

## Guía docente

### 295454 - 295TM121 - Dinámica Estructural e Ingeniería Sísmica

Última modificación: 02/10/2025

**Unidad responsable:** Escuela de Ingeniería de Barcelona Este  
**Unidad que imparte:** 737 - RMEE - Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería.  
**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS MECÁNICAS (Plan 2024). (Asignatura optativa).  
**Curso:** 2025      **Créditos ECTS:** 6.0      **Idiomas:** Castellano

#### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** JOSE RAMON GONZALEZ DRIGO

**Otros:** Primer quadrimestre:  
RODRIGO ESTEBAN ALVA BAÑUELOS - Grup: T1  
JORGE ARTURO ÁVILA HARO - Grup: T1  
JOSE RAMON GONZALEZ DRIGO - Grup: T1

#### CAPACIDADES PREVIAS

---

Capacidad para el diseño de algoritmos para la resolución de problemas fundamentales de cálculo matemático y del álgebra matricial.  
Capacidad para implementar algoritmos matemáticos en lenguaje Python y, complementariamente, utilizando una plataforma Matlab.

#### RESULTADOS DE APRENDIZAJE

---

##### Conocimientos:

K.01. Interpretar críticamente los principios físicos que gobiernan el comportamiento de sistemas y aplicaciones avanzadas en los ámbitos de diseño mecánico, procesos de fabricación, resistencia de materiales, mecánica de fluidos, termodinámica y transferencia de calor.  
K.05. Identificar tecnologías emergentes (tanto del ámbito mecánico como en el de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación) aplicables en el desarrollo de proyectos mecánicos.  
K.02. Identificar las ecuaciones fundamentales que gobiernan los fenómenos físicos asociados a problemas complejos en el ámbito de la ingeniería mecánica.  
K.07. Definir modelos analíticos, experimentales y/o computacionales apropiados para el estudio de problemas relevantes en el ámbito de la ingeniería mecánica.

##### Habilidades:

S.02. Aplicar correctamente las técnicas analíticas, computacionales y/o experimentales que mejor se adecúen al análisis de un caso o proyecto en el ámbito mecánico.  
S.08. Integrar conocimientos de diferentes áreas del ámbito mecánico en el diseño y desarrollo de proyectos, sistemas y soluciones de ingeniería.  
S.03. Aplicar el uso de técnicas avanzadas de simulación numérica y prototipado virtual en la solución de problemas mecánicos complejos.  
S.01. Aplicar de forma global las técnicas experimentales, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y otros trabajos análogos en el desarrollo de proyectos de ingeniería mecánica, así como de las especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento en cada etapa del proceso.

#### Competencias:

C.03. Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito mecánico, y valorar de forma crítica los resultados de esta gestión.

C.02. Trabajar como miembro de un equipo interdisciplinario, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con el fin de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

C.04. Asegurar, en el contexto de su competencia profesional, el cumplimiento de normas éticas, directrices profesionales y legislación vigente en el ámbito del respeto a los derechos fundamentales, considerando la reducción de las desigualdades, la perspectiva de género y los principios de accesibilidad, inclusión y no discriminación en el diseño de soluciones técnicas y en la gestión de proyectos y equipos de trabajo.

C.05. Plantear soluciones científicas y tecnológicas avanzadas a retos industriales complejos en el ámbito de la ingeniería mecánica.

### METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura utiliza la metodología expositiva (aprox. 65%) y el trabajo práctico, individual y en grupos, desarrollado en aulas de informática (aprox. 35%)

Clases magistrales de teoría y resolución de problemas.

Clases prácticas en aula informática (Python, Matlab, otros).

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

La asignatura presenta los fundamentos teóricos y la aplicación práctica de distintos métodos convencionales de cálculo dinámico de estructuras. Un objetivo de la asignatura es establecer los criterios y desarrollar competencia, capacidad y habilidades que permitan modelizar, calcular y, en consecuencia, analizar el comportamiento dinámico de estructuras convencionales. También se pretende como objetivo desarrollar habilidades y capacidad para verificar, atendiendo a un código sismorresistente concreto, los requerimientos de resistencia y función exigibles a diferentes estructuras.

1. Introducción a los conceptos básicos de la sismología y del cálculo dinámico de estructuras.
2. Adquirir un vocabulario básico a la vez que específico del área de la sismología y del análisis dinámico de estructuras.
3. Capacidad para leer, interpretar correctamente y comprender textos, figuras y tablas incluidos en la literatura científico-técnica relacionada con la sismología básica y el análisis dinámico de estructuras.
4. Capacidad para una correcta y eficaz expresión oral, o escrita, sobre cuestiones pertenecientes al ámbito del análisis dinámico de estructuras en la Ingeniería.
5. Comprensión de los mecanismos de respuesta dinámica de estructuras de un grado de libertad con y sin amortiguación.
6. Aproximación y conocimiento del conjunto de técnicas y procedimientos utilizados en el análisis dinámico de estructuras de n grados de libertad con y sin amortiguación.
7. Desarrollo de capacidades para verificar el cumplimiento de la Norma Sismorresistente en el caso de estructuras de n grados de libertad.
8. Capacidad para manejar software sobre cálculo dinámico lineal de estructuras.
9. Adquirir conocimientos de la bibliografía básica y capacidad para realizar búsquedas bibliográficas relacionadas con el cálculo dinámico de estructuras.
10. Adquirir conocimientos sobre fuentes de información relativas a administraciones públicas o privadas y relacionadas con la sismología y el análisis dinámico de estructuras.
11. Capacidad para desarrollar programas relacionados con el temario de la asignatura.
12. Adquirir habilidades para el aprendizaje autónomo.

### HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	108,0	72.00
Horas grupo grande	21,0	14.00
Horas grupo pequeño	21,0	14.00

**Dedicación total:** 150 h

## CONTENIDOS

### Tema 1. Elementos de sismología

**Descripción:**

Introducción. Estructura interna de la tierra. Tectónica de placas. Terremotos y zonas sísmicas. Mecanismos de los terremotos tectónicos. Ondas sísmicas. Registro de ondas sísmicas. Atenuación sísmica. Potencial destructivo de los terremotos. Escalas sísmicas. Peligro sísmico, vulnerabilidad y riesgo.

**Objetivos específicos:**

Conocer la estructura interna de la tierra. Relacionar la dinámica cortical con la generación de terremotos tectónicos. Conocer otras causas naturales de los terremotos. Conocer los tipos de ondas transmitidos durante un terremoto. Conocer la estructura y funcionamiento de una red sísmica. Distinguir escalas de intensidad y escalas de magnitud. Conocer la escala de Richter. Conocer la Escala Macrosísmica Europea. Conocer las relaciones entre intensidad, distancia y magnitud. Conocer las definiciones de peligro sísmico, vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico. Relacionar correctamente las definiciones anteriores. Conocer los fundamentos teóricos del análisis de Fourier. Conocer la integral de Duhamel y ser capaz de diseñar un algoritmo numérico para su cálculo. Capacidad para realizar un análisis modal. En general, capacidad para desarrollar programas de cálculo relacionados con el temario de la asignatura. Conocer la normativa de construcción sismorresistente.

**Dedicación:** 3h

Grupo grande/Teoría: 3h

### Tema 2. Sistemas de 1 grado de libertad sin amortiguación.

**Descripción:**

Sistemas vibratorios. Grados de libertad. Sistemas no amortiguados. Asociación de rigideces en serie y paralelo. Ecuación diferencial del movimiento. Solución y condiciones iniciales. La frecuencia propia del sistema. Amplitud, frecuencia y período.

**Dedicación:** 1h

Grupo grande/Teoría: 1h

### Tema 3. Sistemas amortiguados de 1 grado de libertad

**Descripción:**

Sistemas amortiguados de 1 grado de libertad. Mecanismos de disipación de energía y modelos de amortiguación viscosa. Ecuación diferencial del movimiento. Tres situaciones de amortiguación. La amortiguación crítica. Los sistemas subamortiguados y sobreamortiguados. Determinación experimental de la amortiguación utilizando la técnica del decremento logarítmico.

**Objetivos específicos:**

Conocer la resolución de la ecuación diferencial del movimiento para tres situaciones de amortiguación (crítica, subamortiguado y sobreamortiguado). Ser capaz de calcular la amortiguación de un sistema a partir de la técnica del decremento logarítmico.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

#### Tema 4. Respuesta a excitaciones armónicas

**Descripción:**

Respuesta de sistemas con un grado de libertad a excitaciones armónicas. Excitación armónica de sistemas de un grado de libertad sin amortiguación. Excitación armónica de sistemas de un grado de libertad con amortiguación. Determinación de la amortiguación en la condición de resonancia. Determinación de la amortiguación por el método del ancho de banda. Respuesta al movimiento de la base o soporte. Cortante transmitido al cimiento. Instrumentación sísmica.

**Objetivos específicos:**

Capacidad para deducir y resolver la ecuación diferencial de la respuesta de sistemas con un grado de libertad sometidos a excitaciones armónicas (para sistemas de un grado de libertad sin amortiguación y para sistemas de un grado de libertad con amortiguación). Capacidad para determinar la amortiguación de un sistema de un grado de libertad en la condición de resonancia. Capacidad para calcular la amortiguación utilizando el método del ancho de banda. Calcular la respuesta al movimiento de la base o soporte a partir del planteamiento de la ecuación diferencial correspondiente. Calcular el cortante transmitido al cimiento. Conocer el funcionamiento básico de la instrumentación sísmica. Reconocer la importancia de la respuesta instrumental en la medida de la acción sísmica.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

#### Tema 5. Excitaciones dinámicas generales

**Descripción:**

Respuesta a excitaciones dinámicas generales. El impulso y la integral de Duhamel. Ejemplo de cálculo con fuerza constante. Ejemplo de cálculo con fuerza rectangular. Ejemplo de cálculo con fuerza triangular. Cálculo numérico de la integral de Duhamel con sistemas sin amortiguación y con sistemas con amortiguación.

**Objetivos específicos:**

Identificar posibles excitaciones dinámicas generales. Conocer la deducción de la integral de Duhamel a partir del impulso diferencial de una excitación general. Capacidad para calcular la respuesta a tres excitaciones concretas utilizando la integral de Duhamel (Cálculo con fuerza constante, cálculo con fuerza rectangular y cálculo con fuerza triangular). Ser capaz de desarrollar el algoritmo necesario para calcular numéricamente la integral de Duhamel para sistemas sin amortiguación y para sistemas con amortiguación.

**Dedicación:** 3h

Grupo grande/Teoría: 3h

#### Tema 6. Análisis de Fourier

**Descripción:**

Análisis de Fourier y respuesta en el dominio de las frecuencias. Análisis de Fourier. Respuesta a excitaciones representadas por sus series de Fourier. Coeficientes de Fourier para funciones de segmentos lineales. Forma exponencial de la serie de Fourier. Análisis discreto de Fourier. Transformada rápida de Fourier (FFT).

**Objetivos específicos:**

Identificar la familia de armónicos como base de funciones para representar funciones periódicas. Comprender que la respuesta a una función periódica es la combinación lineal de respuestas a las funciones armónicas componentes calculadas previamente en un análisis de Fourier. Ser capaz de desarrollar un análisis de Fourier y obtener la correspondiente respuesta en el dominio de las frecuencias. Conocer la respuesta a excitaciones representadas por sus series de Fourier. Identificar y conocer la necesidad de coeficientes de Fourier para funciones de segmentos lineales construidas a partir de medidas discretas. Conocer el desarrollo de la forma exponencial de la serie de Fourier. Conocer el procedimiento a seguir para aplicar el análisis discreto de Fourier. Describir las bases de la transformada rápida de Fourier (FFT).

**Dedicación:** 3h

Grupo grande/Teoría: 3h

### Tema 7. Método de Rayleigh

**Descripción:**

Método de Rayleigh. Coordenadas generalizadas y el principio de los trabajos virtuales. Sistemas generalizados de un grado de libertad- sólidos rígidos y sólidos con elasticidad distribuida. Método de Rayleigh. Método modificado de Rayleigh. Muros estructurales.

**Objetivos específicos:**

Ser capaz de exponer el método de Rayleigh a partir del principio de los trabajos virtuales. Describir sistemas generalizados de un grado de libertad- sólidos rígidos y sólidos con elasticidad distribuida.

**Dedicación:** 1h

Grupo grande/Teoría: 1h

### Tema 8. Respuesta no lineal

**Descripción:**

Respuesta estructural no lineal. No linealidad geométrica y no linealidad material. Modelo no lineal con un grado de libertad. Integración de la ecuación no lineal del movimiento. Método paso a paso. Aceleración lineal. Comportamiento elastoplástico. Algoritmo para solucionar sistemas elastoplásticos.

**Objetivos específicos:**

Identificar el comportamiento estructural no lineal y capacidad para diferenciar la no linealidad geométrica y la no linealidad material. Conocer la integración de la ecuación no lineal del movimiento. Conocer el algoritmo del método paso a paso.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Tema 9. Espectros sísmicos

**Descripción:**

Respuesta espectral. Definición y construcción de la respuesta espectral. Respuesta espectral para el movimiento de la base. Relaciones espectrales. Respuesta espectral tripartita. Diseño elástico y respuesta espectral. Respuesta espectral para sistemas no elásticos. Respuesta espectral para diseño no elástico.

**Objetivos específicos:**

Definir e interpretar correctamente la respuesta espectral. Ser capaz de construir la respuesta espectral. Ser capaz de construir la respuesta espectral para el movimiento de la base. Deducir las relaciones espectrales. Conocer los diagramas de respuesta espectral tripartita. Conocer la respuesta espectral para sistemas no elásticos.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Tema 10. Sistemas de $n$ grados de libertad. Modelización de edificios simples. Vibración libre.

**Descripción:**

Estructuras modeladas como edificios simples. El edificio simple. Ecuaciones de rigidez. Vibración libre de un edificio simple. Frecuencias naturales y modos normales. Propiedad de ortogonalidad de los modos normales.

**Objetivos específicos:**

Conocer la definición de edificios de cortante. Ser capaz de modelar edificios de cortante. Deducir las ecuaciones de rigidez de un edificio de cortante. Ser capaz de definir y construir correctamente las matrices de masas y la matriz de rigidez de un edificio de cortante. Capacidad para analizar la vibración libre de un edificio simple y calcular las frecuencias naturales y los modos normales. Reconocer el problema como un problema algebraico de valores característicos. Conocer y deducir la propiedad de ortogonalidad de los modos normales de un edificio de cortante.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Tema 11. Movimiento forzado del edificio simple

**Descripción:**

Movimiento forzado de los edificios simples Método de superposición modal. Respuesta al movimiento de la base.

**Objetivos específicos:**

Conocer la definición del movimiento forzado de los edificios simples. Capacidad para calcular la respuesta en base al método de superposición modal. Capacidad para calcular la respuesta al movimiento de la base.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Tema 12. Movimiento amortiguado del edificio simple

**Descripción:**

Movimiento amortiguado de edificios simples. Ecuaciones para un edificio simple con amortiguación. Ecuaciones desacopladas con amortiguación. Condiciones para desacoplar las ecuaciones de un sistema con amortiguación.

**Objetivos específicos:**

Descripción, planteamiento y resolución de las ecuaciones para un edificio simple con amortiguación. Conocer las condiciones para desacoplar las ecuaciones de un sistema con amortiguación.

**Dedicación:** 1h

Grupo grande/Teoría: 1h

### Tema 13. Reducción de sistemas

**Descripción:**

Reducción de matrices dinámicas. Condensación estática. Aplicación a problemas dinámicos. Condensación dinámica.

**Objetivos específicos:**

Capacidad para formular la reducción de matrices dinámicas. Construcción de la condensación estática. Conocer y describir su aplicación a problemas dinámicos. Formulación de la condensación dinámica.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

#### Tema 14. Vibraciones aleatorias

**Descripción:**

Descripción estadística de una función aleatoria. Distribución normal. Distribución de Rayleigh. Correlación. Transformación de Fourier. Análisis espectral. Función de densidad espectral. Procesos aleatorios de banda estrecha y ancha. Respuesta a excitaciones aleatorias.

**Objetivos específicos:**

Capacidad para procesar funciones aleatorias.

**Dedicación:** 1h

Grupo grande/Teoría: 1h

#### Tema 15. La norma sismorresistente

**Descripción:**

La norma sismorresistente. Peligrosidad sísmica. El terreno. Aceleración de cálculo. Espectros normalizados. Cálculo de espectros en una localización concreta. Ejemplo de cálculo de espectros. Métodos de cálculo de respuesta estructural. Ejemplos de aplicación.

**Objetivos específicos:**

Conocimiento básico de la norma sismorresistente y el Eurocódigo. Identificación de los parámetros más relevantes. Capacidad para describir la peligrosidad sísmica tal y como lo realiza la norma. Describir la fórmula para obtener la aceleración de cálculo a partir de la aceleración básica. Comprender los efectos del terreno y el parámetro que los cuantifica. Calcular espectros normalizados a partir de parámetros locales. Cálculo de espectros en una localización concreta. Conocer los métodos de cálculo dinámico recogidos en la norma. Capacidad para aplicar el método simplificado a un cálculo de una estructura convencional.

**Dedicación:** 3h

Grupo grande/Teoría: 3h

## ACTIVIDADES

#### Práctica 1. Sistemas de un grado de libertad.

**Descripción:**

Sistemas de un grado de libertad en vibración libre. Frecuencia propia. Pórticos. Sistemas de un grado de libertad excitados. Respuesta transitoria y respuesta permanente. Resonancia. Amplificación dinámica. Transmisibilidad.

**Material:**

Lenguaje Python y plataforma Matlab.

**Entregable:**

Redacción de códigos (comentados) y aplicación a ejercicios.

**Dedicación:** 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

### Práctica 2. Análisis de Fourier

**Descripción:**

Programación para cálculo de espectros de Fourier y densidades espectrales de potencia.

**Material:**

Lenguaje Python y plataforma Matlab.

**Entregable:**

Redacción de códigos (comentados) y aplicación a ejercicios.

**Dedicación:** 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

### Práctica 3. Espectros sísmicos

**Descripción:**

Bases de datos sísmicas. Selección y preprocesado de acelerogramas. Corrección de línea base, interpolación y extrapolación. Intensidad de Arias. Cálculo de espectros sísmicos correspondientes a acelerogramas específicos.

**Material:**

Lenguaje Python y plataforma Matlab.

**Entregable:**

Redacción de códigos (comentados) y aplicación a ejercicios.

**Dedicación:** 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

### Práctica 4. Análisis dinámico

**Descripción:**

Análisis dinámico de estructuras. Integral de Duhamel. Métodos numéricos de análisis.

**Material:**

Lenguaje Python y plataforma Matlab.

**Entregable:**

Redacción de códigos comentados y aplicación a ejercicios.

**Dedicación:** 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

### Práctica 5. Edificio simple

**Descripción:**

Movimiento amortiguado del edificio simple. Resolución de ecuaciones del movimiento.

**Material:**

Lenguaje Python y plataforma Matlab.

**Entregable:**

Redacción de códigos (comentados) y aplicación a ejercicios.

**Dedicación:** 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h



## Práctica 6. Aplicación de norma sismorresistente

**Descripción:**

Cálculo del desempeño estructural utilizando metodologías simplificadas de la norma sismorresistente.

**Material:**

Lenguaje Python y plataforma Matlab.

**Entregable:**

Redacción de códigos (comentados) y aplicación a ejercicios.

**Dedicación:** 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Evaluación parcial 1 (15%)

Evaluación Parcial 2 (15%)

Prácticas (40%)

Examen Final (30%)

## BIBLIOGRAFÍA

**Básica:**

- Paz, Mario. Dinámica estructural : teoría y cálculo [en línea]. Barcelona: Reverté, 1992 [Consulta: 18/09/2024]. Disponible a: [https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=13018](https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=13018). ISBN 8429191011.
- Clough, Ray W.; Penzien, Joseph. Dynamics of structures. New York [etc.]: McGraw-Hill, 1993. ISBN 0071132414.
- Chopra, Anil K.. Dynamics of structures : theory and applications to earthquake engineering. Upper Saddle River, N. J: Prentice Hall, 2012. ISBN 9780132858038.
- Chapra, Stephen C. Métodos numéricos con Matlab para ingenieros y científicos. Quinta edición. Ciudad de México: Mc Graw-Hill, 2023. ISBN 9781456294946.
- Barbat, Álex H.; Miquel Canet, Juan. Estructuras sometidas a acciones sísmicas : cálculo por ordenador. 2a ed. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1994. ISBN 8487867103.