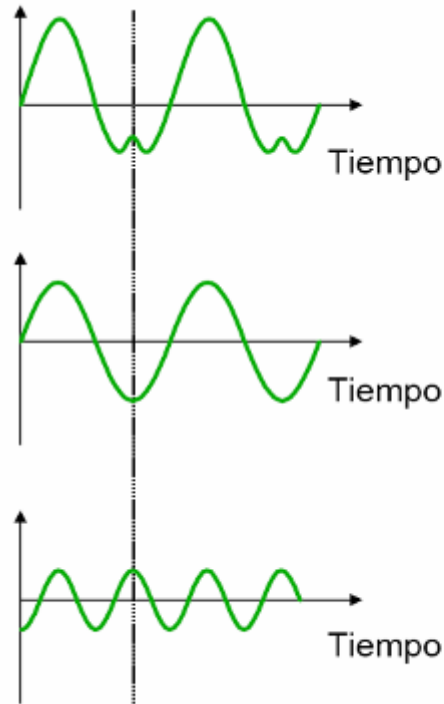
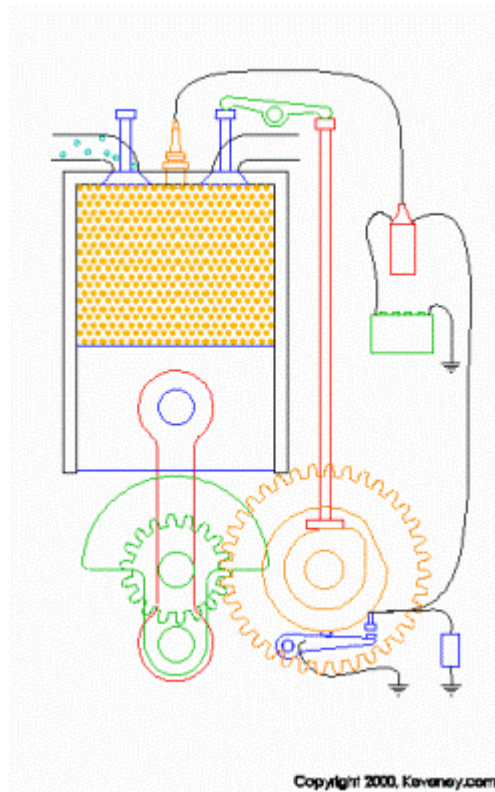
$$X(t) = A \operatorname{sen} \varpi t$$



Rafael Torres del Castillo (9ªEd.:06-2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



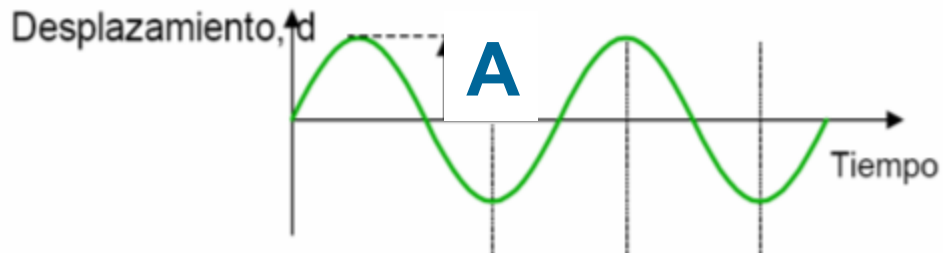
## Presencia de armónicos!!!



Ref: Bruel & Kjaer. Paco-pulse 2008

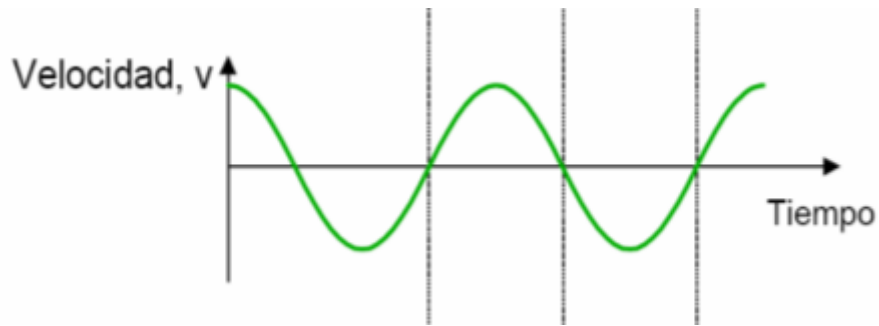
Rafael Torres del Castillo (9ªEd.:06-2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.





$$d = A \cdot \sin \omega t$$

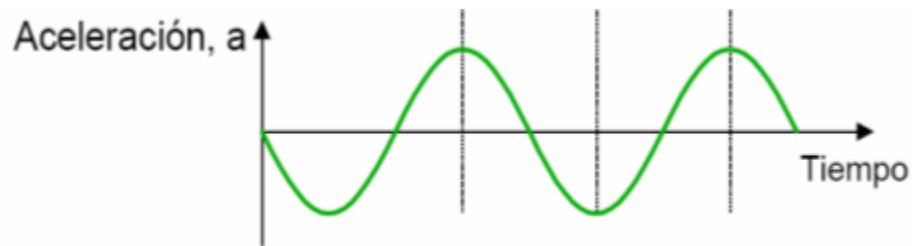
$$d = A$$



$$v = \dot{d} = A\omega \cdot \cos \omega t \Rightarrow$$

$$v = A\omega \cdot \sin(\omega t + \pi/2)$$

$$v = A\omega$$



$$a = \ddot{d} = \dot{v} = -A\omega^2 \cdot \sin \omega t$$

$$a = A\omega^2$$



Una onda senoidal de frecuencia angular ( $\varpi$ ) de 1000rad/s y amplitud  $A=10^{-12}m$

$$\varpi = 2\pi f \Rightarrow f = 1000 / 2\pi = 159.23Hz$$

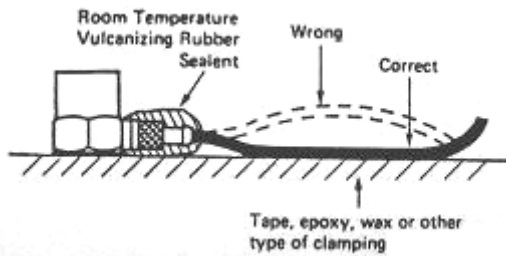
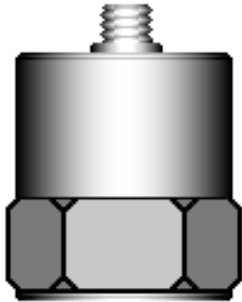
$$d_0 = A_{MAX} = 10^{-12}[m]$$

$$v_0 = A\varpi = 10^{-12}10^3 = 10^{-9}[m/s]$$

$$a_0 = A\varpi^2 = 10^{-12}(10^3)^2 = 10^{-6}[m/s^2]$$



## TRANSDUCTOR ACCELEROMETRO



$$a = A \cdot \sin \omega t$$

$$a = A$$

$$v = \int a \, dt = -\frac{a}{\omega} \cos \omega t$$

$$V = \frac{a}{\omega} = \frac{a}{2\pi f}$$

$$d = \iint a \, dt \, dt = -\frac{a}{\omega^2} \sin \omega t$$

$$d = \frac{a}{\omega^2} = \frac{a}{4\pi^2 f^2}$$



**SENSIBILIDAD:** cantidad de señal eléctrica generada por unidad de aceleración de la vibración que actúa sobre él.

- Un acelerómetro piezoeléctrico puede ser descrito como una fuente de carga o una fuente de tensión (con impedancia muy alta):
  - Sensibilidad de tensión → [mV/g] o [mV/ms<sup>-2</sup>]
  - Sensibilidad de carga → [pC/g] o [pC/ms<sup>-2</sup>]
- Cuanto mayor es la masa sísmica (peso) mayor es su sensibilidad

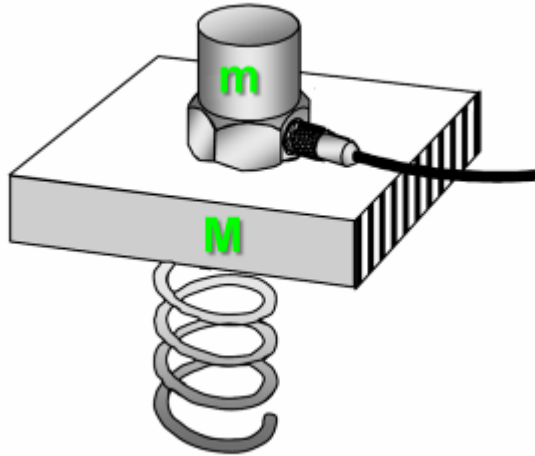
Menor



Mayor

| Sensibilidad del<br>acelerómetro<br>recomendable | Utilización   |
|--|---|
| 10mV/g   | En carcasa de Motores   |
| 100mV/g  | Base de maquinaria: Evaluación vib.<br>cuerpo humano                |
| 500mV/g  | Semi sísmico: Metro; residual.                                      |
| 10V/g  | Sísmico: Vibraciones de muy baja<br>amplitud. (<10 <sup>-16</sup> ) |





$$m < \frac{1}{10} M$$

Acelerómetro  
sísmico 10v/g



$m=750\text{gr}$

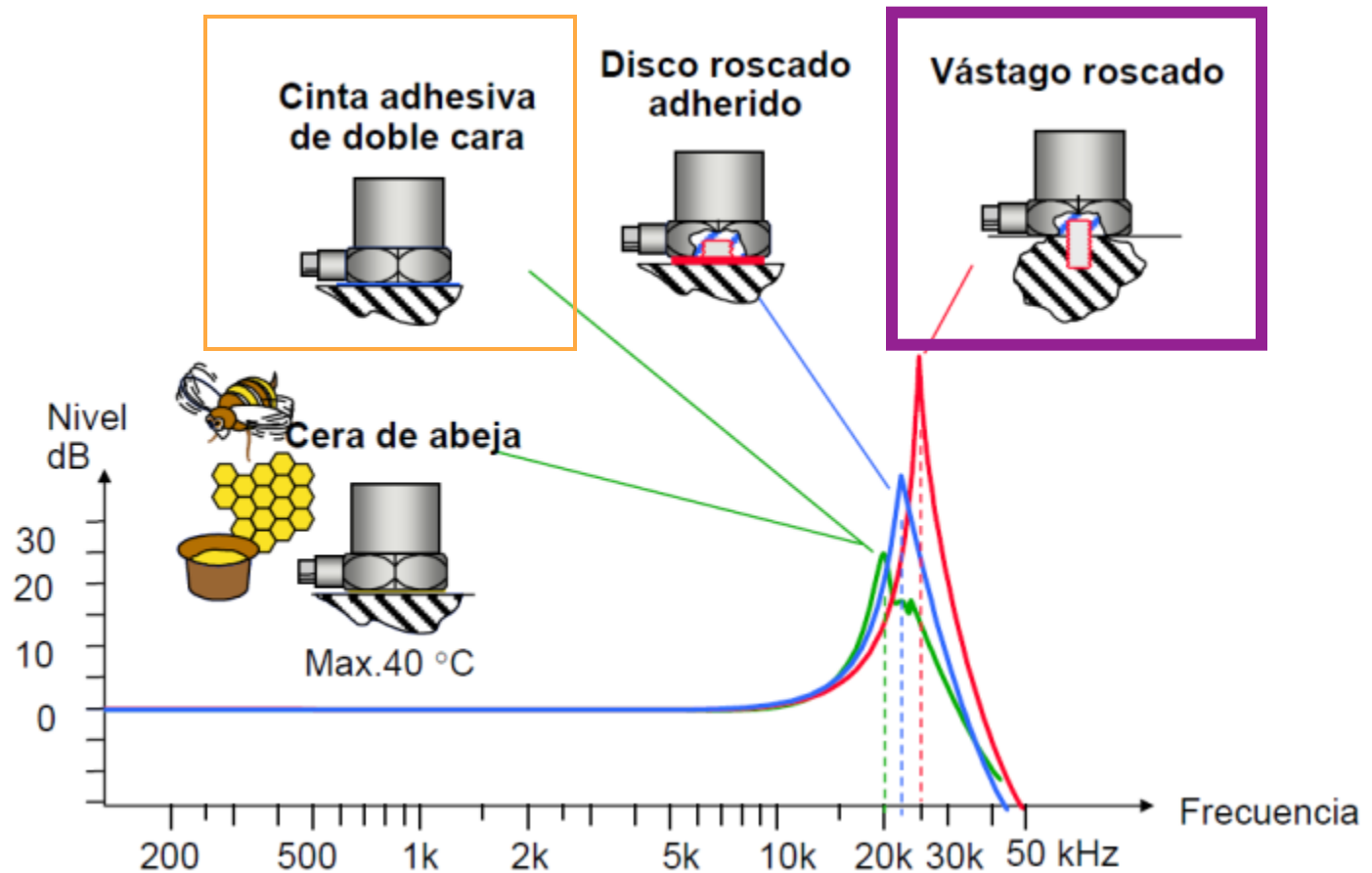


$M>7,5 \text{ Kg}$





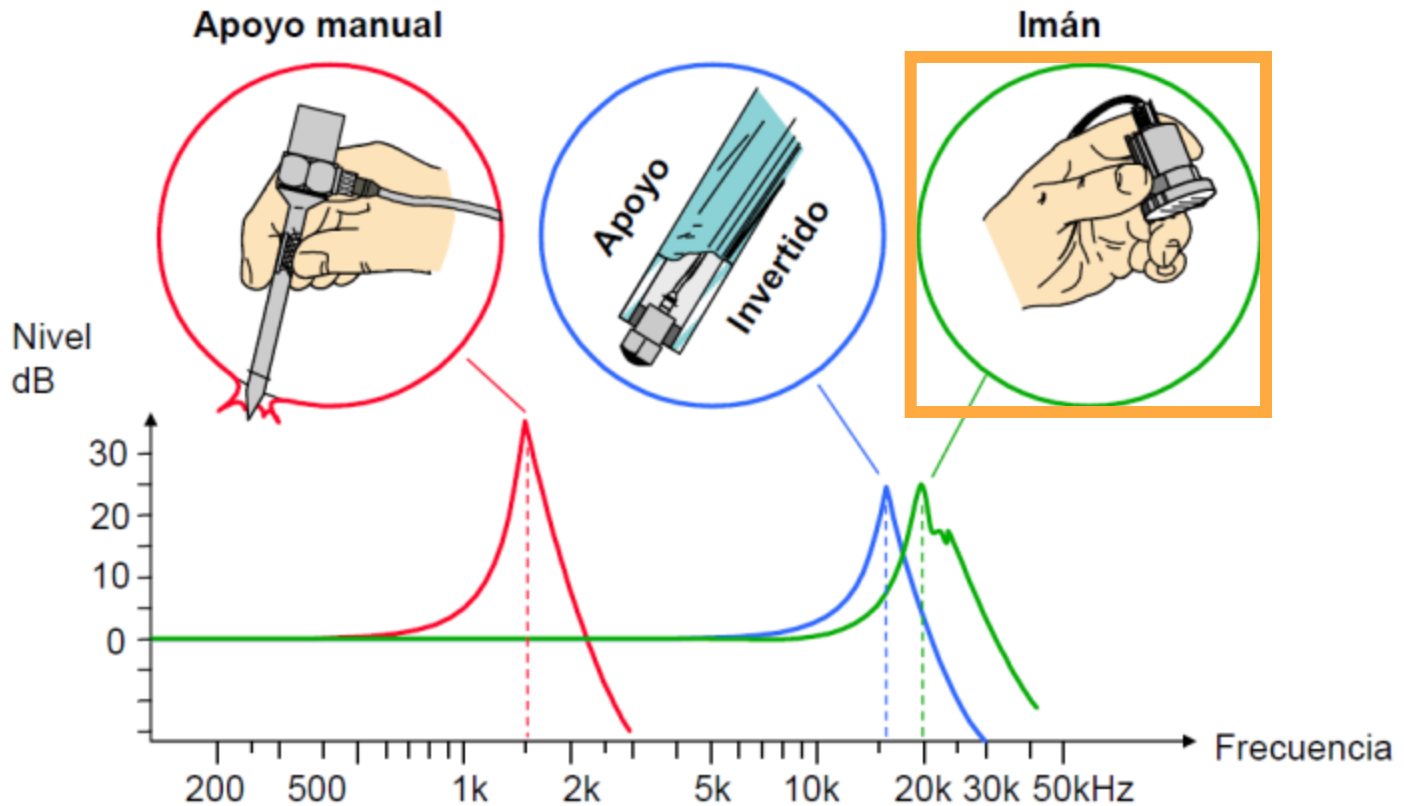
# Fijos



Rafael Torres del Castillo (9ªEd.:06-2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



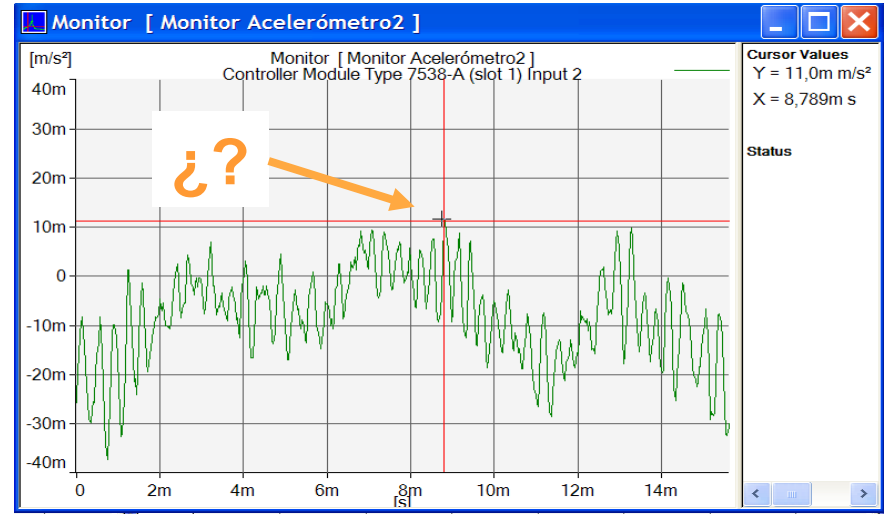
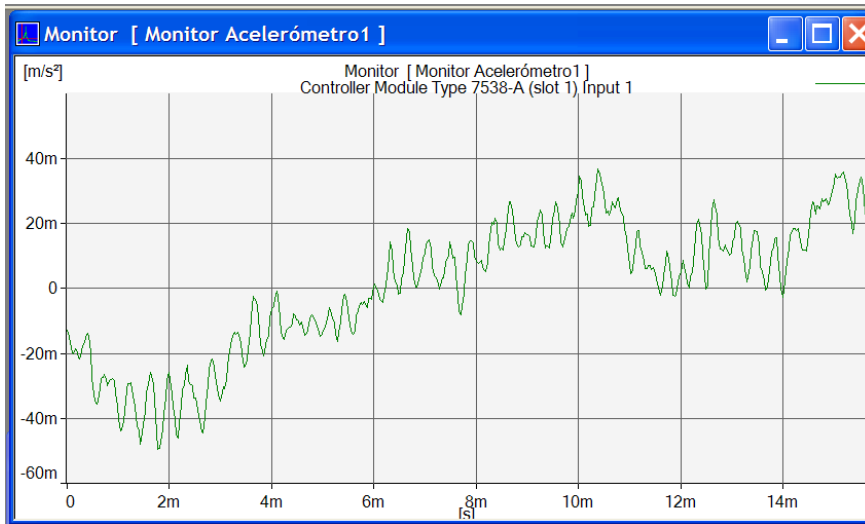
# Contacto



Rafael Torres del Castillo (9ªEd.:06-2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.

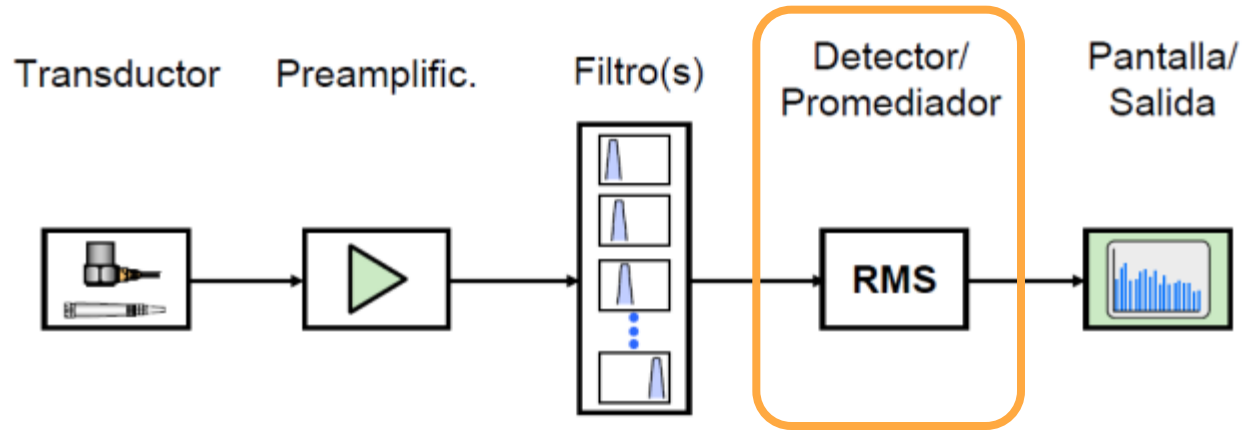


# ¿pero qué valor tiene la aceleración?



Los acelerómetros: Registran aceleración instantánea  $a+$ ,  $a-$



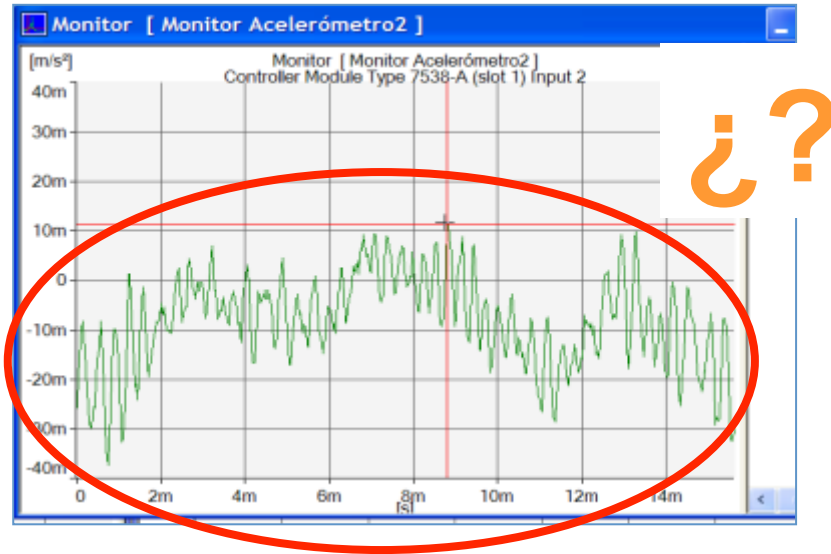


### Funciones más utilizadas

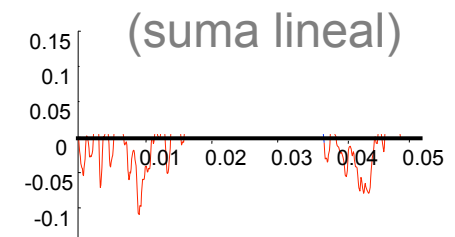
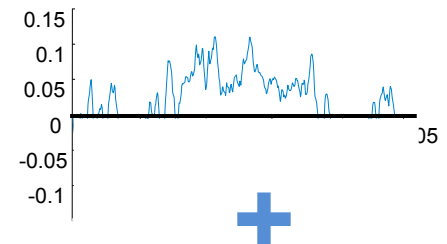
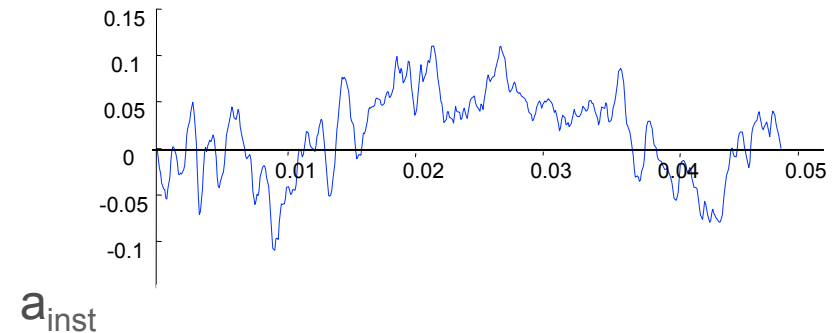
- Valor eficaz de la aceleración (rms)
- Aceleración continua equivalente
- Valor pico máximo de la aceleración
- Factor de cresta



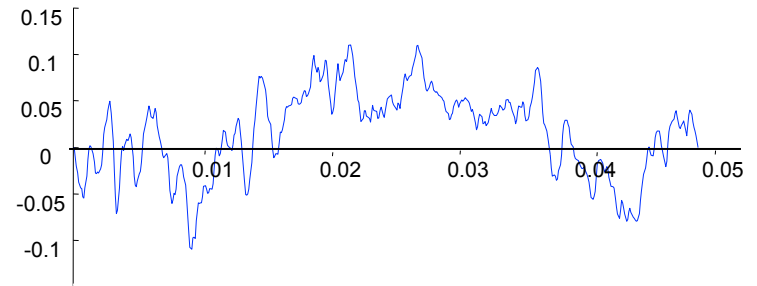
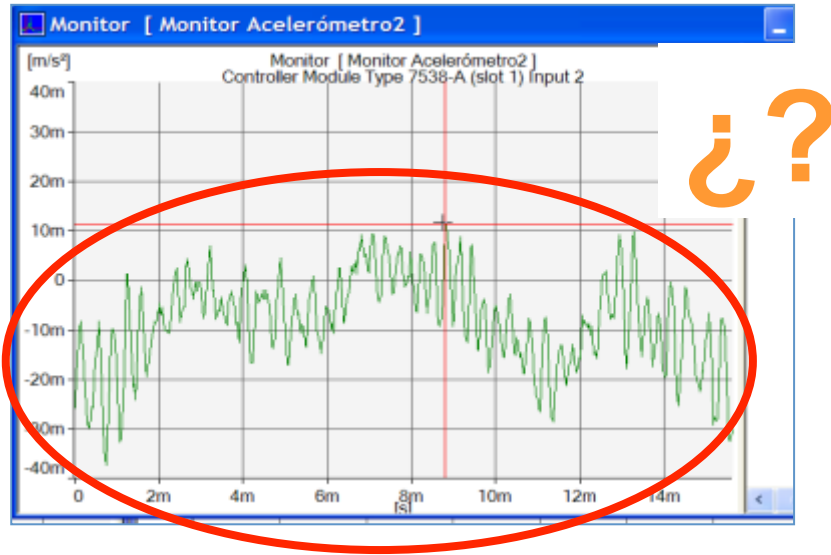
Los acelerómetros: realizan lecturas en aceleración instantánea ( $a_+$  y  $a_-$ )



¿pero qué valor global de aceleración tengo dentro del tiempo de medida realizado?



Los acelerómetros: realizan lecturas en aceleración instantánea (a + y a-)



$a_{inst}$

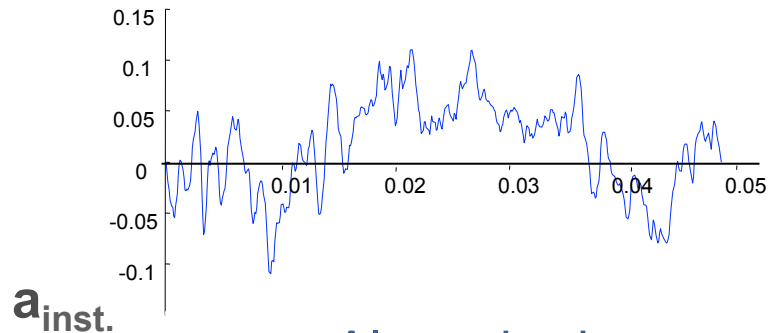
Suma de aceleraciones instantáneas

$$a_{Total} = a_1(t) + a_2(t) + \dots + a_n(t)$$

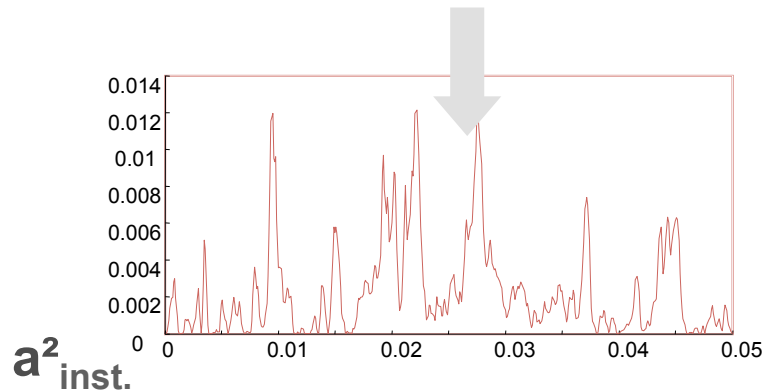
¿pero qué valor global de aceleración tengo dentro del tiempo de medida realizado?



Los acelerómetros: realizan lecturas en aceleración instantánea pero se procesa en valores cuadráticos ( $a^2$ )



Al cuadrado



Suma de aceleraciones instantáneas

$$a_{Total} = a_1(t) + a_2(t) + \dots + a_n(t)$$

Suma de valores cuadráticos)  
(ejemplo: valor rms)

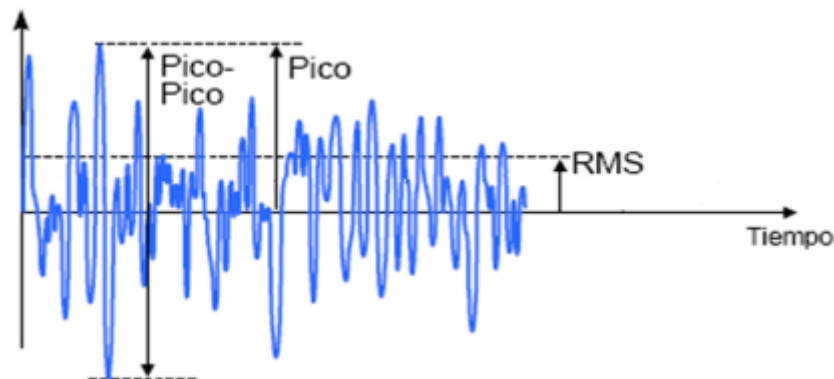
$$a_{rmsTotal}^2 = a_{rms1}^2(t) + a_{rms2}^2 \dots + a_{rmsn}^2$$

$$a_{rmsTotal} = \sqrt{a_{rms1}^2(t) + a_{rms2}^2 \dots + a_{rmsn}^2}$$





# Detectores de la Amplitud de vibración



*root mean square*

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

Aceleración rms  
**promediada exponencialmente**

$$a_{rms,\tau}(t_0) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^{t_0} a^2(t) e^{\frac{t-t_0}{\tau}} dt}$$

$\tau = 1s$  (*slow*)  
 $\tau = 125ms$  (*fast*)

Aceleración continua equivalente  
**promediada linealmente**

$$a_{eq}(T) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

$T = 1s$  (*slow*)  
 $T = 125ms$  (*fast*)



## Aceleración rms promediada exponencialmente

$$a_{rms,\tau}(t_0) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^{t_0} a^2(t) e^{\frac{t-t_0}{\tau}} dt}$$

$\tau = 1s$  (*slow*)  
 $\tau = 125ms$  (*fast*)

## Aceleración continua equivalente promediada linealmente (running rm method)

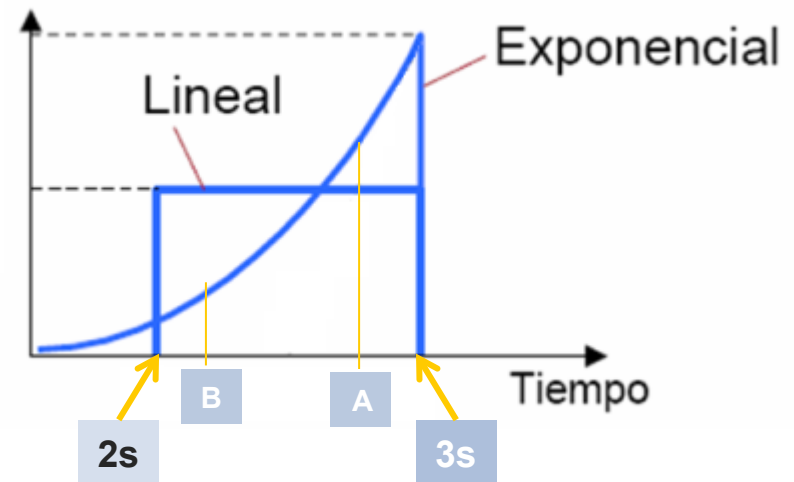
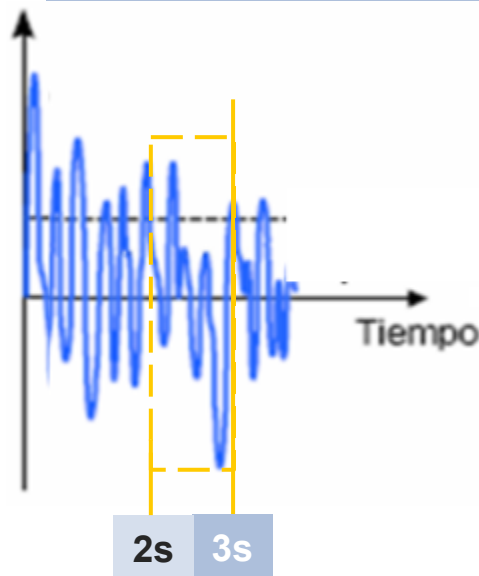
$$a_{eq}(T) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

$T = 1s$  (*slow*)  
 $T = 125ms$  (*fast*)

**Slow:** Sucesos vibratorios largos o continuo)

**Fast:** Sucesos vibratorios cortos o aleatorios

## Promediadores temporales de la amplitud



Ref: Montserrat Polo  
(Analista) AV. Enginyers

Rafael Torres del Castillo (9ªEd.:06-2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.

