

Guía docente

250COD015 - 250COD015 - Modelización Computacional de Materiales

Última modificación: 09/07/2026

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona

Unidad que imparte: 751 - DECA - Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA COMPUTACIONAL Y ASISTIDA POR DATOS (Plan 2026).
(Asignatura optativa).

Curso: 2026

Créditos ECTS: 5.0

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: MARINO ARROYO BALAGUER

Otros: Dialamishabankareh Soltani, Narges

METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura combina sesiones teóricas con presentaciones, explicaciones en pizarra y ejercicios, junto con sesiones prácticas de ordenador utilizando software de elementos finitos para comprender y desarrollar implementaciones de diversos modelos constitutivos, así como para realizar experimentos numéricos que permitan obtener una mejor comprensión de las distintas respuestas no lineales de los materiales.

El profesorado proporcionará códigos en Python, y se requerirá que el estudiantado realice pequeñas modificaciones o implemente funcionalidades adicionales.

La metodología docente también se basa en el desarrollo de proyectos en los que el estudiantado utiliza o modifica el software proporcionado para estudiar una aplicación específica.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Introducción a la modelización matemática y computacional de la respuesta no lineal de los materiales sólidos, con especial énfasis en los materiales clásicos de ingeniería (Parte I) y en los materiales blandos y biológicos (Parte II). La asignatura combina los fundamentos de la disciplina con una introducción a temas contemporáneos seleccionados.

El objetivo principal de la asignatura es que el estudiantado sea capaz de:

- * Comprender desde un punto de vista físico las diferentes fuentes de no linealidad en la respuesta constitutiva de los sólidos, desde los materiales clásicos de ingeniería hasta los materiales blandos y biológicos.
- * Adquirir conocimientos básicos sobre los marcos de modelización y las implementaciones computacionales utilizados para describir el comportamiento no lineal de materiales de ingeniería sometidos a pequeñas deformaciones, con especial atención a la elastoplasticidad y al elastodaño.
- * Comprender los fundamentos del análisis térmico transitorio y del análisis termomecánico, incluyendo su aplicación mediante el método de los elementos finitos.
- * Adquirir conocimientos básicos sobre los marcos de modelización y las implementaciones computacionales utilizados para describir materiales elásticos sometidos a grandes deformaciones, así como la anelasticidad a grandes deformaciones.
- * Aplicar estos marcos de modelización al estudio de materiales blandos, incluyendo materiales elásticos no lineales, viscoelásticos, activos y en crecimiento.
- * Comprender la relevancia de estos modelos en los ámbitos de la robótica blanda, la bioingeniería y la mecanobiología.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	45,0	36.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

PARTE I: Modelización computacional de materiales blandos, adaptativos, en crecimiento y activos

Descripción:

Sesión 1: Introducción y elasticidad no lineal (1)

Motivación: morfogénesis de tejidos vegetales y animales, y tecnologías basadas en materiales blandos, como la robótica blanda. Breve revisión de la elasticidad no lineal para materiales isotrópicos y anisótropos, compresibles e incompresibles. Ejemplos de potenciales hiperelásticos.

Sesión 2: Introducción y elasticidad no lineal (2)

Implementación mediante elementos finitos con formulación lagrangiana total. Métodos de resolución (método de Newton, relajación dinámica y minimización de la energía). Presentación del código de la asignatura. Experimentos numéricos. Pandeo y arrugamiento (pérdida de estabilidad, no unicidad y rotura de simetría).

Sesión 3: Teoría de la anelasticidad no lineal

Anelasticidad geoméricamente no lineal basada en la descomposición multiplicativa. Cinemática. Leyes de balance para sistemas abiertos. Formalismo variacional de Onsager para la termodinámica irreversible: energía libre, disipación, potencia suministrada y funcionales de Rayleigh.

Sesión 4: Aplicaciones. Viscoelasticidad con grandes deformaciones

Formulación de dos potenciales. Soluciones analíticas sencillas e implementación mediante elementos finitos. Principios de minimización incremental en el tiempo. Experimentos numéricos.

Sesión 5: Aplicaciones. Crecimiento y remodelación

Diferentes escenarios. Crecimiento a densidad o volumen constante y reorientación de fibras. Soluciones analíticas sencillas e implementación mediante elementos finitos. Experimentos numéricos.

Sesión 6: Aplicaciones. Materia blanda húmeda o materia activa

Materia blanda húmeda: acoplamiento entre la mecánica y la difusión del disolvente. Materia activa: acoplamiento entre la mecánica y las ecuaciones de reacción-difusión. Soluciones analíticas sencillas e implementación mediante elementos finitos. Experimentos numéricos.

Sesión 7: Presentación de los proyectos de la Parte I.

Dedicación: 21h

Grupo grande/Teoría: 21h

PARTE II: Modelos constitutivos para materiales de ingeniería

Descripción:

Sesión 8: Introducción al análisis transitorio I

Introducción a los problemas térmicos y termomecánicos, incluyendo sus fundamentos físicos y su relevancia en aplicaciones de ingeniería. Visión general de la interfaz del solucionador de elementos finitos mediante un tutorial guiado.

Sesión 9: Introducción al análisis transitorio II

Aplicación del análisis termomecánico a un caso práctico real. Sesión práctica para consolidar la comprensión de las simulaciones transitorias.

Sesión 10: Ecuaciones constitutivas no lineales – Elastoplasticidad I

Introducción a los métodos computacionales para el análisis no lineal. Modelización constitutiva de materiales de ingeniería (por ejemplo, metales), incluyendo el límite elástico, los mecanismos de endurecimiento y las deformaciones inelásticas.

Sesión 11: Ecuaciones constitutivas no lineales – Elastoplasticidad II

Implementación práctica de modelos elastoplásticos mediante tutoriales guiados. Aplicación a problemas no lineales con especial énfasis en la plasticidad.

Sesión 12: Ecuaciones constitutivas no lineales – Elastodaño I

Modelización constitutiva de materiales cuasi frágiles (por ejemplo, hormigón y suelos). Análisis del límite resistente, el comportamiento de reblandecimiento (softening) y las variables de daño.

Sesión 13: Ecuaciones constitutivas no lineales – Elastodaño II

Aplicación práctica de modelos de daño mediante ejemplos numéricos y sesiones de resolución de problemas centradas en el análisis no lineal.

Dedicación: 18h

Grupo grande/Teoría: 18h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

- * Prácticas de la Parte I: 45 %
- * Proyecto final de la Parte II: 45 %
- * Participación y actividades de seguimiento: 10 %

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Zienkiewicz, O. C; Taylor, Richard Lawrence; Zhu, J. Z. The Finite element method : its basis & fundamentals. 7th ed. Amsterdam [etc.]: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2013. ISBN 9781856176330.
- Zienkiewicz, O. C; Taylor, Richard Lawrence; Fox, D.D. The Finite element method : for solid & structural mechanics. 7th ed. Amsterdam [etc.]: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2014. ISBN 9781856176347.
- Goriely, A. The Mathematics and Mechanics of Biological Growth [en línea]. New York, NY: Springer, 2017 [Consulta: 10/07/2026]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-0-387-87710-5>. ISBN 038787710X.
- Bonet, Javier; Wood, Richard D. Nonlinear continuum mechanics for finite element analysis [en línea]. Second edition. Cambridge: Cambridge University Press, 2008 [Consulta: 10/07/2026]. Disponible a: <https://www-cambridge-org.recursos.biblioteca.upc.edu/core/books/nonlinear-continuum-mechanics-for-finite-element-analysis/67AD6DBAAB77E755C09E7FB82565DA0B>. ISBN 9780521838702.
- Holzapfel, Gerhard A. Nonlinear solid mechanics : a continuum approach for engineering. Chichester, England: John Wiley & Sons, cop. 2000. ISBN 0471823198.