

# Elements Finitos en Fluids (250957)

## Informació general

<b>Centre docent</b>	ETSECCPB
<b>Departaments</b>	Centre Específic de Recerca de Mètodes Numèrics en Ciències Aplicades i Enginyeria (CER-LACÀN-UPC) Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental (DECA)
<b>Crèdits</b>	5.0 ECTS
<b>Titulacions</b>	MÀSTER UNIVERSITARI EN MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA (pla 2012) MÀSTER UNIVERSITARI EN MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA (pla 2012)
<b>Curs</b>	2025/26

## Idioma majoritari per grup

- Grup 10Q2 Anglès (Q2)

## Professorat de l'assignatura

Professorat responsable: Matteo Giacomini

Professorat: Valeria Agustina Felipe Ramudo, Matteo Giacomini, Antonio Huerta Cerezuela

## Objectius formatius

L'assignatura cobreix els aspectes teòrics i pràctics essencials de l'aproximació numèrica d'equacions en derivades parcials per a la descripció de fluxos compressibles i incompressibles, específicament les equacions d'Euler i de Navier-Stokes.

Objectius d'aprenentatge: comprendre els fonaments de la descripció matemàtica del moviment dels fluids, construir algoritmes numèrics per simular fenòmens de convecció-difusió-reacció, entendre les dificultats numèriques i els mètodes per aproximar problemes de flux incompressible (equacions de Stokes i Navier Stokes) i de fluxos invíscidos (equacions d'Euler). Més específicament:

- descriure, predir i formular tècniques numèriques per problemes estacionaris de convecció-difusió-reacció lineal,
- comprendre les tècniques d'estabilització per a fluxos dominats per convecció,
- formular tècniques numèriques per als fluxos invíscidos,
- comprendre les principals dificultats en l'aproximació de les equacions hiperbòliques i el concepte de problema d'Euler ben plantejat,
- descriure, predir i formular tècniques numèriques per als fluxos incompressibles,
- comprendre les principals dificultats per a la resolució numèrica de les equacions de Stokes i Navier-Stokes.

## Competències

### Específiques

Coneixements de modelització numèrica pràctica. Capacitat per adquirir coneixements en modelització numèrica avançada aplicada a diferents àrees de l'enginyeria tals com: o enginyeria civil i mediambiental o enginyeria mecànica i aeroespacial o Nanoenginyeria i bioenginyeria o enginyeria naval i marina, etc  
Coneixements de l'estat de l'art en algoritmes numèrics. Capacitat per posar-se al dia en les últimes tecnologies numèriques per a la resolució de problemes d'enginyeria i ciències aplicades.

Coneixements de modelització de materials. Capacitat per adquirir els coneixements relatius als models físics moderns de ciència de materials (models constitutius avançats) en mecànica de sòlids i de fluids.

Experiència en simulacions numèriques. Adquisició de soltesa en les eines de simulació numèrica modernes i la seva aplicació en problemes multidisciplinaris d'enginyeria i ciències aplicades. Interpretació de models numèrics. Comprendre l'aplicabilitat i les limitacions de les diferents tècniques de càlcul per ordinador.

Experiència en la programació de mètodes de càlcul. Capacitat per adquirir formació en el desenvolupament i utilització de programes de càlcul existents, així com de pre i post processadors, coneixement de llenguatges de programació i de llibreries de càlcul estàndard.

## Hores totals de dedicació de l'estudiantat

		Hores	Percentatge
Aprentatge dirigit	Grup gran	45.0 h	100.00 %
	Grup mitjà	0.0 h	0.00 %
	Grup petit/Laboratori	0.0 h	0.00 %
	Activitats dirigides	0.0 h	0.00 %
Aprentatge autònom		80.0 h	

## Temari

### Repàs de conceptes bàsics

Descripció de les equacions de moviment de flux. Forma feble. Discretització. Matrius elementals i ensamblatge. Integració numèrica. Element de referència. Implementació.

### Problemes estacionaris de convecció-difusió

Anàlisi de l'equació de convecció-difusió 1D. Efecte del nombre de Péclet i necessitat de estabilització. Tècniques d'estabilització. Formulacions estabilitzades consistents. Extensió a 2D i 3D. Exercicis pràctics i implementació.

### Problemes de convecció pura

Concepte de convecció pura. Línies característiques. Tècniques clàssiques de discretització en temps i en espai: mètodes theta i discretització de Galerkin. Discretitzacions de Taylor-Galerkin. Estabilitat i precisió. Efecte del nombre de Courant. Exercicis pràctics i implementació.

### Problemes de flux compressible

EDPs hiperbòliques no lineals. Equació de Burgers. Ones de xoc, rarefacció i contacte. Solucions entròpiques. Propietats bàsiques de les equacions d'Euler. Condicions de contorn per a EDPs hiperbòliques. Solvers de Riemann. Introducció als mètodes de Galerkin discontinu. Exercicis pràctics.

### Problemes de flux incompressible viscoso

Equació de Stokes. Problema de punt d'enselladura. Condició LBB. Discretitzacions espacials estables i inestables. Estabilitzacions. Formulacions estabilitzades consistents. Navier-Stokes estacionari. Tècniques de linealització. Efecte del número de Reynolds. Estabilitzacions. Navier-Stokes transitori. Discretització del temps. Splitting algebraico i pas fraccionari. Mètodes de volums finits. Introducció a la modelització de la turbulència. Exercicis pràctics i implementació.

### Mètodes de Galerkin discontinu

Conceptes bàsics sobre mètodes moderns de Galerkin discontinu. Interior Penalty DG. Compact DG. Local DG. Hybridizable DG. Formulació i avantatges de HDG per a problemes de flux. Exercicis pràctics i implementació.

## Metodologia docent

L'assignatura consta de 0,6 hores a la setmana de classes presencials a l'aula (grup gran) i 1,2 hores setmanals amb la meitat de l'estudiantat (grup mitjà).

Es dediquen a classes teòriques 0,6 hores en grup gran, en què el professorat exposa els conceptes i materials bàsics de la matèria, presenta exemples i realitza exercicis.

Es dediquen 1,2 hores (grup mitjà), a la resolució de problemes amb una major interacció amb l'estudiantat. Es realitzen exercicis pràctics per tal de consolidar els objectius d'aprenentatge generals i específics.

La resta d'hores setmanals es dedica a pràctiques de laboratori.

S'utilitza material de suport en format de pla docent detallat mitjançant el campus virtual ATENeA: continguts, programació d'activitats d'avaluació i d'aprenentatge dirigit i bibliografia.

## **Mètode de qualificació**

*(\*) El calendari d'avaluació i el mètode de qualificació s'aprovaran abans de l'inici de curs.*

La nota de l'assignatura s'obté d'una avaluació contínua durant tot el curs. Aquesta avaluació consta de diverses activitats, tant individuals com en grup, de formació incremental, que es duen a el cap durant el mòdul, tant dins com fora de l'aula.

La qualificació final es computarà de la següent manera:

- 40% examen escrit sobre la primera part de l'assignatura (Test 1);
- 40% examen escrit sobre la segona part de l'assignatura (Test 2);
- 20% treball a classe (tasques periòdiques d'exercicis pràctics i de programació).

L'estudiantat que hagi participat a l'examen 1 pot triar no tenir en compte la seva avaluació substituint el segon test per un examen que cobreixi tot el temari de l'assignatura. En aquest cas, la qualificació final es computarà de la manera següent:

- 80% examen escrit sobre tot el temari de l'assignatura;
- 20% treball a classe (tasques periòdiques d'exercicis pràctics i de programació).

Les dues modalitats de qualificació descrites anteriorment són mútuament excloents. L'estudiantat que opti pel segon examen que cobreix tot el temari ho ha de sol·licitar explícitament al professor responsable de l'assignatura almenys dues setmanes abans de la data de l'examen 2.

La participació en dos exàmens escrits és obligatòria.

Les proves escrites avaluaran l'assimilació dels conceptes fonamentals relacionats amb els objectius d'aprenentatge de l'assignatura i constaran de:

- preguntes teòriques sobre els mètodes numèrics presentats a classe;
- exercicis pràctics que requereixen escriure la formulació discreta per a un mètode i un problema determinats;
- preguntes d'interpretació dels resultats a partir de la teoria estudiada a classe.

L'avaluació de la feina a classe valorarà l'aprenentatge incremental dels estudiants i es basarà en:

- tasques periòdiques que consisteixen en exercicis escrits i de programació sobre els mètodes numèrics vistos durant l'assignatura. Aquests treballs seran corregits i avaluats.
- participació durant classes teòriques, exercicis i classes pràctiques.

Per a la versió a distància de l'Màster, l'avaluació de la feina a classe només considerarà les tasques enviades.

## **Normes de realització de proves**

Les tasques s'han d'enviar a través d'ATENeA respectant el termini anunciat. Els lliuraments tardanes o les tasques enviades per altres mitjans no seran acceptades i es qualificaran amb 0.

Les tasques s'han de fer de manera individual: s'anima els estudiants a confrontar sobre els problemes, però els treballs enviats han de ser el resultat dels esforços propis de cada estudiants. El plagi en les

tasques serà sancionat amb un 0 a la nota de la feina a classe.

Els exàmens escrits s'hauran de realitzar de forma individual. Els exàmens són a llibre tancat. No es permeten llibres ni apunts de classe. L'estudiantat pot portar un full amb fórmules en format dinA4, escrit a mà en una de les cares del paper. El plagi durant els exàmens serà sancionat amb un 0 a la nota final de l'assignatura.

## Horari d'atenció

Prèvia cita per correu electrònic.

## Bibliografia

### Bàsica

- Donea, J.; Huerta, A. [Finite element methods for flow problems](#). Chichester: John Wiley & Sons, 2003. ISBN 0471496669.

## Recursos

El material didàctic que inclou diapositives, apunts de classe i llistes d'exercicis està disponible a ATENeA.

El llibre de text de referència disponible a la biblioteca de la UPC és:  
Donea, J., Huerta, A., Finite Element Methods for Flow Problems, Wiley, 2003