

Laboratorio #2: Vibración forzada en sistemas de 1GDL

*Fundamentos de Dinámica Estructural
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática
Universidad del Valle*

Santiago Martínez, Julian D. Calonge y Daniel Gómez PhD

Introducción

Los laboratorios de vibración armónica juegan un papel crucial en la comprensión del comportamiento dinámico de estructuras en el campo de la dinámica experimental. Estos laboratorios se centran en enfoques específicos, como los sistemas de un grado de libertad (1GDL), que son sistemas simples capaces de vibrar en una única dirección.

Dentro de esta práctica de laboratorio, se introduce un software diseñado para simular un ensayo de vibración forzada real. Esta herramienta permite la configuración de experimentos específicos y la obtención de registros que posteriormente pueden ser analizados para extraer las propiedades dinámicas de un sistema.

Objetivo general: Determinar experimentalmente las propiedades dinámicas de estructuras modeladas como sistemas de 1 GDL a través de ensayos de vibración armónica.

Normas para la entrega de informes

- Debe entregar un informe de laboratorio (tipo artículo científico) donde se desarrolle de manera completa y concisa las actividades propuestas. El informe debe tener una adecuada presentación, puntuación y ortografía. El documento debe tener una extensión máxima de 4 páginas.
- Coloque el nombre de los integrantes del grupo, nombre del profesor y el número de laboratorio presentado en el encabezado o portada de todos sus documentos/programas.
- El informe debe entregarse dentro del plazo establecido. No se aceptarán informes una vez que el plazo haya vencido.
- La presencia de errores en la presentación puede resultar en una penalización en la nota obtenida en el laboratorio. Se recomienda revisar y corregir cuidadosamente la redacción del informe.
- Todos los archivos solicitados en el informe, ya sea en formato .m, .doc, .pdf u otros, deben ser colocados en la ubicación especificada en el classroom, correspondiente al laboratorio en cuestión.
- No se recibirán informes de laboratorio ni archivos relacionados que sean enviados por correo electrónico.

Ensayo No. 1: Prueba de vibración armónica mediante herramienta computacional

En esta sección, se llevará a cabo la evaluación de la respuesta dinámica de sistemas de un grado de libertad sujetos a diferentes cargas armónicas utilizando un software que simula un laboratorio real (<https://santiagosandovaluv.github.io/T1/>). Para realizar este análisis, el laboratorio virtual dispone de una interfaz gráfica amigable e intuitiva que facilita al usuario la modelación de diversos sistemas dinámicos de manera rápida y sencilla. A través de este enfoque, se obtienen datos completos de aceleración, velocidad y desplazamientos relativos durante toda la duración del experimento. Estas pruebas posibilitan la representación gráfica del comportamiento de sistemas dinámicos y suministran datos esenciales para llevar a cabo un análisis dinámico que permita caracterizar el sistema de estudio.

Objetivo específico: Caracterizar un sistema dinámico de 1GDL mediante la aplicación de conceptos teóricos de dinámica experimental.

Modelo experimental

Una estructura de un grado de libertad (1GDL) se define como un sistema compuesto por una masa concentrada (m) en la parte superior, sostenida por un elemento estructural de rigidez (k). Además, el sistema tiene la capacidad de disipar energía y, por lo tanto, se caracteriza por un coeficiente de amortiguamiento (c). La Fig. 1 ilustra este concepto.

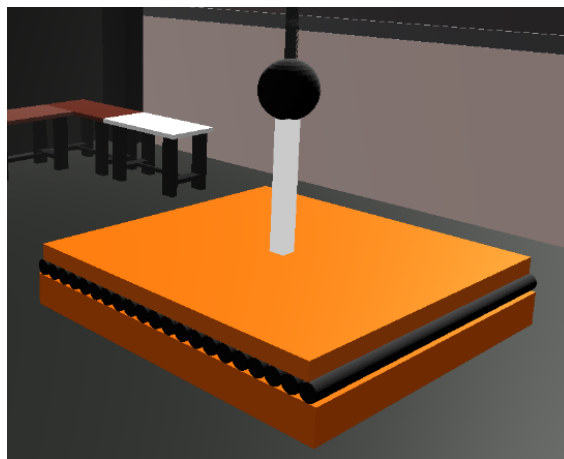


Figura 1: Elemento estructural empotrada en la base y con masa concentrada en el extremo.

Instrumentación

En la parte superior e inferior de la estructura, se deben instalar acelerómetros sísmicos en la dirección del movimiento. La señal registrada por estos acelerómetros se acondiciona y se transmite a través de un cable coaxial hacia un bloque de procesamiento. La señal acondicionada se envía a una tarjeta de adquisición a una frecuencia de muestreo específica. Para medir el desplazamiento relativo, se utiliza un sensor láser ubicado en la masa de la estructura. Esta configuración puede observarse en la Fig. 2.

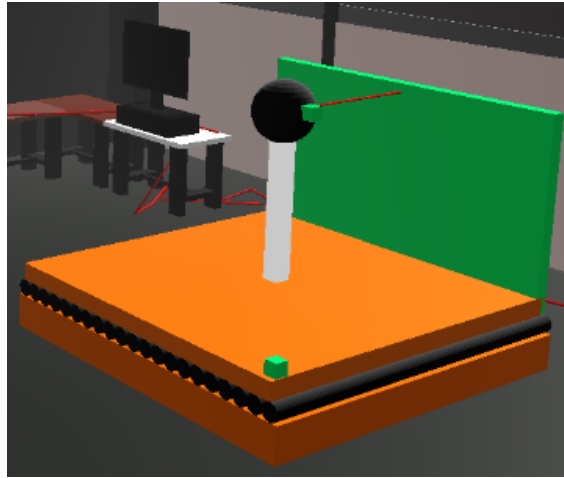


Figura 2: Montaje del ensayo a excitación armónica en la base con sensores.

Procedimiento

El estudiante llevará a cabo la caracterización de un sistema dinámico de 1GDL. Para lograrlo, deberá utilizar un elemento estructural predefinido. Posteriormente, asignará valores iniciales de amplitud, frecuencia angular y duración, lo que generará una condición de vibración armónica en la estructura. Además, el estudiante asignará un rango de frecuencias, duración y amplitud con el objetivo de realizar un barrido de frecuencias. Para medir la respuesta de la estructura, se utilizarán acelerómetros y un sensor de desplazamiento láser. A lo largo del ensayo será posible visualizar la respuesta del sistema en términos de aceleración y desplazamiento.

Junto a este documento se adjuntan dos scripts de Matlab que le permitirán a los estudiantes interactuar y comprender cómo llevar a cabo un análisis en el dominio de la frecuencia. Además, podrán aprender a obtener la función de transferencia de un sistema a partir de un registro de entrada y otro de salida.

Actividades

1. En la sección del software relacionada con la definición de las propiedades del sistema, seleccione un material predefinido de la lista y asigne una masa concentrada de 200 kg. A continuación, elija desplazamiento sinusoidal como entrada al sistema y asigne amplitud ($u_{go} = 0,02 \text{ m}$), y seleccione un valor de frecuencia angular ($\omega [\text{rad/s}]$) y de duración de la simulación ($t [\text{s}]$). Luego, haga clic sobre el botón *Iniciar* y observe la respuesta en aceleración y desplazamiento de la estructura. Tenga en cuenta que el sistema se puede idealizar como una masa concentrada sobre una columna de 1 m de longitud empotrada en la base. Para todos los materiales, la columna tiene una sección transversal cuadrada tubular de 3x3 cm.
 - a) Construya un gráfico aproximado de respuesta en frecuencia utilizando la información de aceleración y desplazamiento medidos en la masa. Determine la frecuencia resonante y el amortiguamiento. Para este punto realice el número de simulaciones que considere necesarias cambiando el valor de la frecuencia de excitación en la base.
 - b) Determine la frecuencia resonante del sistema predefinido utilizando un barrido de frecuencias como entrada del sistema, además obtenga el amortiguamiento y compárelos con los resultados obtenidos en el punto anterior. Para este punto puede utilizar la transformada rápida de Fourier (FFT) o el espectro de densidad de potencia (PSD) para analizar la respuesta en el dominio de la frecuencia.

- c) ¿Qué sucede cuando el sistema se acerca a la frecuencia resonante?.
 - d) ¿Cómo cambia la fase a medida que la frecuencia aumenta y qué implicaciones tiene en la respuesta?.
2. Seleccione uno de los sistemas analizados anteriormente y construya una función de transferencia experimental relacionando la salida con la entrada.
- a) Determine la función de transferencia teórica asociada al modelo experimental representado en las simulaciones y posteriormente realice una comparación gráfica entre la respuesta teórica y experimental. Analice los resultados.
 - b) ¿Qué parámetro tiene más impacto en la respuesta del sistema? Argumente su respuesta.
3. Evaluar la precisión de los resultados y discutir las posibles fuentes de error en la medición y el análisis de datos para ambos experimentos.