

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 ω_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 θ .

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 θ_m^{\exp} a partir de la señal del LVDT:

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

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

5. Calcular la amplitud teórica θ_m^{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 φ_{\exp} usando la diferencia de tiempo Δt 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]	θ_m^{exp} [°]	θ_m^{teo} [°]	FA	$r = \omega_f/\omega_n$	φ_{teo} [°]	φ_{exp} [°]
Abierta	4.2	1.7599	0.6878	7.1843	1.7895	0.6642	0.3746	-2.3020
Abierta	4.3	1.8447	0.6878	7.1843	1.8603	0.6800	0.3987	-4.5617
Abierta	4.45	1.9757	0.6878	7.1843	1.9813	0.7038	0.4394	-3.4542
Cerrada	4.2	1.7599	0.6878	7.1843	1.7896	0.6642	0.1182	-4.5506
Cerrada	4.3	1.8447	0.6878	7.1843	1.8603	0.6800	0.1258	-4.0398
Cerrada	4.45	1.9757	0.6878	7.1843	1.9814	0.7038	0.1387	-3.3399

Datos adicionales

Table 2: Datos adicionales del sistema

ω_f	ω_n
ζ	
26.3894	39.729
0.00275 (abierta)	
27.0177	39.729
0.00275 (abierta)	
27.9602	39.729
0.00275 (abierta)	
26.3894	39.729
0.00086805 (cerrada)	
27.0177	39.729
0.00086805 (cerrada)	
27.9602	39.729
0.00086805 (cerrada)	

Gráficas

Figure 1: Curvas de factor de amplificación FA en función de ω_f/ω_n para las configuraciones abierta y cerrada.

1.6 Análisis de resultados

- Comparación entre θ_m^{exp} y θ_m^{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).

Figure 2: Comparación del ángulo de desfase teórico y experimental en función de ω_f/ω_n .

- Comparación entre φ_{teo} y φ_{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.

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 Δt 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