Guia docent
205611 - 205611 - Anàlisi Estructural Avançada

Última modificació: 18/05/2026

Unitat responsable: Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa
Unitat que imparteix: 737 - RMEE - Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN RECERCA EN ENGINYERIA MECÀNICA (Pla 2021). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2026 **Crèdits ECTS:** 4.5 **Idiomes:** Català, Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: Miquel Casafont Ribera

Altres: Julián Arnaldo Avila Diaz
Oriol Bové Tous
Miquel Casafont Ribera

CAPACITATS PRÈVIES

Coneixements de Mecànica dels Medis Continus i Resistència de Materials.

METODOLOGIES DOCENTS

a) 40,5 h de sessions presencials, que constaran de lliçons magistrals i sessions pràctiques de resolució de casos.
b) Aprenentatge autònom basat en la resolució d'exercicis breus for de l'aula.
c) Aprenentatge cooperatiu basat en la realització d'un projecte o resolució d'un cas, en equips de tres persones.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Aprendre conceptes i metodologies bàsics comunament aplicats en la recerca en el camp de la mecànica de materials i les estructures:
- Inestabilitats.
- Comportament geomètricament no lineal.
- Comportament material no lineal.
- Anàlisi no lineal mitjançant el mètode dels elements finits.
- Teoria de plaques i làmines.
- Materials hiperelàstics.
- Materials ortòtrops i laminats.
- Fatiga i fractura.
- Anàlisi de fallades.
- Anàlisi estructural experimental.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	40,5	36.00
Hores aprenentatge autònom	72,0	64.00

Dedicació total: 112.5 h

CONTINGUTS

Recordatori del mètode dels elements finits (MEF).

Descripció:
Problema elàstic. Discretització. Funcions de forma. Aplicació del principi dels treballs virtuals. Equilibri nodal. Matriu de rigidesa. Forces internes. Esquema operatiu de mètode.

Objectius específics:
L'estudiant ha de se capaç de:
- Identificar els elements bàsics en una anàlisi estructural per elements finits.
- Explicar les diferents etapes de l'operativa del mètode.

Activitats vinculades:
Pràctica 1: Anàlisi lineal i lineal de vinclament d'una estructura mitjançant el MEF.

Dedicació: 8h
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 5h

Inestabilitats

Descripció:
Tipus d'inestabilitats. Repassada sobre càrrega crítica de vinclament d'Euler. Càrrega crítica de vinclament de columnes amb diferents condicions d'enllaç de tipus teòric.

Objectius específics:
L'estudiant ha de se capaç de:
-Per al cas de peces prismàtiques sotmeses a compressió, determinar la càrrega elàstica crítica de vinclament per flexió.
-Identificar les longituts crítiques de vinclament per a cada tipus d'inestabilitat en funció de les condicions d'enllaç.

Activitats vinculades:
Pràctica 1: Anàlisi lineal i lineal de vinclament d'una estructura mitjançant el MEF.

Dedicació: 6h 45m
Grup gran/Teoria: 2h 30m
Aprenentatge autònom: 4h 15m

No linealitat geomètrica

Descripció:
Introducció a a la no linealitat geomètrica. Mètode d'anàlisi incremental. Matriu de rigidesa general de l'element barra. Matriu de rigidesa geomètrica de l'element barra. Anàlisi lineal de vinclament d'una estructura (anàlisi de modes de vinclament). Matriu de rigidesa tangent. Concepte de força interna. Mètodes de solució de sistemes d'equacions no lineals. Anàlisi geomètrica no lineal mitjançant el mètode co-rotacional. Imperfeccions.

Objectius específics:
L'estudiant ha de se capaç de:
- Poder raonar per què és necessari realitzar una anàlisi geomètrica no lineal en una estructura que pateix grans desplaçaments.
- Identificar les situacions en que és pertinent realitzar una anàlisi no lineal geomètrica.
- Realitzar anàlisis de modes de vinclament d'estructures.
- Interpretar els resultats d'una anàlisi de modes de vinclament.
- Interpretar els resultats d'una anàlisi geométrica no lineal.
-Conèixer les tècniques numèriques bàsiques de solució de sistemes d'equacions no lineals, i utilitzar-les en l'anàlisi no lineal d'estructures mitjançant el mètode dels elements finits.
- Estar en disposició d'entendre fàcilment l'algoritme d'implementació de l'element finit barra co-rotacional.
- Identificar i resoldre problemes típics de falta de convergència en anàlisis no lineals de sistemes estructurals compostos per peces prismàtiques.
- Fer servir convenientment diferents tipus d'imperfeccions geomètriques en l'anàlisi d'estructures.

Activitats vinculades:
Pràctica 2: Anàlisi geomètricament i material no lineal d'un component estructural.

Dedicació: 23h 25m
Grup gran/Teoria: 8h
Aprenentatge autònom: 15h 25m

Introducció a la teoria de plaques i làmines.

Descripció:
Element finit placa i element finit làmina. Equació de govern d'una placa amb càrregues transversals i de membrana. Tensió elástica d'abonyegament d'una placa. Reserva post-crítica de plaques.

Objectius específics:
L'estudiant ha de ser capaç de:
- Realitzar una anàlisi lineal de plaques mitjançant el mètode dels elements finits i interpretar-ne correctament els resultats.
- Poder descriure el fenomen de l'abonyegament local de plaques.
- Calcular la tensió crítica d'abonyegament local d'una placa amb diferents condicions d'enllaç.
- Raonar el per què de la capacitat post-crítica de plaques.

Activitats vinculades:
Pràctica 2: Anàlisi geomètricament i material no lineal d'un component estructural.

Dedicació: 9h 30m
Grup gran/Teoria: 3h 30m
Aprenentatge autònom: 6h

Introducció a la hiperelasticitat

Descripció:
Equacions constitutives habituals per a la simulació de materials que treballen en zona elàstica i grans deformacions (p.e. elastòmers), així com la seva caracterització experimental.

Objectius específics:
L'estudiant ha de ser capaç de:
Determinar les constants de materials necessàries per a les simulacions utilitzant els models constitutius més habituals. Realitzar simulacions i interpretar-ne els resultats.

Dedicació: 8h 25m
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 5h 25m

Introducció a la plasticitat

Descripció:
Introducció a la no linealitat material. Plasticitat. Superfícies de fluència. Models d'enduriment.

Objectius específics:
L'estudiant ha de ser capaç de:
- Conèixer els factors bàsics que intervenen en l'anàlisi plàstica d'estructures.
- Realitzar anàlisis plàstiques mitjançant el mètode dels elements finits.

Activitats vinculades:
Pràctica 2: Anàlisi geomètricament i material no lineal d'un component estructural.

Dedicació: 8h 25m
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 5h 25m

Materials ortòtrops i laminats.

Descripció:
Equacions constitutives habituals utilitzades per a la simulació dels materials elàstics lineals anisòtrops ortòtrops en tensió plana i els seus laminats , així com la seva caracterització experimental i mecanismes i criteris de fallada.

Objectius específics:
L'estudiant ha de ser capaç de:
-Modelar el comportament d'un material laminat elàstic lineal ortòtrop, fer simulacions per elements finits i avaluar-ne els resultats utilitzant criteris de fallada adequats.

Dedicació: 12h 35m
Grup gran/Teoria: 4h 30m
Aprenentatge autònom: 8h 05m

Fatiga i fractura.

Descripció:
El fenomen físic. Caracterització dels materials. Factors que modifiquen la resistència. Predicció de vida, dany acumulat, comptatge de cicles. Mètodes numèrics. Propagació de fissures per fatiga. Mecàniques de la fractura. Tenacitat a la fractura.

Objectius específics:
L'estudiant ha de ser capaç de:
Calcular elements estructurals i components a vida infinita. Efectuar prediccions de vida a fatiga. Ús adequat dels models de càlcul analític i numèric. Coneixement del efecte de les fissures a les estructures. Ús de les normes tècniques per determinar la tenacitat a la fractura. Efectuar prediccions de la taxa de propagació de fissures.

Dedicació: 17h 40m
Grup gran/Teoria: 6h 30m
Aprenentatge autònom: 11h 10m

Anàlisi fractogràfic - fallades

Descripció:
El fenomen físic. Fonts de fallades dels materials. Fallades característiques d'acord al tipus de càrrega. Efectes ambientals i de temperatura a les fallades.

Objectius específics:
L'estudiant ha de ser capaç de:
Entendre les macro, meta i micro característiques dels mecanismes de fallades. Obtenir informacions rellevants d'una observació de les superfícies de fractura. Discutir sobre l'origen de fallades típiques a l'industria.

Dedicació: 9h 45m
Grup gran/Teoria: 3h 30m
Aprenentatge autònom: 6h 15m

Anàlisi estructural experimental

Descripció:
Presentació de les diverses tipologies d'assajos sobre prototips físics relacionats amb l'anàlisi estructural. Extensiometria elèctrica. Correlació digital d'imatges. Introducció a l'anàlisi modal experimental. Assaigs de fatiga.

Objectius específics:
L'estudiant ha de ser capaç de:
Assegurar una visió holístcia de l'procés d'anàlisi estructural que asseguri un adequat equilibri entre la simulació numèrica i l'experimentació. Es presentaran les tècniques d'extensiometria, correlació digital d'imatges, anàlisi modal i assajos de fatiga.

Activitats vinculades:
Pràctica 3: Extensometria elèctrica

Dedicació: 8h
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 5h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Qualsevol acte de frau acadèmic, plagi, ús o tinença a l'abast de mitjans no autoritzats en qualsevol activitat d'avaluació comportarà la qualificació de zero (0) en la prova o lliurament afectat. A més, d'acord amb la normativa de la Universitat, la possible derivació dels fets per a l'obertura d'un expedient disciplinari implicarà que l'assignatura quedi en l'estat provisional de "pendent d'avaluació" fins a la resolució de l'expedient. La gestió d'aquestes incidències es desplega d'acord amb el **Marc d'actuació per a la integritat acadèmica en l'avaluació de la UPC**.

Nota final = 0.5*NEF+0.35*NTC+0.15*NPL
NEF: Nota de l'examen final.
NTC: Nota del treball de curs.
NPL: Nota de les pràctiques de laboratori.
Per aquells estudiants que compleixin els requisits i es presentin a l'examen de re-avaluació, la qualificació de l'examen de reavaluació substituirà les notes de tots els actes d'avaluació que siguin proves escrites presencials (controls, exàmens parcials i finals) i es mantindran les qualificacions de pràctiques, treballs, projectes i presentacions obtingudes durant el curs.
Si la nota final després de la re-avaluació és inferior a 5.0 substituirà la inicial únicament en el cas que sigui superior.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

a) Examen final: examen eminentment teòric on no es pot portar cap material de suport.
b) Treball de curs: s'haurà de presentar un projecte o realitzar una tesi doctoral en format reduït on intervinguin part dels continguts tractats durant el curs. S'haurà de redactar una memòria escrita del treball i s'haurà de presentar oralment i respondre les preguntes dels professors. Treball a realitzar en grups de tres persones.
c) Pràctiques de laboratori: cal redactar un informe de cada pràctica.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Bazant, Zdenek P.; Cedolin, Luigi. Stability of structures: elastic, inelastic, fracture and damage theories [en línia]. Singapore: World Scientific Publishing, 2010 [Consulta: 24/04/2024]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=731131. ISBN 9789814317023.
- Borst, René de; Crisfield, M.A. Non-linear finite element analysis of solids and structures [en línia]. 2nd ed. Hoboken: Wiley, 2012 [Consulta: 24/04/2024]. Disponible a: https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9781118375938.
- Dowling, Norman E.; Siva Prasad, K.; Narayanasamy, R. Mechanical behavior of materials: engineering methods for deformation, fracture, and fatigue. 4th ed. Boston: Pearson, 2012. ISBN 9780273764557.