

Guia docent

250COD015 - 250COD015 - Modelització Computacional de Materials

Última modificació: 09/07/2026

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona

Unitat que imparteix: 751 - DECA - Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA COMPUTACIONAL I ASSISTIDA PER DADES (Pla 2026).
(Assignatura optativa).

Curs: 2026

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: MARINO ARROYO BALAGUER

Altres: Dialamishabankareh Soltani, Narges

METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura combina sessions teòriques amb presentacions, explicacions a la pissarra i exercicis, juntament amb sessions pràctiques d'ordinador utilitzant programari d'elements finits per comprendre i desenvolupar implementacions de diversos models constitutius, així com per dur a terme experiments numèrics que permetin obtenir una millor comprensió de les diferents respostes no lineals dels materials.

El professorat proporcionarà codis en Python, i es requerirà que l'estudiantat realitzi petites modificacions o implementi funcionalitats addicionals.

La metodologia docent també es basa en el desenvolupament de projectes en què l'estudiantat utilitza o modifica el programari proporcionat per estudiar una aplicació específica.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Introducció a la modelització matemàtica i computacional de la resposta no lineal dels materials sòlids, amb especial èmfasi en els materials clàssics d'enginyeria (Part I) i en els materials tous i biològics (Part II). L'assignatura combina els fonaments de la disciplina amb una introducció a temes contemporanis seleccionats.

L'objectiu principal de l'assignatura és que l'estudiantat sigui capaç de:

- * Comprendre des d'un punt de vista físic les diferents fonts de no linealitat en la resposta constitutiva dels sòlids, des dels materials clàssics d'enginyeria fins als materials tous i biològics.
- * Adquirir coneixements bàsics sobre els marcs de modelització i les implementacions computacionals utilitzats per descriure el comportament no lineal dels materials d'enginyeria sotmesos a petites deformacions, amb especial atenció a l'elastoplasticitat i a l'elastodany.
- * Comprendre els fonaments de l'anàlisi tèrmica transitoria i de l'anàlisi termomecànica, incloent-ne l'aplicació mitjançant el mètode dels elements finits.
- * Adquirir coneixements bàsics sobre els marcs de modelització i les implementacions computacionals utilitzats per descriure materials elàstics sotmesos a grans deformacions, així com l'anelasticitat a grans deformacions.
- * Aplicar aquests marcs de modelització a l'estudi de materials tous, incloent-hi materials elàstics no lineals, viscoelàstics, actius i en creixement.
- * Comprendre la rellevància d'aquests models en els àmbits de la robòtica tova, la bioenginyeria i la mecanobiologia.

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup gran	45,0	36.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

PART I: Modelització computacional de materials tous, adaptatius, en creixement i actius

Descripció:

Sessió 1: Introducció i elasticitat no lineal (1)

Motivació: morfogènesi de teixits vegetals i animals, i tecnologies basades en materials tous, com ara la robòtica tova. Breu revisió de l'elasticitat no lineal per a materials isòtrops i anisòtrops, compressibles i incompressibles. Exemples de potencials hiperelàstics.

Sessió 2: Introducció i elasticitat no lineal (2)

Implementació mitjançant elements finits amb formulació lagrangiana total. Mètodes de resolució (mètode de Newton, relaxació dinàmica i minimització de l'energia). Presentació del codi de l'assignatura. Experiments numèrics. Vinclament i arrugament (pèrdua d'estabilitat, no unicitat i trencament de simetria).

Sessió 3: Teoria de l'anelasticitat no lineal

Anelasticitat geomètricament no lineal basada en la descomposició multiplicativa. Cinemàtica. Lleis de balanç per a sistemes oberts. Formalisme variacional d'Onsager per a la termodinàmica irreversible: energia lliure, dissipació, potència aportada i funcionals de Rayleigh.

Sessió 4: Aplicacions. Viscoelasticitat amb grans deformacions

Formulació de dos potencials. Solucions analítiques senzilles i implementació mitjançant elements finits. Principis de minimització incremental en el temps. Experiments numèrics.

Sessió 5: Aplicacions. Creixement i remodelació

Diferents escenaris. Creixement a densitat o volum constants i reorientació de fibres. Solucions analítiques senzilles i implementació mitjançant elements finits. Experiments numèrics.

Sessió 6: Aplicacions. Matèria tova humida o matèria activa

Matèria tova humida: acoblament entre la mecànica i la difusió del dissolvent. Matèria activa: acoblament entre la mecànica i les equacions de reacció-difusió. Solucions analítiques senzilles i implementació mitjançant elements finits. Experiments numèrics.

Sessió 7: Presentació dels projectes de la Part I.

Dedicació: 21h

Grup gran/Teoria: 21h

PART II: Models constitutius per a materials d'enginyeria

Descripció:

Sessió 8: Introducció a l'anàlisi transitori I

Introducció als problemes tèrmics i termomecànics, incloent-ne els fonaments físics i la seva rellevància en aplicacions d'enginyeria. Visió general de la interfície del solucionador d'elements finits mitjançant un tutorial guiat.

Sessió 9: Introducció a l'anàlisi transitori II

Aplicació de l'anàlisi termomecànica a un cas pràctic real. Sessió pràctica per consolidar la comprensió de les simulacions transitòries.

Sessió 10: Equacions constitutives no lineals – Elastoplasticitat I

Introducció als mètodes computacionals per a l'anàlisi no lineal. Modelització constitutiva de materials d'enginyeria (per exemple, metalls), incloent-hi el límit elàstic, els mecanismes d'enduriment i les deformacions inelàstiques.

Sessió 11: Equacions constitutives no lineals – Elastoplasticitat II

Implementació pràctica de models elastoplàstics mitjançant tutorials guiats. Aplicació a problemes no lineals amb especial èmfasi en la plasticitat.

Sessió 12: Equacions constitutives no lineals – Elastodany I

Modelització constitutiva de materials quasifràgils (per exemple, formigó i sòls). Discussió del límit resistent, el comportament d'estovament (softening) i les variables de dany.

Sessió 13: Equacions constitutives no lineals – Elastodany II

Aplicació pràctica de models de dany mitjançant exemples numèrics i sessions de resolució de problemes centrades en l'anàlisi no lineal.

Dedicació: 18h

Grup gran/Teoria: 18h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- * Pràctiques de la Part I: 45 %
- * Projecte final de la Part II: 45 %
- * Participació i activitats de seguiment: 10 %

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- 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 línia]. 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 línia]. 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.