



| Guía Docente          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                    |          |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------|
| Datos Identificativos |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    | 2020/21            |          |
| Asignatura (*)        | Volumes Finitos en CFD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Código             | 730497222          |          |
| Titulación            | Mestrado Universitario en Enxeñaría Industrial (plan 2018)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                    |                    |          |
| Descriptorios         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                    |          |
| Ciclo                 | Período                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Curso              | Tipo               | Créditos |
| Mestrado Oficial      | 1º cuatrimestre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Segundo            | Optativa           | 4.5      |
| Idioma                | Castelán                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |                    |          |
| Modalidade docente    | Presencial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                    |                    |          |
| Prerrequisitos        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                    |          |
| Departamento          | Enxeñaría Naval e Industrial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                    |          |
| Coordinación          | Lema Rodríguez, Marcos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Correo electrónico | marcos.lema@udc.es |          |
| Profesorado           | Gosset , Anne Marie Elisabeth                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Correo electrónico | anne.gosset@udc.es |          |
|                       | Lema Rodríguez, Marcos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    | marcos.lema@udc.es |          |
| Web                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                    |          |
| Descrición xeral      | Esta materia que forma parte do módulo de optatividad de métodos computacionales para os medios continuos constitúe unha introdución ao método de volumes finitos habitualmente utilizado nos códigos de Dinámica de Fluídos Computacional ( CFD). A partir das ecuacións de Navier- Stokes en forma conservativa obtidas na materia de "Métodos computacionales para medios continuos", o método aplicarase a casos básicos como os problemas de difusión pura, e de convección-difusión. Realizarase en Matlab 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. |                    |                    |          |
| Plan de continxencia  | 1. Modificacións nos contidos<br>Non se realizarán cambios.<br><br>2. Metodoloxías<br>*Metodoloxías docentes que se manteñen<br>Mantéñense todas as metodoloxías.<br><br>*Metodoloxías docentes que se modifican<br>A sesión maxistral realizarase mediante Teams. A presentación do traballo tutelado e das prácticas TIC realizarase tamén mediante Teams.<br><br>3. Mecanismos de atención personalizada ao alumnado<br>Fóra das titorías en despacho, mantéñense os mesmos mecanismos de atención personalizada, a saber: videoconferencia e mensaxería por Teams, Moodle e correo electrónico, por esta orde de preferencia.<br>Adicionalmente, se o profesorado observa que hai dúbidas comúns a un grupo de alumnos, poderanse programar titorías de grupo reducido mediante videoconferencia por Teams.<br><br>4. Modificacións na avaliación<br>Non hai cambios na avaliación, máis aló de que será realizada telemáticamente mediante Teams.<br><br>*Observacións de avaliación:<br><br>5. Modificacións da bibliografía ou webgrafía<br>Sen modificacións.                                              |                    |                    |          |



## Competencias do título

| Código | Competencias do título                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A4     | ETI4 - Capacidade para a análise e o deseño de procesos químicos.                                                                                                                                                                                                   |
| A5     | ETI5 - Coñecementos e capacidades para o deseño e a análise de máquinas e motores térmicos, máquinas hidráulicas e instalacións de calor e frío industrial.                                                                                                         |
| A20    | EI4 - Coñecemento e capacidades para o proxectar e deseñar instalacións eléctricas e de fluídos, iluminación, climatización e ventilación, aforro e eficiencia enerxética, acústica, comunicacións, domótica e edificios intelixentes e instalacións de seguridade. |
| B1     | CB6 - Posuír e comprender coñecementos que acheguen unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/ou aplicación de ideas, a miúdo nun contexto de investigación.                                                                                  |
| B2     | CB7 - Que os estudantes saiban aplicar os coñecementos adquiridos e a súa capacidade de resolución de problemas en ámbitos novos ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos (ou multidisciplinares) relacionados coa súa área de estudo.                    |
| B5     | CB10 - Que os estudantes posúan as habilidades de aprendizaxe que lles permitan continuar estudando dun modo que terá que ser en boa medida autodirixido ou autónomo.                                                                                               |
| B6     | G1 - Ter coñecementos adecuados dos aspectos científicos e tecnolóxicos na Enxeñería Industrial.                                                                                                                                                                    |
| B13    | G8 - Aplicar os coñecementos adquiridos e resolver problemas en contornas novas ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos e multidisciplinares.                                                                                                            |
| B16    | G11 - Posuír as habilidades de aprendizaxe que permitan continuar estudando dun modo autodirixido ou autónomo.                                                                                                                                                      |
| 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.                                                                                                                                               |

## Resultados da aprendizaxe

| Resultados de aprendizaxe                                                                                                   | Competencias do título |                                          |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|
| Saber aplicar o método de volumes finitos a problemas de difusión, e convección difusión e programalo en Matlab.            | AP4<br>AP5<br>AP20     | BP1<br>BP2<br>BP5<br>BP6<br>BP13<br>BP16 | CP1<br>CP3<br>CP8<br>CP9<br>CP11 |
| Coñecer as características dos diferentes esquemas de discretización, e saber elixir o máis adecuado para un problema dado. |                        | BP1<br>BP2<br>BP5<br>BP6<br>BP13<br>BP16 | CP1<br>CP8<br>CP9<br>CP11        |
| Comprender os métodos de axuste presión-velocidade.                                                                         | AP4<br>AP5<br>AP20     | BP1<br>BP2<br>BP5<br>BP6<br>BP13<br>BP16 | CP1<br>CP3<br>CP8<br>CP9<br>CP11 |

## Contidos

| Temas | Subtemas |
|-------|----------|
|-------|----------|



|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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>- Condiciones de simetría</li> <li>- Regras xerais e trucos</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                    |

| Planificación                                                                                                            |                                                  |                   |                                           |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|--------------|
| Metodoloxías / probas                                                                                                    | Competencias                                     | Horas presenciais | Horas non presenciais / traballo autónomo | Horas totais |
| Prácticas a través de TIC                                                                                                | A4 A5 A20 B2 B5 B13<br>B16 B6 C1 C3 C8<br>C11    | 6.5               | 19.5                                      | 26           |
| Traballos tutelados                                                                                                      | A4 A5 A20 B1 B2 B13<br>B16 B6 C1 C3 C8 C9<br>C11 | 5                 | 20                                        | 25           |
| Sesión maxistral                                                                                                         | A4 A5 A20 B1 B16 B6<br>C1 C8 C9 C11              | 20                | 37                                        | 57           |
| Atención personalizada                                                                                                   |                                                  | 4.5               | 0                                         | 4.5          |
| *Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientativo, considerando a heteroxeneidade do alumnado |                                                  |                   |                                           |              |

| Metodoloxías |            |
|--------------|------------|
| Metodoloxías | Descrición |



|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prácticas a través de TIC | 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.                                                                                                                                                                                                                                           |
| Traballos tutelados       | 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. |
| Sesión maxistral          | 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## Atención personalizada

| Metodoloxías              | Descrición                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prácticas a través de TIC | As prácticas consisten na implementación e resolución das ecuacións no código Matlab. Esta actividade levará a cabo co apoio do profesor en todos os pasos.                                                                                             |
| Traballos tutelados       | 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. |

## Avaliación

| Metodoloxías              | Competencias                               | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Cualificación |
|---------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Prácticas a través de TIC | A4 A5 A20 B2 B5 B13 B16 B6 C1 C3 C8 C11    | A realización das prácticas con Matlab 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            |
| Traballos tutelados       | 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            |

## Observacións avaliación

Nesta asignatura non se acepta dispensa académica.

## Fontes de información

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bibliografía básica</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>Bibliografía complementaria</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## Recomendacións

Materias que se recomenda ter cursado previamente



Enxeñaría Térmica/730497205

**Materias que se recomenda cursar simultaneamente**

Métodos Computacionales para os Medios Continuos/730497221

**Materias que continúan o temario**

Proceso de Simulación CFD/730497223

**Observacións**

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.

(\*) A Guía docente é o documento onde se visualiza a proposta académica da UDC. Este documento é público e non se pode modificar, salvo casos excepcionais baixo a revisión do órgano competente de acordo coa normativa vixente que establece o proceso de elaboración de guías