

# Informe de Laboratorio: Vibraciones Mecánicas

## Sección: Forzada Amortiguada

Nombre:

Matrícula:

Grupo:

November 30, 2025

# 1 Vibración forzada-amortiguada

## 1.1 Modelo teórico

El sistema de un grado de libertad sometido a una fuerza armónica con amortiguamiento se modela mediante la ecuación:

$$m \ddot{x}(t) + c \dot{x}(t) + k x(t) = P_m \cos(\omega_f t) \quad (1)$$

La solución en régimen permanente se escribe como:

$$x(t) = X \cos(\omega_f t - \varphi) \quad (2)$$

donde la amplitud de respuesta es:

$$X = \frac{P_m}{\sqrt{(k - m\omega_f^2)^2 + (c\omega_f)^2}} \quad (3)$$

y el desfase entre la fuerza y la respuesta es:

$$\tan \varphi = \frac{2\zeta r}{1 - r^2} \quad \text{con} \quad r = \frac{\omega_f}{\omega_n}, \quad \zeta = \frac{c}{C_{\text{crítico}}} \quad (4)$$

El factor de amplificación se define como:

$$FA = \frac{X}{X_{\text{estático}}} = \frac{1}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2}} \quad (5)$$

La fuerza de excitación debida a la masa excéntrica se calcula como:

$$P_m = M_h r \omega_f^2 \quad (6)$$

donde  $M_h$  es la masa equivalente del orificio,  $r$  es el radio de excentricidad y  $\omega_f$  la velocidad angular de las masas excéntricas.

## 1.2 Descripción del montaje experimental

El montaje corresponde al sistema del banco HVT12 con:

- Viga rígida apoyada en un pivote.
- Resorte lineal con constante elástica  $k = [\dots] \text{ kN/m}$ .
- Motor con masas excéntricas HAC120.
- Sistema de amortiguamiento con discos en configuración: **abierta y cerrada**.
- Sensor LVDT para medir el desplazamiento del extremo de la viga y convertirlo en ángulo de oscilación  $\theta$ .

### 1.3 Procedimiento experimental

1. Configurar el amortiguador en la posición **abierta**.
2. Encender el motor y seleccionar una frecuencia  $f$  cercana a la frecuencia natural  $f_n$  (diferencia máxima de 0.3 Hz).
3. Esperar a que el sistema alcance régimen permanente.
4. Registrar simultáneamente:
  - Señal del LVDT (desplazamiento / ángulo).
  - Señal del sensor de proximidad (referencia de fase).
5. Repetir el procedimiento para al menos tres frecuencias diferentes en configuración **abierta**.
6. Repetir los pasos anteriores para la configuración **cerrada** del amortiguador.
7. Exportar los datos en formato .csv para su análisis.

### 1.4 Procesamiento de datos

1. Convertir las frecuencias forzadas  $f$  a frecuencia angular:

$$\omega_f = 2\pi f \quad (7)$$

2. Calcular la relación de frecuencias:

$$r = \frac{\omega_f}{\omega_n} \quad (8)$$

3. Calcular la fuerza de excitación usando la ecuación (6) con:

$$M_h = 56.16 \text{ g}, \quad r = 45 \text{ mm}$$

4. Obtener el ángulo máximo experimental  $\theta_m^{\exp}$  a partir de la señal del LVDT:

$$\theta_m^{\exp} = \arctan \left( \frac{\delta_{\max}}{d} \right) \quad (9)$$

donde  $\delta_{\max}$  es el desplazamiento máximo y  $d$  la distancia del LVDT al pivote.

5. Calcular la amplitud teórica  $\theta_m^{\text{teo}}$  a partir de la ecuación (3) y la correspondiente relación entre desplazamiento y ángulo.

6. Calcular el factor de amplificación:

$$FA = \frac{\theta_m}{\theta_{\text{estática}}} \quad (10)$$

7. Calcular el desfase teórico usando (4).

8. Calcular el desfase experimental  $\varphi_{\exp}$  usando la diferencia de tiempo  $\Delta t$  entre la señal del LVDT y la del sensor de proximidad:

$$\varphi_{\exp} = - \left( \frac{\Delta t}{T} \right) 2\pi - \frac{\pi}{2} \quad (11)$$

donde  $T$  es el período de la excitación.

## 1.5 Resultados

### Tabla de resultados

Table 1: Resultados experimentales y teóricos para vibración forzada-amortiguada

Caso	$f$ [Hz]	$P_m$ [N]	$\theta_m^{\text{exp}}$ [°]	$\theta_m^{\text{teo}}$ [°]	$FA$	$r = \omega_f/\omega_n$	$\varphi_{\text{teo}}$ [°]	$\varphi_{\text{exp}}$ [°]
Abierta	4.2	0.0667	0.6878	7.1843	0.0062	0.6642	0.0065	-2.3020
Abierta	4.3	0.0683	0.6878	7.1843	0.0060	0.6800	0.0070	-4.5617
Abierta	4.45	0.0707	0.6878	7.1843	0.0058	0.7038	0.0077	-3.4542
Cerrada	4.2	0.0667	0.6878	7.1843	0.0062	0.6642	0.0065	-4.5506
Cerrada	4.3	0.0683	0.6878	7.1843	0.0060	0.6800	0.0070	-4.0398
Cerrada	4.45	0.0707	0.6878	7.1843	0.0058	0.7038	0.0077	-3.3399

### Datos adicionales

Table 2: Datos adicionales del sistema

$\omega_f$	$\omega_n$
26.3894	39.729
27.0177	39.729
27.9602	39.729
26.3894	39.729
27.0177	39.729
27.9602	39.729

### Gráficas

Figure 1: Curvas de factor de amplificación  $FA$  en función de  $\omega_f/\omega_n$  para las configuraciones abierta y cerrada.

## 1.6 Análisis de resultados

- Comparación entre  $\theta_m^{\text{exp}}$  y  $\theta_m^{\text{teo}}$  para cada configuración (abierta/cerrada). Comentar si las diferencias son pequeñas, moderadas o grandes.
- Comportamiento del FA alrededor de la resonancia ( $r \approx 1$ ) y efecto del aumento de amortiguamiento (disminución del pico de resonancia y ensanchamiento de la curva).
- Comparación entre  $\varphi_{\text{teo}}$  y  $\varphi_{\text{exp}}$ : tendencia del desfase desde 0° hasta 180° al aumentar  $r$ .
- Discusión del impacto del amortiguador (abierto vs. cerrado) en:
  - amplitud máxima,
  - posición de la frecuencia de pico,
  - comportamiento del desfase.

Figure 2: Comparación del ángulo de desfase teórico y experimental en función de  $\omega_f/\omega_n$ .

### 1.6.1 Análisis de errores

- Incertidumbre en la medición de la frecuencia  $f$  y su efecto en  $r$ .
- Errores en la calibración del LVDT (sensibilidad, posición inicial).
- Aproximaciones del modelo (linealidad del resorte, amortiguamiento puramente viscoso, etc.).
- Errores al medir  $\Delta t$  para el cálculo del desfase experimental.
- Posibles variaciones en los parámetros físicos ( $M_h$ ,  $r$ , momento de inercia total, etc.).

## 1.7 Conclusiones específicas del experimento