

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 14/07/2023

## Mecánica Computacional I: Elementos Finitos (M63/56/1/7)

**Máster**

Máster Universitario en Estructuras

**MÓDULO**

Módulo Fundamental: Fundamentos Computacionales

**RAMA**

Ingeniería y Arquitectura

**CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Primero

**Créditos**

3.60

**Tipo**

Obligatorio

**Tipo de enseñanza**

Presencial

### PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Tener conocimientos sobre Mecánica de los Medios Continuos y Análisis de Estructuras.

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

Introducción al Método de los Elementos Finitos. El MEF para problemas de flexión: barras. El MEF para problemas de flexión: placas y láminas.

### 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 - Comprender la naturaleza probabilista tanto de cargas como resistencia estructural y de la influencia de esta realidad en el diseño estructural
- CG02 - Manejar herramientas avanzadas para el análisis computacional, incluyendo técnicas de optimización de ayuda al diseño
- CG03 - Calcular la respuesta dinámica de las estructuras, comprender la naturaleza de las cargas sísmicas a las que están sometidas y utilizar metodologías avanzadas de diseño
- CG04 - Realizar estudios dinámicos experimentales de las estructuras e interacción entre la existencia de daño y su respuesta
- CG05 - Aplicar métodos avanzados para el análisis y diseño de estructuras metálicas y de hormigón armado

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Conocer herramientas computacionales para el análisis de estructuras.
- CE02 - Manejar herramientas computacionales en diversas aplicaciones estructurales.
- CE15 - Ser capaz de realizar búsquedas bibliográficas de documentos científicos
- CE17 - Ser capaz de implementar algoritmos de resolución de problemas técnicos.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

### Resultados de aprendizaje:

El alumno sabrá/comprenderá:

Los conceptos básicos del método de los elementos finitos para su aplicación al cálculo estático lineal de estructuras abarcando:

- Concepto de discretización geométrica y matemática.
- Elementos finitos para barras a tracción y flexión.
- Integración numérica, reducida y selectiva para la mejora de elementos.
- Elementos finitos para placas delgadas y gruesas.
- Elementos finitos para elasticidad lineal.

El alumno será capaz de:

- Resolver manualmente problemas de cálculo de matrices de rigidez elementales.
- Resolver manualmente problemas de cálculo completos con pocos elementos.
- Resolver problemas complejos con un software profesional o académico.



### Objetivos:

1. Presentar las diferentes **tipologías** de elementos presentes en las estructuras de ingeniería civil y edificación.
2. Conocer las variables y las diferentes **hipótesis** de cálculo para elementos estructurales.
3. Conocer herramientas de **cálculo** para el análisis de elementos estructurales.
4. Comprender el **comportamiento** de estructuras.
5. Familiarizarse con un programa de cálculo comercial para el análisis de elementos estructurales.
6. Entender la importancia de la elección de las hipótesis de cálculo y la tipología de elementos en el cálculo de estructuras empleando el método de los elementos finitos.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

- Introducción al Método de los Elementos Finitos
  - Proceso de análisis de una estructura
  - Discretización
  - Clasificación de los elementos estructurales
  - Ensamblaje
  - Condiciones de contorno
- El Método de los Elementos Finitos para Barras
  - Definición del elemento barra
  - Formulación fuerte
  - Formulación débil
  - Método de Galerkin
  - Discretización con elementos lineales
  - Elementos Isoparamétricos
  - Ensamblaje
  - Postproceso
- El MEF para problemas de flexión: vigas
  - Vigas de Euler-Bernoulli.
  - Vigas de Timoshenko
  - Problemática de las vigas Timoshenko. Tipología.
- El MEF para problemas de elasticidad lineal
  - MEF para elasticidad bidimensional
  - Elementos lineales
  - Tecnología de elementos
  - Aspectos complementarios
- El MEF para problemas de flexión: placas y láminas
  - Placas delgadas. Teoría de Kirchhoff. Problemática
  - Placas gruesas. Teoría de Reissner-Mindlin.



- Problemática y tipología de elementos.
- La lámina como composición de elementos planos.
- Elementos de lámina gruesa. Tipología.
- Introducción a los elementos de lámina como sólido degenerado.
- Introducción MEF para dinámica

## PRÁCTICO

Prácticas empleando software de elementos finitos de:

- Estructuras de barras
- Modelos de vigas
- Sólidos
- Placas y láminas

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- OÑATE, E., Calculo de Estructuras mediante el Método de los Elementos Finitos
- Martínez Castro, A.E.; Puertas García, M.E.; Gallego Sevilla, R. Cuadernos interactivos del Método de los Elementos Finitos. Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual. URI: [https://github.com/alexmacastro/AE\\_FEM](https://github.com/alexmacastro/AE_FEM)
- Reddy, J.N. An Introduction to de Finite Element Method, McGraw-Hill, 1993
- SMITH, I.M.; GRIFFITHS, D.V., Programming the Finite Eelement Method, Wiley, 1997
- MACKIE, R.I, Object-Oriented Methods and Finte Element Analysis, Saxe-Coburg Pub, 2001
- Cook R. D., Malkus D. S., Plesha M. E. y Witt R. J., Concepts and Applications of Finite Element Analysis, 4ª Ed., John Wiley & Sons, Inc. (2001)
- Hughes, T. J. R., Finite Element Method - Linear Static & Dynamic Finite Element Analysis, Dover Publ. (1987, reeditado en el 2000)
- Zienkiewicz O. C. y Taylor R. L., The Finite Element Method. Vol. 1: The Basis and Vol. 2: Solid Mechanics, 5ª Ed., Butterworth-Heinemann. (2000).

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Ávila, F.; Puertas, E.; Martínez Castro, A.E.; Gallego, R. Cálculo Matricial de Estructuras. Granada: Universidad de Granada. Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, 2021.
- Samartín Quiroga, A. y González de Cangas, J.R., Cálculo Matricial de estructuras, Colegio ICCP, 2001.

## ENLACES RECOMENDADOS

- Finite Element Procedures for Solids and Structures. <https://ocw.mit.edu/resources/res-2-002-finite-element-procedures-for-solids-and-structures-spring-2010/>



- Finite Element Analysis of Solids and Fluids I. <https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-092-finite-element-analysis-of-solids-and-fluids-i-fall-2009/>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MDO1 Lección magistral/expositiva
- MDO3 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MDO6 Ejercicios de simulación
- MDO9 Realización de trabajos individuales

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

### EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 18 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación continua del estudiante, excepto para quienes se le haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

La **Evaluación Continua** se realizará del siguiente modo:

- 1. Actividades individuales y/o en grupo en clase supervisadas (10%):** Estas actividades se puntuarán independientemente y se establecerá una media entre las calificaciones obtenidas.
- 2. Seminarios organizados por el Máster que sean de interés para la asignatura (10%):** Estas actividades consistirán en la asistencia y realización de actividades en la plataforma Prado sobre seminarios que sean organizados por la coordinación del Máster y que previamente serán comunicados por el profesorado de la asignatura. Se puntuarán independientemente y para el cálculo de la nota se establecerá una media entre las calificaciones obtenidas.
- 3. Estudio y trabajo individual y/o en grupo (30%):** Estas actividades consistirán en la realización de prácticas y resolución de cuestionarios en la plataforma Prado. Se puntuarán independientemente y para el cálculo de la nota se establecerá una media entre las calificaciones obtenidas.
- 4. Trabajo Final (50%):** Esta actividad consistirá en un trabajo realizado individual en el que se aplicarán todos los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la asignatura. El trabajo se expondrá en una sesión de clase en la semana habilitada para la evaluación de la asignatura.

Las actividades deberán ser entregadas antes de la fecha límite indicada. En caso contrario, se admite la entrega con demora, si bien la calificación obtenida se reducirá en un 30%.

Para aprobar el curso será necesario obtener una calificación ponderada final superior a 5/10.

La asistencia a clase es recomendable. Los estudiantes deben tener en cuenta que en el desarrollo de las clases se realizarán actividades que computan en la evaluación continua.



### 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.

Para la evaluación extraordinaria, los estudiantes podrán acogerse a una de estas dos modalidades, según su elección previa a la fecha de evaluación:

1. Examen único teórico-práctico del programa de la asignatura.
2. Entrega de actividades no superadas en evaluación continua.

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La Evaluación Única Final consistirá en un examen teórico-práctico del programa de la asignatura.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

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>).

