



El desafío de la medición en dinámico de magnitudes mecánicas

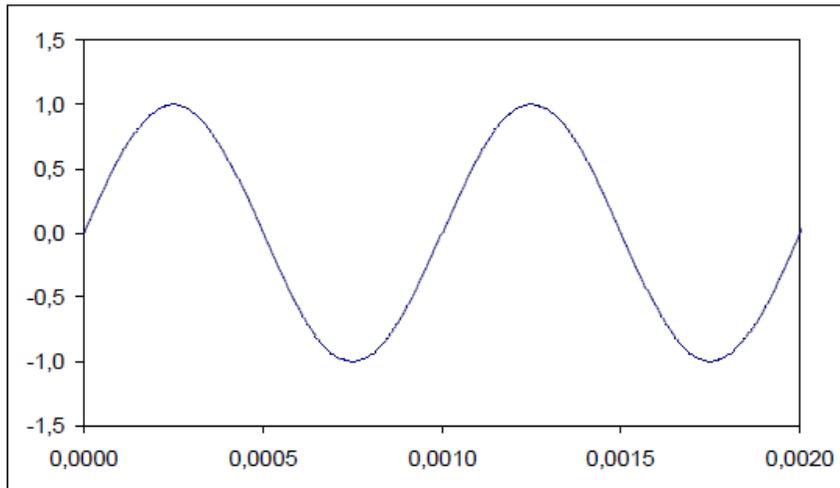


Medición en dinámico

Medición en la que:

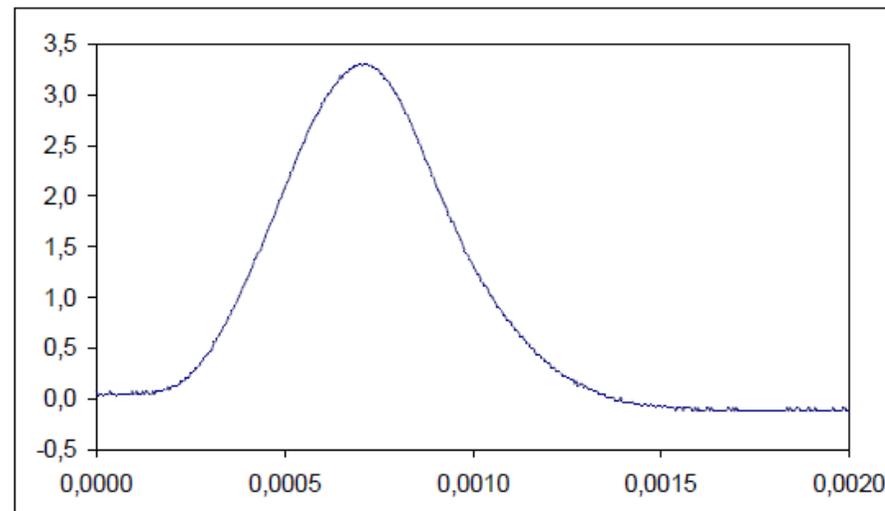
- la magnitud medida *varía en el tiempo* y
- donde esta variación puede tener un *efecto significativo en el resultado de medida*

Tipos de mediciones en dinámico



Sinusoidal

Impacto



Instrumento de medida en dinámico

Transductor

(piezoeléctrico, resistivo, inductivo, capacitivo,...)

+

Acondicionador de señal

(alimentación, amplificación, linealización, filtrado)

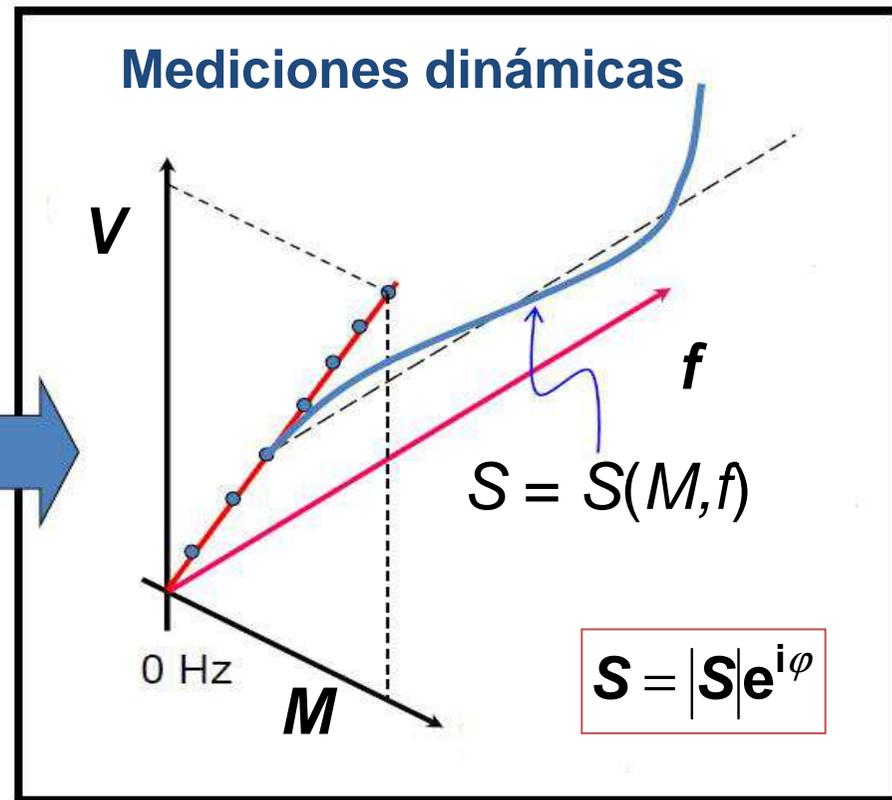
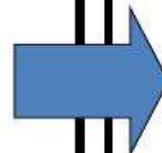
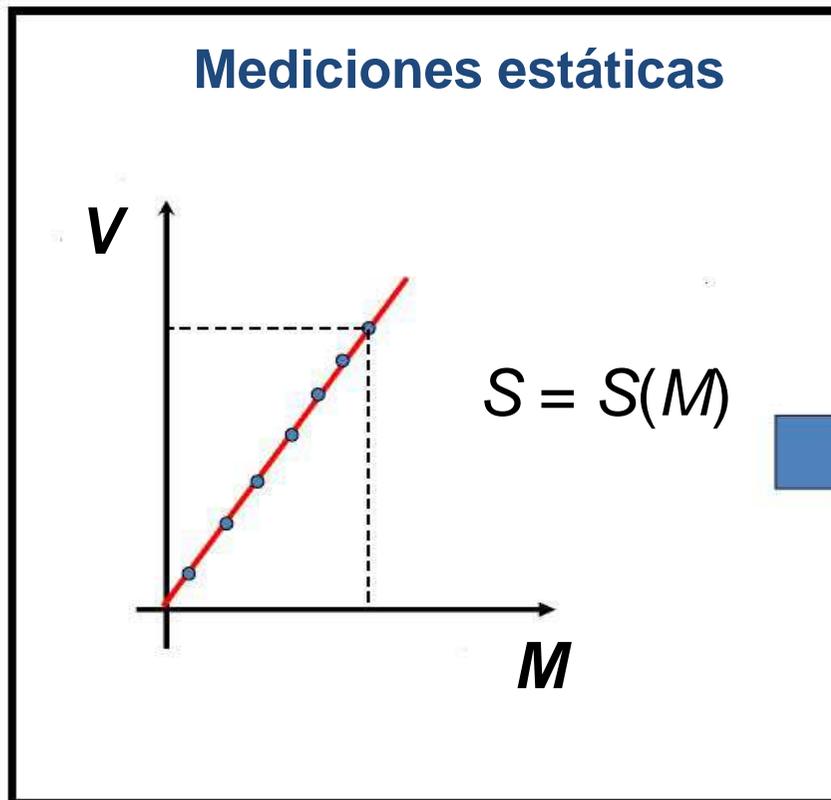




Caracterización



$$\text{Sensibilidad (S)} = \frac{\text{Salida eléctrica (V)}}{\text{Magnitud a medir (M)}}$$



Magnitudes mecánicas

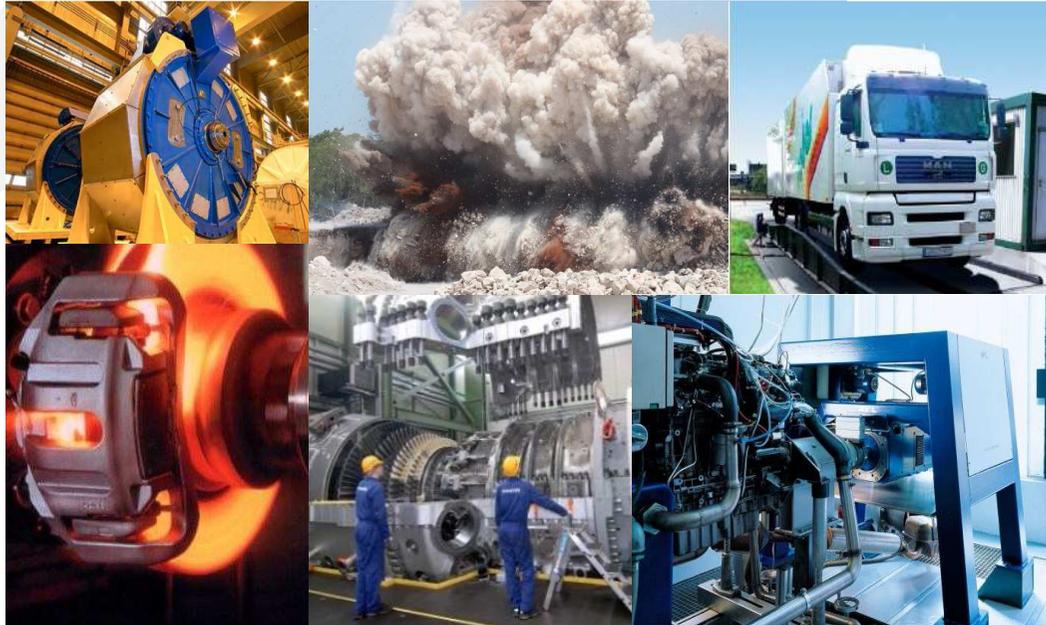
$$\text{Fuerza} \rightarrow F = m \cdot a$$

$$\text{Par de Torsión} \rightarrow T = F \cdot l$$

$$\text{Presión} \rightarrow P = F / S$$



Fuerza



Necesidades de trazabilidad en dinámico Fuerza

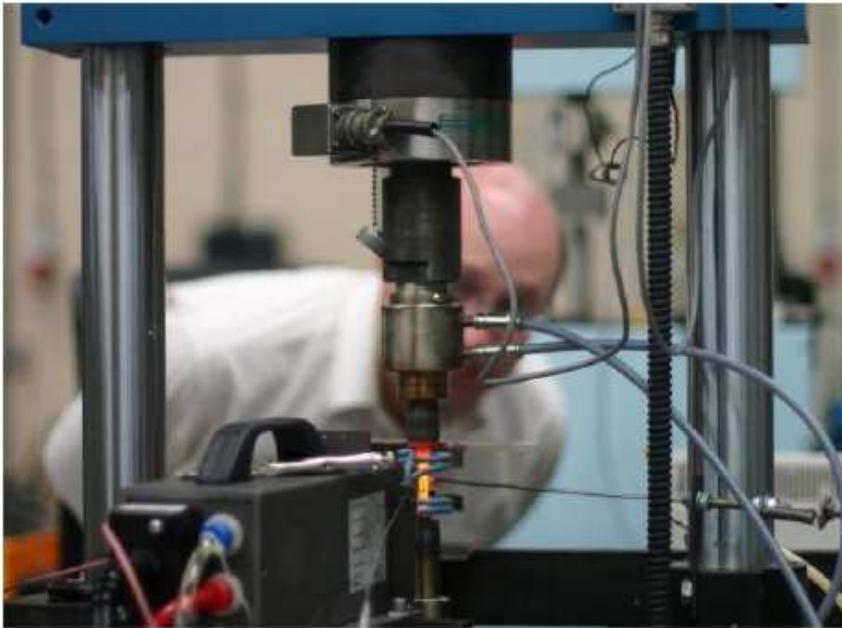
Ensayos automovilísticos



Necesidades de trazabilidad en dinámico

Fuerza

Ensayos de materiales



Pesaje dinámico



Necesidades de trazabilidad en dinámico Fuerza

Ensayos de estructuras





Patrones primarios de fuerza en estático

Máquinas de carga directa

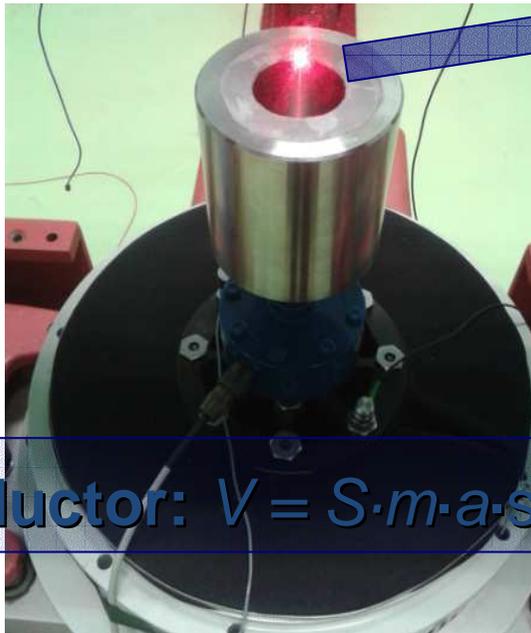
$$F = m \cdot g_1$$





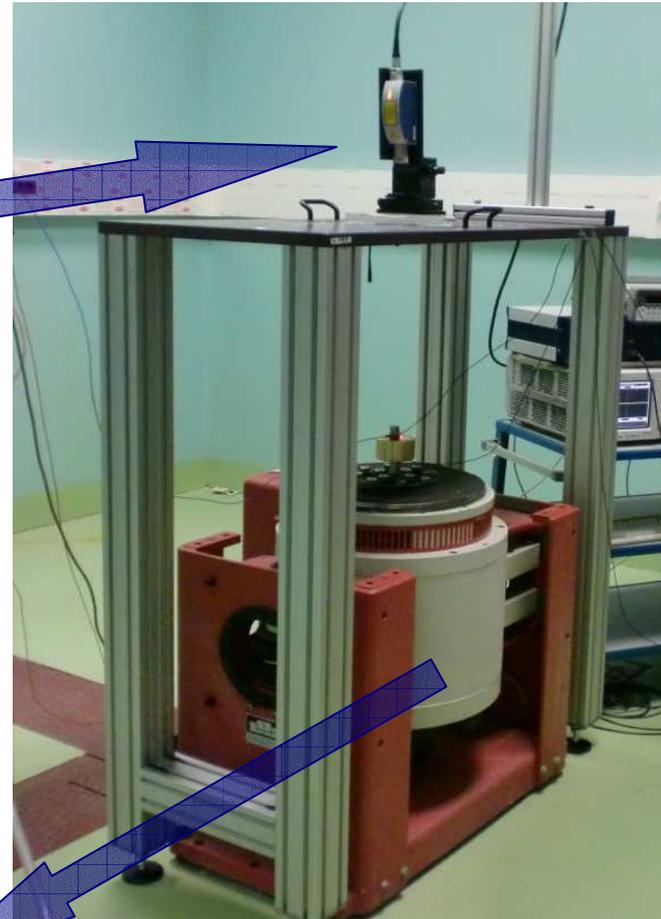
Patrones primarios de fuerza sinusoidal

Masa: $F = m \cdot a \cdot \text{sen}(\omega t)$



Transductor: $V = S \cdot m \cdot a \cdot \text{sen}(\omega t)$

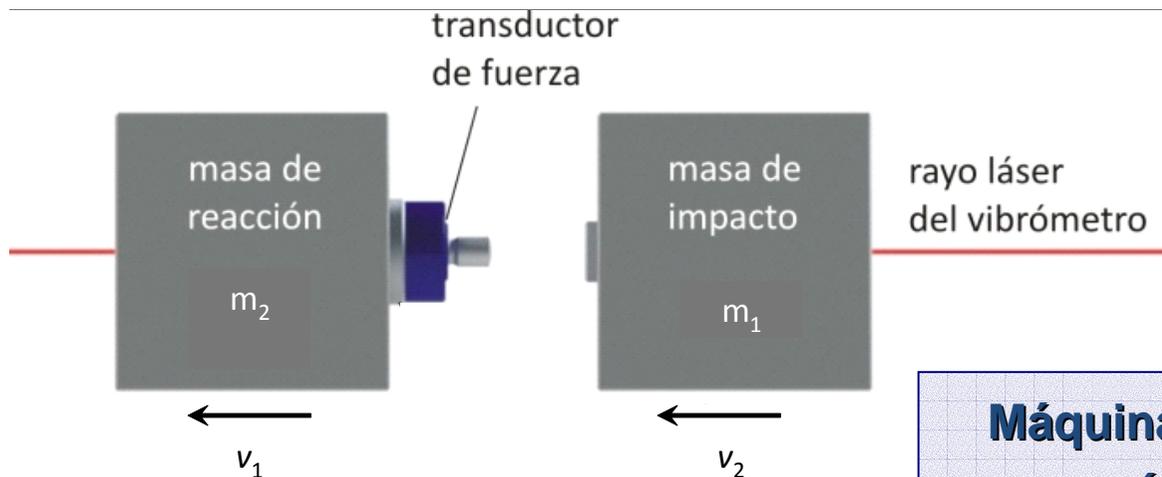
Excitador: $a \cdot \text{sen}(\omega t)$



Límites: 1 kN y 2,5 kHz



Patrones primarios de fuerza de impacto



$$F = m_1 \frac{dv_1}{dt} - m_2 \frac{dv_2}{dt}$$

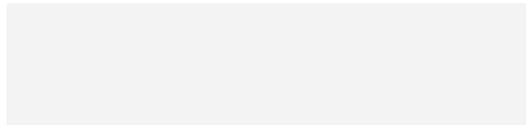
Máquina de 20 kN con guías lineales



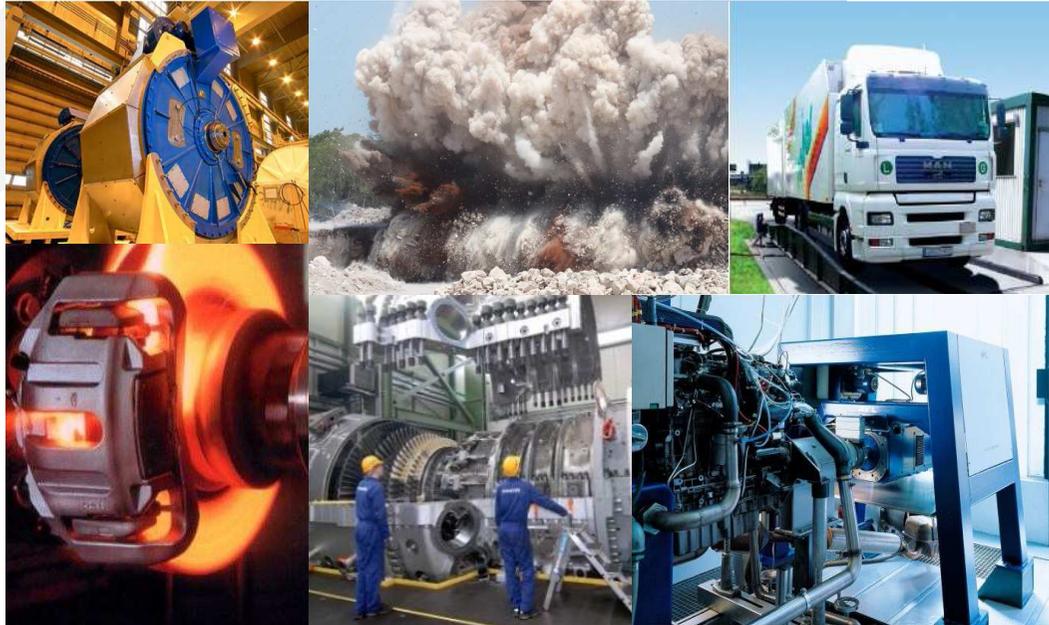
Máquina de 250 kN con cojinetes neumáticos



Pulsos de 1 ms



Presión



Necesidades de trazabilidad en dinámico Presión

Ensayos de explosivos



Necesidades de trazabilidad en dinámico Presión

Ensayos de reactores



Ensayos de turbinas





Necesidades de trazabilidad en dinámico Presión

Ensayos de caudal dinámico



Patrones primarios de presión en estático

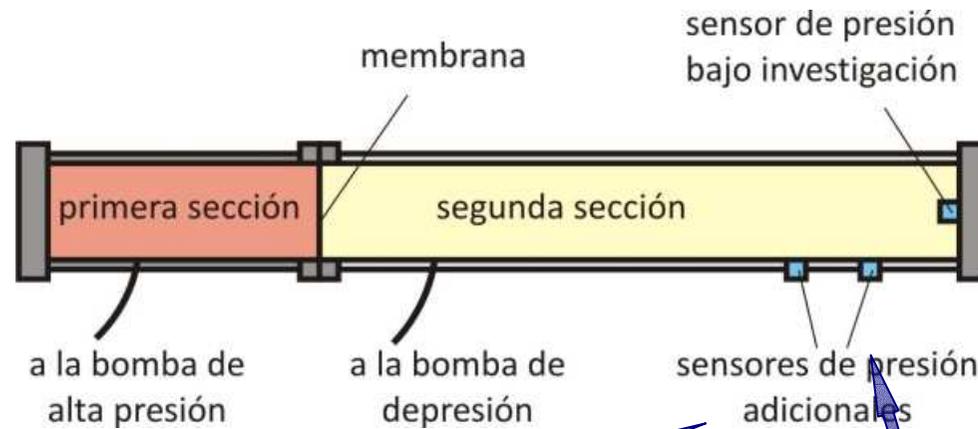


Balanzas de presión

$$P \cdot A = m \cdot g_1$$



Patrones primarios de presión de impacto: tubo de choque

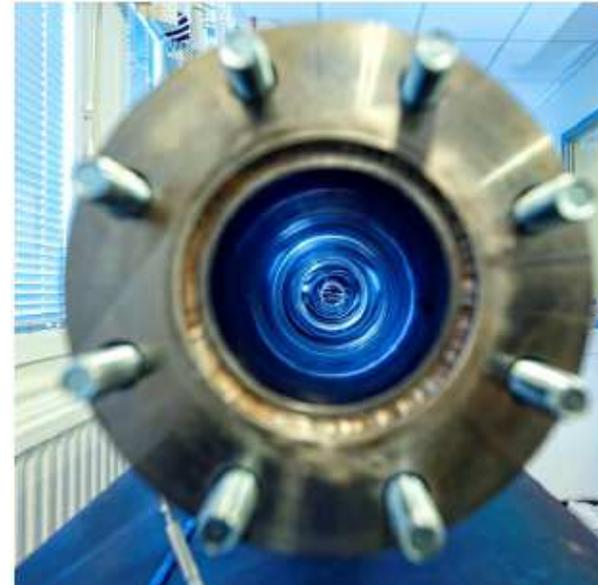
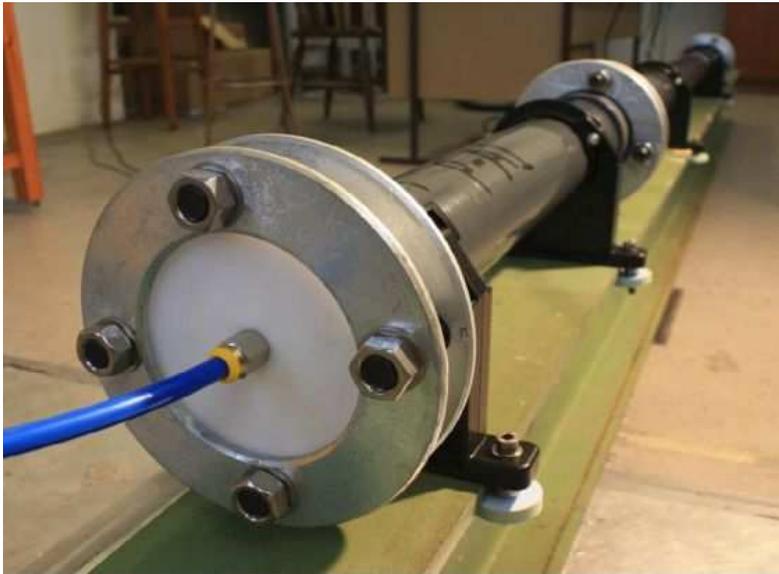


difícil

$$\Delta P = P_i \frac{14(2\mathcal{M}^4 - \mathcal{M}^2 - 1)}{3(\mathcal{M}^2 + 5)}$$

$$\mathcal{M} = \frac{v}{\sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}}$$

Patrones primarios de presión de impacto: tubo de choque

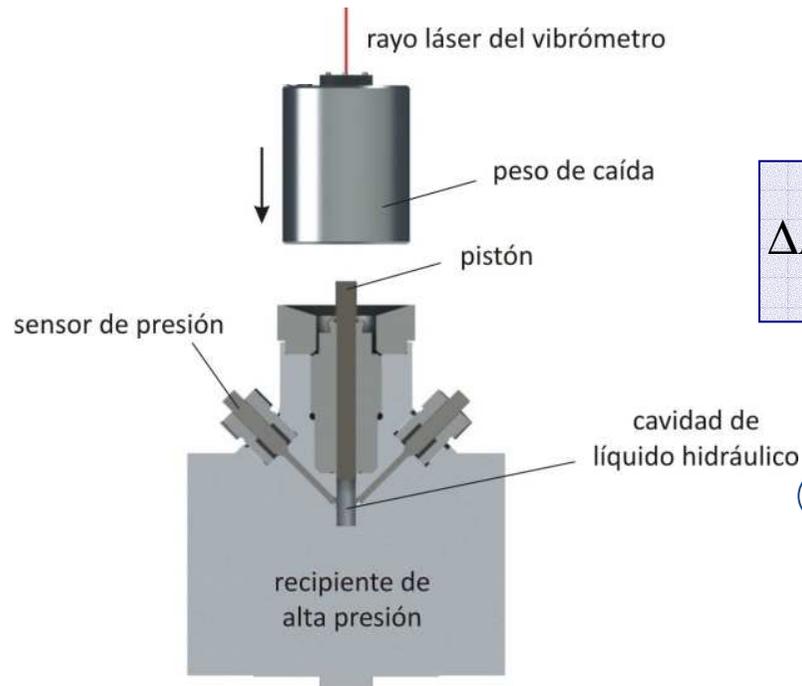


Pulsos de presión del orden de MPa y duración de 1 ns



Patrones primarios de presión de impacto: caída libre

Método 1: medida del desplazamiento del pistón



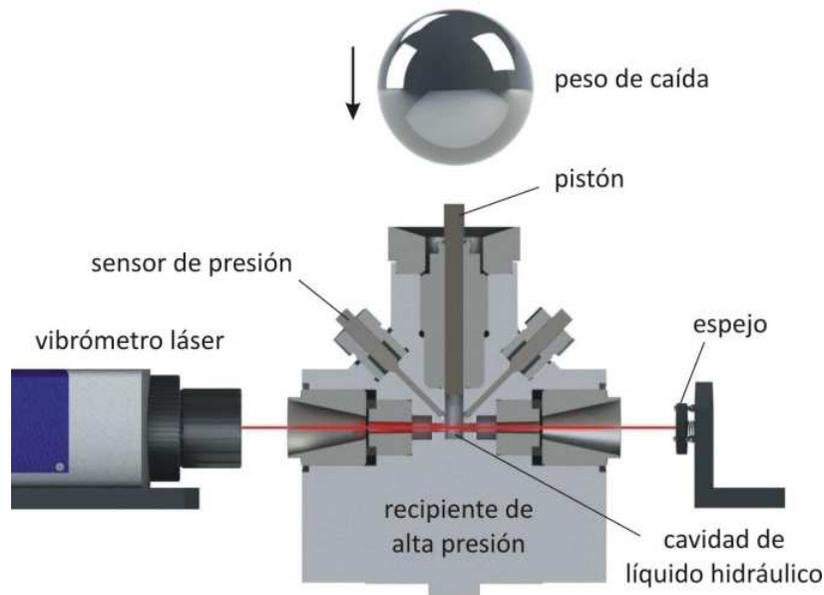
$$\Delta P = -K \ln \left(1 - \frac{A \Delta x}{V_0} \right)$$

difícil



Patrones primarios de presión de impacto: caída libre

Método 2: medida del índice de refracción con trazabilidad a presiones estáticas



$$n^2 = \frac{1 + 2\rho(p,t)\alpha}{1 - \rho(p,t)\alpha}$$

difícil

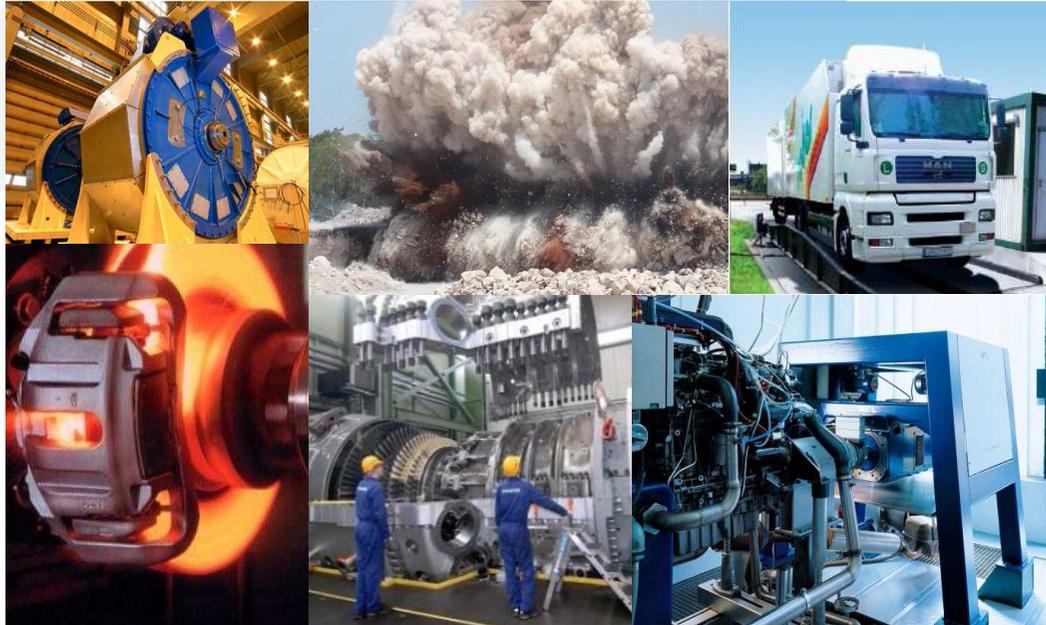
Para ambos métodos:

$$\Delta p_{\max} = \frac{mg_1 h}{A \Delta x_{\max}}$$

y pulsos de milisegundos



Par de torsión



Necesidades de trazabilidad en dinámico Par de Torsión

Ensayos de motores





Necesidades de trazabilidad en dinámico

Par de Torsión

Ensayos de generadores



Ensayos de turbinas



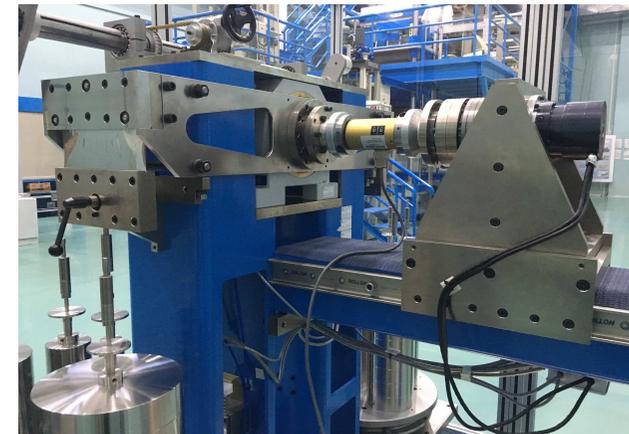


Patrones primarios de par de torsión en estático

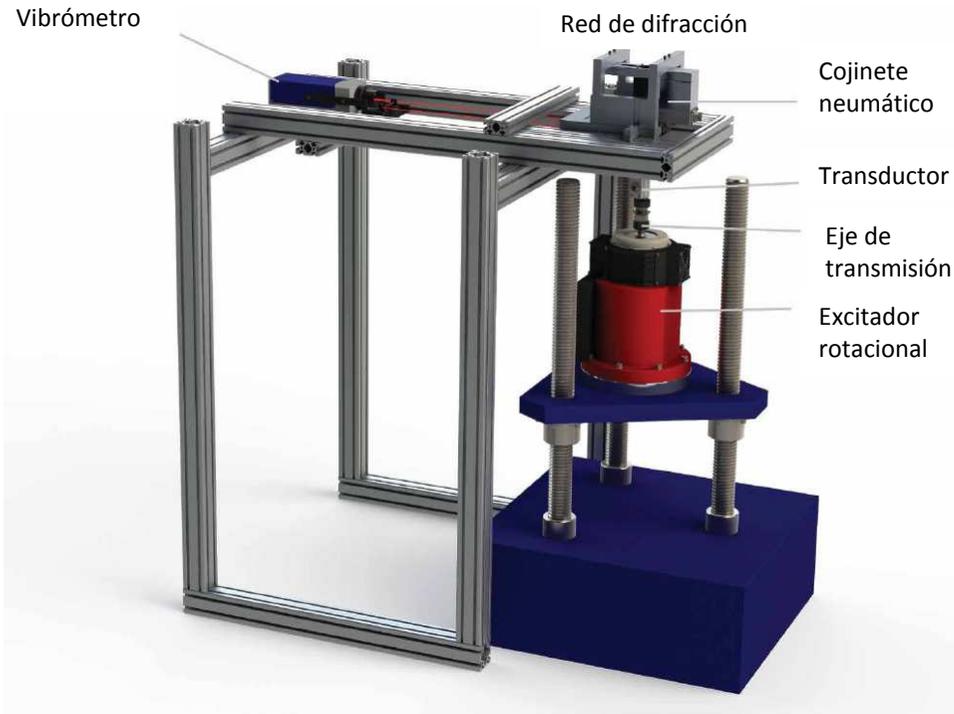


Máquinas de carga directa

$$T = m \cdot g_1 \cdot L$$

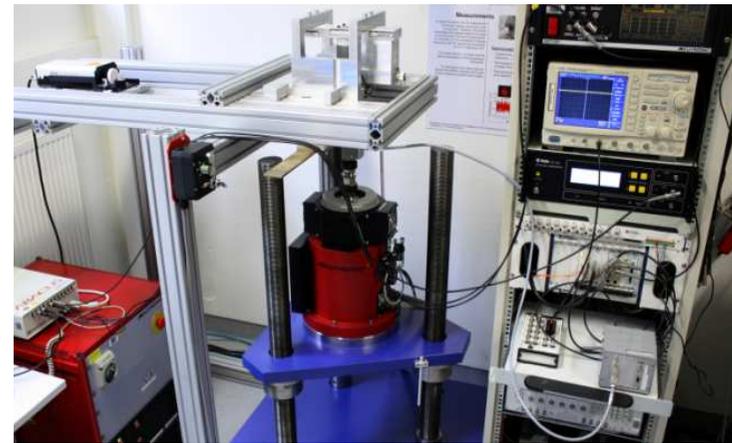


Patrones primarios de par de torsión sinusoidal



$$T = I \frac{d^2 \phi}{dt^2}$$

difícil
(péndulo físico)



Límites: 20 N·m y 500 Hz

Aspectos a considerar en mediciones dinámicas

- Respuesta en frecuencia del acondicionador de señal
- Comportamiento dinámico del sistema patrón-transductor
 - Importancia del montaje
 - Importancia de la composición interna del transductor

Mayores incertidumbres

$\sim 10^{-5}$ (estático) \longleftrightarrow $\sim 10^{-3}$ (dinámico)



Mediciones dinámicas en Europa

Proyecto EMRP IND 09 “Mediciones dinámicas trazables de magnitudes mecánicas” (2011-2014)



CEM



VTT



UME

PTB



NPL



LNE



<http://www.ptb.de/emrp/ind09.html>



Gracias por su atención

