# Guia docent
# 820464 - SCMFTTCM - Simulació Computacional en Mecànica de Fluids i Transferència de Calor

**Última modificació:** 02/10/2025

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria de Barcelona Est
**Unitat que imparteix:** 729 - MF - Departament de Mecànica de Fluids.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA (Pla 2009). (Assignatura optativa).
GRAU EN ENGINYERIA DE MATERIALS (Pla 2010). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2025 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Castellà

## PROFESSORAT

**Professorat responsable:** RICARDO TORRES CAMARA

**Altres:** Primer quadrimestre:
FRANCESC FONT MARTÍNEZ - Grup: M1
RICARDO TORRES CAMARA - Grup: M1

## REQUISITS

TOTS ELS GRAUS: TERMODINÀMICA I TRANSFERÈNCIA DE CALOR - Prerequisit
GRAU MECÀNICA: ENGINYERIA DE FLUIDS - Prerequisit.
GRAU ENERGIA: GENERACIÓ TERMOFLUIDODINÀMICA - Prerequisit.
GRAU QUÍMICA: SIMULACIÓ I OPTIMITZACIÓ DE PROCESSOS QUÍMICS.

## METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura desenvoluparà els seus continguts amb una metodologia expositiva i participativa a l'hora d'impartir els continguts teòrics. L'estudiant haurà de realitzar treball individual per a la comprensió, l'anàlisi i la síntesi de la teoria. A més, el treball en equip serà necessari per afrontar problemes més complexes tant teòrics com de simulació.

## OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

## HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

| Tipus | Hores | Percentatge |
|---|---|---|
| Hores aprenentatge autònom | 90,0 | 60.00 |
| Hores grup gran | 45,0 | 30.00 |
| Hores grup petit | 15,0 | 10.00 |

**Dedicació total:** 150 h

## CONTINGUTS

### TEMA 1. INTRODUCCIÓ

**Descripció:**
Entendre els objectius tant de la modelització matemàtica de la dinàmica de processos termofluidodinàmics com de la seva simulació numèrica computacional. Comprendre l'abast dels simuladors numèrics i dinàmics i conèixer algunes propostes comercials i de lliure distribució: Matlab, Scilab, OpenFoam, Comsol, Fluent. Contextualitzar els anàlisis dinàmics en el marc de sistemes de control de processos.

**Objectius específics:**
1. Presentació i objectius
2. Models matemàtics i respostes dinàmiques de sistemes termofluidodinàmics
3. Simulació numèrica i dinàmica de fluids computacionals
4. Entorns i eines de programació i simulació
5. Introducció a la dinàmica de sistemes termofluidodinàmics i la seva aplicació a sistema de control de processos. Eliminació de l'efecte de pertorbacions externes. Estabilitat dels processos. Classificació de les variables.

**Dedicació:** 1h
Grup gran/Teoria: 1h

### TEMA 2. MODELS MATEMÀTICS

**Descripció:**
Saber elaborar models matemàtics amb els que descobrir el comportament de sistemes físics de diferent índole tecnològica. Saber elaborar la formulació de models fent ús del principi de conservació identificant les variables i equacions d'estat així com l'establiment ulterior de models input-output.

**Objectius específics:**
1. Elaboració de models matemàtics de sistemes mecànics, hidràulics, neumàtics i tèrmics. 2. Comportaments estàtic i dinàmic. 3. Temps morts i retards de transports. 4. Variables i equacions d'estat. 5. Aplicació del principi de conservació. 6. Models entrada / sortida i graus de llibertat. 7. Exemples.

**Dedicació:** 4h
Grup gran/Teoria: 4h

### TEMA 3. ANÀLISI DEL COMPORTAMENT DINÀMIC

**Descripció:**
Entendre la importància de la linealització dels models matemàtics i valorar les dificultats de comportaments no lineals. Identificar comportaments de primer i segon ordre en unitats de procés típiques en enginyeria de fluids i enginyeria tèrmica.

**Objectius específics:**
1. Sistemes lineals i no lineals. Linealització. 2. Transformada de Laplace. 3. Funcions de transferència. Pols i ceros. 4. Anàlisi qualitatiu de la resposta de sistemes mecànics, hidràulics, neumàtics i tèrmics de primer ordre, de segon ordre i d'ordre superior. 5. Resolució numèrica de problemes de valor inicial. 6. Mètodes de Runge-Kutta. 7. Estabilitat i rigidesa. 8. Mètodes adaptatius. 9. Exemples.

**Dedicació:** 4h
Grup gran/Teoria: 4h

### TEMA 4. SISTEMES REALIMENTATS

**Descripció:**
Comprendre la importància de les configuracions de control realimentat en els sistemes de control de processos: assegurar el compliment dels objectius del control, eliminació dels efectes de les pertorbacions, assegurar l'estabilitat de resposta del sistema. Exemple. Tipus de controladors. Configuracions PID. Exemples.

**Objectius específics:**
1. Aplicació a sistemes de control de processos. 2. Objectius i configuracions de control. 3. Control per realimentació. Diagrames de bloquejos i resposta de llaç tancat. 4. Controladors: selecció i el seu efecte sobre la resposta del sistema. 5. Estabilitat. 6. Exemples.

**Dedicació:** 4h
Grup gran/Teoria: 4h

### TEMA 5. INTRODUCCIÓ CFD

**Descripció:**
1. Introducció a la dinàmica de fluids computacional. 2. Etapes: model matemàtic, discretització, anàlisi, resolució. 3. Equacions en derivades parcials. 4. Lleus de conservació. 5. Equació de convecció - difusió.

**Dedicació:** 4h
Grup gran/Teoria: 4h

### TEMA 6. TÈCNIQUES DE DISCRETITZACIÓ

**Descripció:**
1. Tècniques de discretització: diferències finites, volums finits i elements finits. Conceptes bàsics. 2. Problemàtica de la convecció. 3. Esquemes implícits i explícits. Nombre de Courant. Exemples. 4. Tècniques computacionals per a la resolució de sistemes d'equacions. Mètodes directes. Mètodes iteratius. 5. Sobrerrelació. 6. Preacondicionament. 7. Descripció mètodes multigrid. 8. Exemples.

**Dedicació:** 4h
Grup gran/Teoria: 4h

### TEMA 7. SISTEMES ACOPLATS I NO LINEALS

**Descripció:**
Conèixer les diferents tècniques de solució de sistemes d'equacions algebraics (no) lineals. Entendre la relació amb els problemes de varis fenòmens físics acoplats (multifísica)

**Objectius específics:**
Esquemes de linealització: Picard i Newton. Estratègies de solució: monolítica, iterativa per blocs, pas fraccionat.

**Dedicació:** 4h
Grup gran/Teoria: 4h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

* És obligatori una assistència al 80% de les classes a l'aula.
* Al llarg del curs es plantejaran qüestions, exercicis i problemes relacionats amb els tòpics del curs que hauran de presentar-se en els termes que es considerin més apropiats en cada moment en funció de la complexitat o nombre d'estudiants involucrats: setmanals, mensuals o finals.
* Exposició final d'un treball/projecte a desenvolupar durant el quadrimestre tot seguint metodologies PBL.

## BIBLIOGRAFIA

**Bàsica:**

- Hirsch, Charles. Numerical computation of internal and external flows : fundamentals of computational fluid dynamics [en línia]. Second edition. Oxford, England: Butterworth-Heinemann, [2007] [Consulta: 20/09/2023]. Disponible a: https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC_UPC/19srfpi/cdi_askewsholts_vlebooks_9780080550022. ISBN 9786611019280.
- Versteeg, H. K.; Malalasekera, W.. An Introduction to computational fluid dynamics : the finite volume method. 2nd ed. London: Pearson Education, 2007. ISBN 9780131274983.
- Lewis, Roland Wynne; Nithiarasu, Perumal; Seetharamu, Kankanhalli N. Fundamentals of the finite element method for heat and fluid flow. Chichester: Wiley, 2004. ISBN 9780470847886.

**Complementària:**

- Elman, Howard C.; Silvester, David J.; Wathen, Andrew J. Finite elements and fast iterative solvers : with applications in incompressible fluid dynamics. Oxford: Oxford University Press, 2005. ISBN 019852868X.
- Donéa, J.; Huerta, Antonio. Finite element methods for flow problems. Chichester: John Wiley & Sons, cop. 2003. ISBN 0471496669.
- Chung, T. J. Computational fluid dynamics. Cambridge, UK [etc.]: Cambridge University Press, 2002. ISBN 0521594162.
- Anderson, John David. Computational fluid dynamics. New York [etc.]: McGraw-Hill, cop. 1995. ISBN 0070016852.
- McDonough, J. M. Introductory Lectures on Turbulence: Physics, Mathematics Modeling [en línia]. Kentucky: University of Kentucky, 2007 [Consulta: 20/09/2023]. Disponible a: https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1001&context=me_textbooks.
- Durbin P. A.; Pettersson Reif; B. A. Statistical Theory and Modeling for Turbulent Flows. John Wiley & Sons, Ltd, 2011.
- Leschziner, M. Statistical Turbulence Modelling For Fluid Dynamics - Demystified : An Introductory Text For Graduate Engineering Students. Imperial College Press, 2015. ISBN 9781783266616.
- Pope, S. B. Turbulent flows. Cambridge, UK [etc.]: Cambridge University Press, 2023. ISBN 0521591252.
- Hoffman, Joe D.. Numerical methods for engineers and scientists. New York [etc.]: CRC Press, cop. 2001. ISBN 9780824704438.
- Chapra, Steven C.; Canale, Raymond P. Métodos numéricos para ingenieros [en línia]. 7a edición. México: McGraw Hill, 2015 [Consulta: 20/09/2023]. Disponible a: https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC_UPC/11q3oqt/alma991001706889706711. ISBN 9781456267346.
- Kiusalaas, Jaan. Numerical methods in engineering with MATLAB. 3rd ed.. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. ISBN 2016.
- Ford, William. Numerical Linear Algebra with Applications : Using MATLAB. Academic Press, 2014. ISBN 9780123944351.