



## Teaching Guide

Identifying Data					2022/23
Subject (*)	Finite Volume Method in CFD		Code	730497222	
Study programme	Mestrado Universitario en Enxeñaría Industrial (plan 2018)				
Descriptors					
Cycle	Period	Year	Type	Credits	
Official Master's Degree	1st four-month period	Second	Optional	4.5	
Language	Spanish				
Teaching method	Face-to-face				
Prerequisites					
Department	Enxeñaría Naval e Industrial				
Coordinador	Lema Rodríguez, Marcos	E-mail	marcos.lema@udc.es		
Lecturers	Gosset , Anne Marie Elisabeth Lema Rodríguez, Marcos	E-mail	anne.gosset@udc.es marcos.lema@udc.es		
Web					
General description	<p>Esta materia que forma parte do módulo de optatividad de métodos computacionais para os medios continuos constitúe unha introdución ao método de volumes finitos habitualmente utilizado nos códigos de Dinámica de Flúidos Computacional ( CFD). A partir das ecuacións de Navier- Stokes en forma conservativa obtidas na materia de "Métodos computacionais para medios continuos", o método aplicarase a casos básicos como os problemas de difusión pura, e de convección-difusión. Realizarase a resolución numérica da ecuación de conducción de calor e dun problema sinxelo de convección difusión, ambos en 1D. Os principais métodos de axuste presión-velocidade para a resolución das ecuacións de Navier- Stokes serán presentados, así como a súa implementación no código CFD de fonte aberto OpenFoam, coa resolución dun caso sinxelo. Finalmente, estudaranse os esquemas de discretización temporal coa resolución dun caso transitorio con OpenFoam. Ao cabo desta materia, o alumno terá as ferramentas conceptuais necesarias para levar a cabo simulacións CFD máis complexas.</p>				

## Study programme competences / results

Code	Study programme competences / results
A4	ETI4 - Capacity for the analysis and design of chemical processes.
A5	ETI5 - Knowledge and skills for the design and analysis of machines and thermal engines, hydraulic machines and industrial installations of heat and cold.
A20	EI4 - Knowledge and skills for projecting and designing electrical and fluid installations, lighting, air conditioning and ventilation, energy saving and efficiency, acoustics, communications, home automation and smart buildings and security installations.
B1	CB6 - Possess and understand knowledge that provides a basis or opportunity to be original in the development and / or application of ideas, often in a research context.
B2	CB7 - That students know how to apply the knowledge acquired and their ability to solve problems in new or unfamiliar environments within broader (or multidisciplinary) contexts related to their area of study.
B5	CB10 - That students have the learning skills that allow them to continue studying in a way that will be largely self-directed or autonomous.
B6	G1 - Have adequate knowledge of the scientific and technological aspects in Industrial Engineering.
B13	G8 - Apply the knowledge acquired and solve problems in new or unfamiliar environments within broader and multidisciplinary contexts.
B16	G11 - Possess the learning skills that allow to continue studying in a self-directed or autonomous way.
C1	ABET (a) - An ability to apply knowledge of mathematics, science, and engineering.
C3	ABET (c) - An ability to design a system, component, or process to meet desired needs within realistic constraints such as economic, environmental, social, political, ethical, health and safety, manufacturability, and sustainability.
C8	ABET (h) - The broad education necessary to understand the impact of engineering solutions in a global, economic, environmental, and societal context.
C9	ABET (i) - A recognition of the need for, and an ability to engage in life-long learning.
C11	ABET (k) - An ability to use the techniques, skills, and modern engineering tools necessary for engineering practice.



Learning outcomes			
Learning outcomes	Study programme competences / results		
Saber aplicar o método de volumes finitos a problemas de difusión, e convección difusión e programalo en Matlab.	AJ4 AJ5 AJ20	BJ1 BJ2 BJ5 BJ6 BJ13 BJ16	CJ1 CJ3 CJ8 CJ9 CJ11
Coñecer as características dos diferentes esquemas de discretización, e saber elixir o máis adecuado para un problema dado.		BJ1 BJ2 BJ5 BJ6 BJ13 BJ16	CJ1 CJ8 CJ9 CJ11
Comprender os métodos de axuste presión-velocidade.	AJ4 AJ5 AJ20	BJ1 BJ2 BJ5 BJ6 BJ13 BJ16	CJ1 CJ3 CJ8 CJ9 CJ11

Contents	
Topic	Sub-topic
TEMA 1. Método de volumes finitos para problemas de difusión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecuación de difusión estacionaria en 1D</li> <li>- Resolución numérica da ecuación de conducción de calor en 1D (sen e con termo fonte de calor). Exemplo desenvolto en prácticas.</li> <li>- Resolución numérica da ecuación de conducción de calor en 1D con arrefriado por convección. Exemplo desenvolto en prácticas.</li> <li>- Ecuación de difusión estacionaria en 2D</li> </ul>
TEMA 2. Método de volumes finitos para problemas de convección-difusión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecuación de convección difusión estacionaria en 1D</li> <li>- Os esquemas de discretización e as súas propiedades.</li> <li>- Esquema de diferenciación central. Exemplo desenvolto.</li> <li>- O esquema upwind. Exemplo desenvolto.</li> <li>- Outros esquemas para resolver dificultades específicas.</li> </ul>
TEMA 3. Axuste presión-velocidade en movementos estacionarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O concepto de malla ?? staggered??</li> <li>- Discretización da ecuación de cantidade de movemento - O algoritmo SIMPLE</li> <li>- O algoritmo PISO</li> <li>- Exemplo desenvolto do algoritmo SIMPLE : Fluxo incompresible e non viscoso nun conduto de sección constante.</li> <li>- Implementación do método SIMPLE en en código CFD OpenFoam : Estudo do solver simpleFoam. Resolución dun caso sinxelo.</li> </ul>
TEMA 4. Método de volumes finitos para movementos non estacionarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecuación de conducción de calor non estacionaria en 1D</li> <li>- Esquemas de discretización temporal</li> <li>- O algoritmo PISO para movementos non estacionarios</li> <li>- Resolución dun caso transitorio con OpenFoam</li> </ul>



TEMA 5. Condicións de contorno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condicións de entrada</li> <li>- Condicións de saída</li> <li>- Condicións de parede</li> <li>- Condicións de simetría</li> <li>- Regras xerais e trucos</li> </ul>
--------------------------------	--

Planning				
Methodologies / tests	Competencies / Results	Teaching hours (in-person & virtual)	Student's personal work hours	Total hours
ICT practicals	A4 A5 A20 B2 B5 B13 B16 B6 C1 C3 C8 C11	6.5	19.5	26
Supervised projects	A4 A5 A20 B1 B2 B13 B16 B6 C1 C3 C8 C9 C11	5	20	25
Guest lecture / keynote speech	A4 A5 A20 B1 B16 B6 C1 C8 C9 C11	20	37	57
Personalized attention		4.5	0	4.5

(\*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies	
Methodologies	Description
ICT practicals	Metodoloxía que permite ao alumnado aprender de forma efectiva, a través de actividades de carácter práctico (demostracións, simulacións, etc.) a teoría dun ámbito de coñecemento, mediante a utilización das tecnoloxías da información e as comunicacións.
Supervised projects	Metodoloxía deseñada para promover a aprendizaxe autónoma dos estudantes, baixo a tutela do profesor e en escenarios variados (académicos e profesionais). Está referida prioritariamente á aprendizaxe do "como facer as cousas". Constitúe unha opción baseada na asunción polos estudantes da responsabilidade pola súa propia aprendizaxe. Este sistema de ensino baséase en dous elementos básicos: a aprendizaxe independente dos estudantes e o seguimento desa aprendizaxe polo profesor tutor.
Guest lecture / keynote speech	Exposición oral complementada co uso de medios audiovisuais e a introdución dalgunhas preguntas dirixidas aos estudantes, coa finalidade de transmitir coñecementos e facilitar a aprendizaxe.

Personalized attention	
Methodologies	Description
ICT practicals	As prácticas consisten na implementación e resolución das ecuacións nun código numérico. Esta actividade levará a cabo co apoio do profesor en todos os pasos.
Supervised projects	O traballo tutelado será derivado destas implementacións, coa resolución dun caso práctico e a súa validación con datos de referencia. O profesor responderá de forma personalizada a todas as dúbidas e preguntas que aparecen ao longo da actividade.



## Assessment

Methodologies	Competencies / Results	Description	Qualification
ICT practicals	A4 A5 A20 B2 B5 B13 B16 B6 C1 C3 C8 C11	A realización das prácticas valorarase por un 30% da nota final da materia. Consiste na implementación de métodos numéricos básicos para a resolución de ecuacións sinxelas en 1D. A avaliación farase en base ao traballo do alumno na aula e un informe sobre o seu código comentado.	30
Supervised projects	A4 A5 A20 B1 B2 B13 B16 B6 C1 C3 C8 C9 C11	En base á códigos numéricos implementados nas prácticas, cada alumno realizará a resolución dun caso práctico sinxelo e comparará de forma crítica os seus resultados con datos de referencia. Avaliarase o traballo en base a un informe breve do alumno.	70

## Assessment comments

Se un alumno non supera a materia na primeira oportunidade, na segunda oportunidade e na convocatoria adiantada unicamente poderá entregar a revisión e mellora daqueles traballos entregados e cualificados como non aptos previamente.

Nesta asignatura non se acepta dispensa académica.

## Sources of information

<b>Basic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- H K Versteeg, W. Malalasekera (2007). An introduction to Computational Fluid Dynamics. Pearson. Prentice Hall</li> <li>- J H Ferziger, M. Peric (2001). Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer</li> <li>- C J Greenshields (2018). OpenFoam User guide. The OpenFoam Foundation</li> </ul>
<b>Complementary</b>	

## Recommendations

### Subjects that it is recommended to have taken before

Thermal Engineering/730497205

### Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Computational Methods for Continuous Media/730497221

### Subjects that continue the syllabus

Simulation Process in CFD/730497223

## Other comments

O alumno ha de adquirir nos seus estudos anteriores competencias en mecánica de fluídos e métodos numéricos equivalentes ás que se adquiren nun grao de enxeñaría industrial. Para axudar a conseguir unha contorna inmediata sostida e cumprir co obxectivo da acción número 5: "Docencia e investigación saudable e sustentable ambiental e social" do "Plan de Acción Green Campus Ferrol": A entrega dos traballos documentais que se realicen nesta materia:

- \* Solicitaranse en formato virtual e/ou soporte informático
- \* Realizarase a través de Moodle, en formato dixital sen necesidade de imprimilos
- \* En caso de ser necesario realízalos en papel
- \* Non se empregarán plásticos
- \* Realizaranse impresións a dobre cara
- \* Empregarase papel reciclado
- \* Evitarase a impresión de borradores.

(\*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.