



# Guia docent

## 220056 - EAC - Enginyeria Aeroespacial Computacional

Última modificació: 02/04/2024

**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:** GRAU EN ENGINYERIA EN TECNOLOGIES AEROESPACIALS (Pla 2010). (Assignatura obligatòria).

**Curs:** 2024      **Crèdits ECTS:** 4.5      **Idiomes:** Castellà

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Joaquín A. Hernández Ortega

**Altres:** Joaquín A. Hernández Ortega

### CAPACITATS PRÈVIES

---

L'alumne a de tenir coneixements sòlids en la modelització de problemes d'enginyeria mitjançant l'ús d'equacions diferencials ordinàries i en derivades parcials. Coneixements de teoria d'estructures i principis bàsics de mecànica de fluids.

### COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

---

#### Específiques:

1. Coneixement adequat i aplicat a l'enginyeria de: mètodes de càlcul de disseny i projecte aeronàutic; l'ús de l'experimentació aerodinàmica i dels paràmetres més significatius en l'aplicació teòrica; el maneig de les tècniques experimentals, equipament i instruments de mesura propis de la disciplina; la simulació, disseny, anàlisi i interpretació d'experimentació i operacions en vol; els sistemes de manteniment i certificació d'aeronaus (Mòdul de tecnologia específica)

### METODOLOGIES DOCENTS

---

La metodologia docent es fonamenta en el desenvolupament de tres activitats complementàries: classes de teoria, classes de treball pràctic a l'aula informàtica i proves avaluatives.

En les classes de teoria s'introdueixen els diferents conceptes, es desenvolupen exercicis i si és el cas, es formulen els algorismes de càlcul corresponents.

Les classes a l'aula informàtica busquen, d'una banda, familiaritzar l'alumne amb les idees bàsiques de la programació a l'ordinador dels algorismes proposats i de l'altra, la correcta utilització de programes comercials com a eina de disseny: hipòtesis inicials, restriccions, tipus d'element, anàlisi d'error i verificació de resultats.

Les proves avaluatives inclouen exàmens, que mesuren el grau de coneixement adquirit, i treballs en grup, tant de programació d'algorismes, com d'aplicació de les tècniques numèriques al disseny en l'àmbit de l'enginyeria aeroespacial.

### OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

Aprendre els fonaments del mètode dels elements finits com a eina numèrica general per resoldre problemes d'enginyeria governats per equacions diferencials ordinàries i parcials. Aprendre la metodologia utilitzada per obtenir les formes febles de les equacions de govern i la seva discretització per elements finits. Familiaritzar-se amb el desenvolupament de codi d'elements finits i paral·lelament amb la seva aplicació, mitjançant la utilització de programari comercial.



## HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	67,5	60.00
Hores grup gran	31,0	27.56
Hores grup petit	14,0	12.44

**Dedicació total:** 112.5 h

## CONTINGUTS

### Conceptes fonamentals. Problema de valor a la frontera: cas unidimensional

#### Descripció:

- Forma Fort. Sistema d'equacions diferencials, condicions de frontera.
- Forma feble. Discretització, Problema discret.
- Equivalència de la forma forta i feble. Cond. frontera natural.
- Mètode d'aproximació de Galerkin.
- Matriu de rigidesa, sistema d'equacions, eliminació de gauss.
- Punt de vista elemental, matriu elemental, forces elementals, assemblatge.
- Elasticitat 1D i teoria de bigues d'Euler Bernoulli.

#### Objectius específics:

Aprendre els elements bàsics del MEF

#### Activitats vinculades:

Activitat 1: classes de teoria

Activitat 2: classes de treball pràctic

Activitat 3: examen parcial

#### Dedicació: 27h 30m

Grup gran/Teoria: 8h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Aprenentatge autònom: 16h 30m

### Formulació del problema de valor a la frontera: cas bidimensional i tridimensional

**Descripció:**

- Preliminars. Problema elàstic i de conducció de calor
- Conducció de calor: forma forta, forma feble i la seva equivalència
- Conducció de calor: formulació de Galerkin, propietats de la matriu K
- Conducció de calor: Matriu de rigidesa elemental i vector de forces
- Problema elàstic: forma forta, forma feble i la seva equivalència

**Objectius específics:**

Extensió dels conceptes bàsics de MEF a problemes bidimensionals i tridimensionals. Forma feble, discretització, aproximació i mesura de l'error.

**Activitats vinculades:**

- Activitat 1: classes de teoria
- Activitat 2: classes de treball pràctic
- Activitat 3: examen parcial

**Dedicació:** 30h

- Grup gran/Teoria: 8h
- Grup mitjà/Pràctiques: 4h
- Aprenentatge autònom: 18h

### Elements isoparamètrics i la seva aplicació a estructures aeronàutiques

**Descripció:**

- Element quadrilàter bilineal
- Element triangular lineal
- Element hexaèdric trilineal
- Elements d'ordre superior; polinomis de Lagrange
- Integració numèrica; quadratura de Gauss
- Derivades de funcions de forma

**Objectius específics:**

Introducció a la tecnologia d'elements

**Activitats vinculades:**

- Activitat 1: classes de teoria
- Activitat 2: classes de treball pràctic
- Activitat 4: examen final

**Dedicació:** 25h

- Grup gran/Teoria: 7h
- Grup mitjà/Pràctiques: 3h
- Aprenentatge autònom: 15h



### Mètode de penalització i mètode mixt per incompressibilitat

**Descripció:**

- Limitacions del MEF estàndard
- Formulació de flux de Stokes
- Mètodes mixt i de penalització
- Forma forta, forma feble
- Aproximació de Galerkin; sistema discret
- Penalització: tècniques d'integració reduïda i selectiva
- Tècniques d'estabilització
- Introducció a l'anàlisi acoblat fluid-estructura

**Objectius específics:**

Extensió del MEF a fluxos de Stokes

**Activitats vinculades:**

Activitat 1: classes de teoria

Activitat 2: classes de treball pràctic

Activitat 4: examen final

**Dedicació:** 30h

Grup gran/Teoria: 8h

Grup mitjà/Pràctiques: 4h

Aprenentatge autònom: 18h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

$$NF = 0,3 EM + 0,3 EF + 0,4 I$$

NF : Nota Final

EP : Examen parcial

ER : Examen parcial de recuperació

EM : max (EP, ER)

EF : Examen final

I : Informe pràctiques

336/5000

L'examen de recuperació consistirà en una prova escrita sobre els continguts del primer examen parcial ( el mateix dia de l'examen final. ). Podran presentar-se tots els alumnes, independentment de la seva nota. La nota de l'examen de la primera part serà la més alta de les dues, és a dir:  $EM = \max (EP, ER)$ .

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Els exàmens parcial i final es realitzen de forma individual, per escrit i en les dates fixades per l'Escola. Els treballs a realitzar tant a l'aula com fora de classe es poden fer en grups; màxim dos alumnes per grup.

## BIBLIOGRAFIA

**Bàsica:**

- Hughes, Thomas J.R. The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis [en línia]. Mineola, NY: Dover Publications, 2000 [Consulta: 09/07/2024]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1894765>. ISBN 0486411818.

- Fish, J.; Belytschko, T. A first course in finite elements [en línia]. Chichester: John Wiley & Sons, 2007 [Consulta: 13/05/2022]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9780470510858>. ISBN 9780470035801.



**Complementària:**

- Cook, Robert [et al.]. Concepts and applications of finite element analysis. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 2002. ISBN 9780471356059.
- Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.; Zhu J.Z. The finite element method: its basis and fundamentals. 6th ed. Amsterdam: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. ISBN 0750663200.
- Johnson, Claes. Numerical solution of partial differential equations by the finite element method. Mineola: Dover, 2009. ISBN 9780486469003.

**RECURSOS**

---

**Material informàtic:**

- MATLAB
- ANSYS