

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 07/03/2023

## Análisis Numérico Aplicado a la Ingeniería (M97/56/2/11)

**Máster**

Máster Universitario en Rehabilitación Arquitectónica

**MÓDULO**

Módulo III. Análisis Estructural en Rehabilitación

**RAMA**

Ingeniería y Arquitectura

**CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Primero

**Créditos**

3

**Tipo**

Obligatorio

**Tipo de enseñanza**

Presencial

### PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Habilidad en el cálculo matricial y en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales.

Habilidad en el cálculo diferencial e integral básico.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

Ecuaciones diferenciales ordinarias. Aplicación a problemas de enfriamiento de edificios y al movimiento vibratorio.

Resolución mediante el Método de Elementos Finitos de problemas unidimensionales. Programación. Aplicaciones a la Edificación.

Introducción al Método de Elementos Finitos para problemas con ecuaciones en derivadas parciales. Aplicaciones a la Edificación.

### COMPETENCIAS

#### COMPETENCIAS BÁSICAS



- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos y de resolución de problemas en el área de estudio, identificando, formulando y resolviendo problemas relacionados con la rehabilitación arquitectónica.
- CG06 - Obtener de forma autónoma, eficiente y crítica información relevante, integrando los datos provenientes de la misma mediante resúmenes, tablas y gráficos, elaborando informes y formulando las conclusiones oportunas.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE17 - Capacidad para abordar y resolver problemas matemáticos avanzados en la rehabilitación de edificios, desde el planteamiento del problema hasta el desarrollo de la formulación y su implementación en un programa de ordenador
- CE18 - Capacidad para formular, programar y aplicar modelos analíticos y numéricos avanzados de cálculo, proyecto, planificación y gestión, así como capacidad para la interpretación de los resultados obtenidos

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

Al finalizar esta asignatura el estudiante deberá:

- Saber diferenciar las ecuaciones diferenciales ordinarias de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.
- Conocer el método de resolución de las EDO's lineales de orden 2.
- Comprender el proceso de obtención de formulación variacional de los problemas de contorno unidimensionales, su relación con el problema original y su discretización en un espacio de elementos finitos.
- Entender el concepto de elemento finito unidimensional.
- Identificar qué espacio de elementos finitos es más apropiado utilizar en un problema de contorno determinado.
- Calcular las funciones de base de un espacio de elementos finitos.
- Obtener la matriz de rigidez de un problema mediante el proceso de ensamblaje.
- Desarrollar una programación avanzada de los correspondientes modelos analíticos y



numéricos para resolver problemas unidimensionales aplicando el método de los elementos finitos: programación de la base y del proceso de ensamblaje.

- Conocer los conceptos básicos del campo de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.
- Conocer las ecuaciones del calor, de ondas y de Laplace.
- Comprender el proceso de obtención de formulación variacional de los problemas de contorno elípticos bidimensionales.
- Entender el concepto de elemento finito bidimensional.
- Programar en un lenguaje de alto nivel los correspondientes modelos analíticos y numéricos para resolver problemas de dos variables aplicando el método de los elementos finitos: programación de la base y del proceso de ensamblaje.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

Tema 1: Ecuaciones diferenciales ordinarias. Aplicación a problemas de enfriamiento de edificios y al movimiento vibratorio.

- Resolución de ecuaciones lineales de primer orden.
- Conceptos básicos de EDO lineales de segundo orden: ecuación homogénea, ecuación completa, ecuación característica, conjunto fundamental de soluciones.
- Resolución del caso homogéneo.
- Resolución del caso no homogéneo: Método de variación de parámetros.
- Aplicaciones de las EDO lineales de orden 1 y 2 a problemas de enfriamiento de edificios y al movimiento vibratorio.

Tema 2: Resolución mediante el Método de Elementos Finitos de problemas unidimensionales. Programación. Aplicaciones a la Edificación.

- Formulación variacional de los problemas de contorno unidimensionales.
- Relación con el problema original.
- Discretización en un espacio de elementos finitos unidimensionales.
- Funciones de base de un espacio de elementos finitos.
- Matriz de rigidez.
- Proceso de ensamblaje.
- Aplicaciones al problema del cable y de la viga.

Tema 3: Introducción al Método de Elementos Finitos para problemas con ecuaciones en derivadas parciales. Aplicaciones a la Edificación.

- Conceptos básicos sobre ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.
- Ecuaciones del calor, de ondas y de Laplace.
- Formulación variacional de los problemas de contorno elípticos bidimensionales.
- Elementos finitos bidimensionales.
- Matriz de rigidez.
- Proceso de ensamblaje.
- Aplicaciones a problemas de placas.

### PRÁCTICO



Práctica 1: Introducción. Ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de orden 1. Enfriamiento de edificios.

Práctica 2: Ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de orden 2. Movimiento vibratorio.

Práctica 3: Programación del Método de Elementos Finitos para problemas unidimensionales. Problema del cable y de la viga.

Práctica 4: Programación del Método de Elementos Finitos para problemas bidimensionales. Problemas de placas.

Nota: Para la realización de las prácticas con ordenador se utilizará software matemático de cálculo numérico y/o simbólico a elección del profesorado.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- W. E. Boyce, R. C. Di Prima, Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems, 9ª edición, Hoboken, NJ: Wiley, 2010.
- C. Henry Edwards y David E. Penney, Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera, Cómputo y modelado, 4ª edición, México: Pearson, 2008.
- D. V. Hutton, Fundamentals of Finite Element Analysis, Boston: McGraw-Hill, 2004.
- R. K. Nagle, E.B. Saff, E. B. A.D. Snider, Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera, 4ª edición, México: Pearson, 2005.
- G. F. Simmons, Ecuaciones diferenciales. Con aplicaciones y notas históricas, Madrid: McGraw-Hill, 2002.
- D. G. Zill, Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado, 10ª edición, México, D.F.: Cengage Learning, 2015.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- S. Brenner, R. Scott, The mathematical theory of Finite Element Methods, 3ª edición. 2008, New York, NY: Springer.
- R. Burden y J. Faires, Análisis numérico, 9ª ed. México: Thomson-Learning, 2011.
- R. Haberman, Ecuaciones en derivadas parciales con series de Fourier y problemas de contorno, 3ª edición, Madrid: Prentice-Hall, 2003.
- P. Solin, Partial Differential Equations and the Finite Element Method, Hoboken, New Jersey: Wiley-Interscience, 2006.
- R. J. LeVeque, Finite difference methods for ordinary and partial differential



equations: steady-state and time-dependent problems, Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2007.

## ENLACES RECOMENDADOS

- Web del Departamento de Matemática Aplicada: [www.ugr.es/~mateapli/](http://www.ugr.es/~mateapli/)
- Web de la ETSIE: <http://etsie.ugr.es/>
- PRADO: <http://prado.ugr.es/>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Clases de teoría: En ella se exponen los contenidos desde una perspectiva general, ordenados sistemáticamente, aunque se hace imprescindible la participación por parte del alumnado, ya que es cuando él deberá reflexionar, recordar, preguntar, criticar y participar activamente en su desarrollo, produciéndose un diálogo que permita a docente y discente adquirir confianza en el trabajo que se está desarrollando. Se recomienda al alumno tomar sus propios apuntes, las anotaciones que crea oportunas (aclaraciones, ejemplos, puntualizaciones, etc.) que unidos a los apuntes facilitados por el profesor completarán el material docente.
- MD02 Clases de prácticas: # Prácticas usando aplicaciones informáticas: en las que los alumnos trabajando por grupos y tutelados por el profesor, aplican los conocimientos teóricos y prácticos para resolver problemas de aplicación con la ayuda del ordenador. Se favorecerá, por un lado, el trabajo autónomo del alumno, propiciando un aprendizaje independiente y crítico, y por otro lado, se propondrán trabajos en grupo en los que se desarrollen las capacidades transversales. # Prácticas en laboratorio: Se pretende por un lado mostrar aplicaciones prácticas de los contenidos explicados en las clases de teoría y de problemas, así como fomentar habilidades en el análisis de situaciones prácticas, destreza en el empleo de herramientas necesarias para la materia, análisis de datos experimentales y presentación de resultados. En estas clases se pretende analizar situaciones prácticas relacionadas con el campo de la rehabilitación arquitectónica.
- MD03 Clases de problemas: se promoverán principalmente clases en las que los alumnos individualmente expongan a sus compañeros la resolución de problemas propuestos con anterioridad y seminarios en los que grupos reducidos de alumnos tutelados por el profesor, estudien y presenten al resto de compañeros problemas o prácticas aplicadas a la Ingeniería de Edificación. De este modo, se propicia un ambiente participativo de discusión y debate crítico por parte del alumnado, tanto del que expone como del que atiende a la explicación.
- MD04 Aprendizaje autónomo: Es el estudio por parte del alumno de los contenidos de los diferentes temas explicados en las clases teóricas y en las clases prácticas.
- MD05 Trabajo autónomo del alumnado: Aplicación de los contenidos de los diferentes temas, en la resolución de problemas y análisis de cuestiones teórico-prácticas, trabajos correspondientes a las prácticas de laboratorio y, en su caso, realización de pequeños trabajos de investigación. así como el trabajo realizado en la aplicación de los sistemas de evaluación. Por otra parte se plantean prácticas de conjunto o proyectos a desarrollar en taller, en las que el alumno desarrolle y relacione los distintos contenidos aprendidos tanto en las clases de teoría como en las de problemas y en la resolución de prácticas.
- MD06 Tutorías: En ellas se, aclararán u orientarán de forma individualizada o por grupos reducidos, los contenidos teóricos y/o prácticos a desarrollar en las diferentes actividades formativas descritas anteriormente.



## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

Atendiendo a la [Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada](#), para esta asignatura se propone tanto una **evaluación continua** como otra **única final** (véase apartado siguiente). Tanto para la evaluación continua como para la evaluación única final, todos los aspectos relativos a la evaluación se regirán por las normativas vigentes de la Universidad de Granada, que pueden consultarse en el mencionado enlace.

La **evaluación** será preferentemente **continua**. Se valorarán las siguientes actividades:

- Asistencia al menos al 80% de las clases (0.5 puntos).
- Un único examen de teoría y problemas (sobre 2.5 puntos) que será fechado durante los primeros días de impartición de la asignatura.
- Trabajos prácticos de resolución de problemas (sobre 7 puntos), que los profesores irán suministrando a los alumnos a lo largo del desarrollo de la asignatura.

Aquellos estudiantes cuya suma de las calificaciones anteriores sea igual o superior a 5 puntos habrán aprobado la asignatura.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

En esta asignatura, la convocatoria extraordinaria se regirá por las mismas normas de la evaluación única final.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Aquellos estudiantes que no puedan cumplir con el método de evaluación continua por alguna causa debidamente justificada y contemplada en la Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada, podrán acogerse a la evaluación única final. Deberán solicitarlo en el plazo y en la forma establecidos acreditando los motivos por los que no pueden acogerse al sistema de evaluación continua.

La prueba de evaluación única final constará de un único examen valorado sobre 10 puntos y que tendrá tres partes: teoría, problemas y prácticas con ordenador. La fecha de realización de este examen se fijará en la franja de abril habilitada a tal efecto por la Comisión Académica del Master.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la normativa sobre planificación docente y organización de exámenes vigente en la Universidad de Granada.



Se facilitará la comunicación electrónica entre el alumno y el profesor a través de la Plataforma de Recursos de Apoyo a la Docencia de la UGr: PRADO2. (<http://cevug.ugr.es/prado.html>)

Para garantizar el correcto funcionamiento de la asignatura, es necesario que los/las estudiantes respeten las siguientes normas:

- Ser estrictamente puntuales a la hora de comienzo de las clases.
- Tener los teléfonos móviles desconectados tanto en clase como en los exámenes.
- En los exámenes el estudiantado deben identificarse con su DNI o pasaporte.
- Los exámenes se realizarán con bolígrafo azul o negro.

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): [Gestión de servicios y apoyos](https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad) (<https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad>).

