



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Simulación Aplicada a Mecánica de Flúidos

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |       |              |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| Materia               | Simulación Aplicada a Mecánica de Flúidos                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |       |              |
| Código                | V09M148V01305                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |       |              |
| Titulación            | Máster Universitario en Enxeñaría de Minas                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |              |
| Descritores           | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                       | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | OB     | 2     | 1c           |
| Lingua de impartición | Castelán                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
| Departamento          | Enxeñaría mecánica, máquinas e motores térmicos e flúidos                                                                                                                                                                                                                                                     |        |       |              |
| Coordinador/a         | Martín Ortega, Elena Beatriz                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |       |              |
| Profesorado           | Martín Ortega, Elena Beatriz                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |       |              |
| Correo-e              | emortega@uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
| Web                   | <a href="http://emortega.webs.uvigo.es/">http://emortega.webs.uvigo.es/</a>                                                                                                                                                                                                                                   |        |       |              |
| Descrición xeral      | Esta materia preséntase como unha introdución á dinámica de flúidos computacional que, partindo dun coñecemento das ecuacións de conservación dos flúidos (xa adquirido polos alumnos en materias previas) permita ao alumno realizar simulacións sinxelas que involucren a un flúido como medio de traballo. |        |       |              |

## Competencias

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| A1     | Posuír e comprender coñecementos que acheguen unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/ou aplicación de ideas, adoito nun contexto de investigación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| A2     | Que os estudantes saiban aplicar os coñecementos adquiridos e a súa capacidade de resolución de problemas en contornos novos ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos (ou multidisciplinares) relacionados coa súa área de estudo.                                                                                                                                                                                                                                                   |
| B7     | Coñecementos adecuados dos aspectos científicos e tecnolóxicos de métodos matemáticos, analíticos e numéricos da enxeñaría, mecánica de flúidos, mecánica de medios continuos, cálculo de estruturas, carboquímica, petroquímica e xeotecnia.                                                                                                                                                                                                                                                  |
| C19    | Competencia Específica CA1. Capacidade para abordar e resolver problemas matemáticos avanzados de enxeñaría, desde a formulación do problema ata o desenvolvemento da formulación e a súa implementación nun programa de computador. En particular, capacidade para formular, programar e aplicar modelos analíticos e numéricos avanzados de cálculo, proxecto, planificación e xestión, así como capacidade para a interpretación dos resultados obtidos, no contexto da Enxeñaría de Minas. |
| C20    | Competencia Específica CA2. Coñecemento adecuado de aspectos científicos e tecnolóxicos de mecánica de flúidos, mecánica de medios continuos, cálculo de estruturas, xeotecnia, carboquímica e petroquímica.                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| D1     | Competencia Transversal CT1. Saber avaliar e seleccionar a teoría científica adecuada e a metodoloxía precisa dos seus campos de estudo para formular xuízos a partir de información incompleta ou limitada incluíndo, cando sexa preciso e pertinente, unha reflexión sobre a responsabilidade social ou ética ligada á solución que se propoña en cada caso.                                                                                                                                 |
| D2     | Competencia Transversal CT2. Ser capaz de predicir e controlar a evolución de situacións complexas mediante o desenvolvemento de novas e innovadoras metodoloxías de traballo adaptadas ao ámbito científico/investigador, tecnolóxico ou profesional concreto, en xeral multidisciplinar, no que se desenvolva a súa actividade.                                                                                                                                                              |
| D11    | Competencia Transversal CT11. Adquirir coñecementos avanzados e demostrar, nun contexto de investigación científica e tecnolóxica ou altamente especializado, unha comprensión detallada e fundamentada dos aspectos teóricos e prácticos e da metodoloxía de traballo nun ou máis campos de estudo.                                                                                                                                                                                           |

## Resultados de aprendizaxe

|                                 |                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Resultados previstos na materia | Resultados de Formación e Aprendizaxe |
|---------------------------------|---------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Posuír os coñecementos adecuados dos aspectos científicos e tecnolóxicos de mecánica de fluídos, en concreto dos métodos avanzados de simulación numérica en Mecánica de Fluídos: Técnicas *CFD, fluxos de capa límite, modelos de turbulencia, entre outros. | A1<br>A2<br>B7<br>C19<br>C20<br>D1<br>D2        |
| Saber analizar sistemas no que o fluído sexa o medio de traballo mediante técnicas de Dinámica de Fluídos Computacional.                                                                                                                                      | A1<br>A2<br>B7<br>C19<br>C20<br>D1<br>D2<br>D11 |

## Contidos

| Tema                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Introducción á dinámica de fluídos computacional. Ecuacións e modelos.                                                             | 1.1 Ecuacións xerais do movemento de fluídos.<br>1.1.a Notación integral<br>1.1.*b Notación diferencial<br>1.1.*c Notación compacta<br><br>1.2 Números adimensionais relevantes en mecánica de fluídos<br>1.2.a Exemplos de modelos límite<br><br>1.3 Particularidades dos fluxos: Capas límite                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2. Fluxos *turbulentos                                                                                                                | 2.1 Introducción<br><br>2.2 Escala de *Kolmogorov<br><br>2.3 Inviabilidade da simulación numérica directa<br><br>2.4 Modelos de turbulencia<br>2.4.a Modelos *RANS:<br>- Medias de *Reynolds e de *Favre<br>- Ecuacións *promediadas. Esforzos aparentes de *Reynolds. Problema do peche<br>- Hipótese de *Boussinesq: modelos *algebraicos, dunha ecuación e de dúas ecuacións<br>- Leis de parede. Modelos de alto e baixo número de *Reynolds<br>- Modelos de transporte de esforzos aparentes de *Reynolds<br>2.4.*b Modelos LLES |
| 3. Métodos específicos de resolución das ecuacións de *Navier-*Stokes.                                                                | 3.1 *Discretización das ecuacións de fluídos.<br>3.1.a *Discretización do dominio computacional<br>3.1.*b Ecuacións *discretizadas en *FVM<br>3.1.*c *Discretización das condicións de contorno<br>3.1.d Tratamento das capas límite<br><br>3.2 Fluxos *incompresibles. Ecuación de presión<br>3.2.a Métodos de *compresibilidade artificial<br>3.2.*b Axustes presión-velocidade                                                                                                                                                     |
| 4. Introducción ao uso de distintos software (*Comsol e *OpenFoam*) de simulación numérica de fluídos. Prácticas en aula *informática | 4.1 Fluxo ao redor dun chanzo. Fluxo *laminar e fluxo *turbulento<br><br>4.2 Forzas *aerodinámicas sobre corpos. Exemplo de cálculo da rúa de *Kármán tras un cilindro de sección circular<br><br>4.3 Exemplo do fluxo no interior dunha cavidade<br><br>4.4 Exemplo dun dispositivo mesturador de correntes<br><br>4.5 Propóranse exercicios de simulación numérica para ser resoltos de forma máis independente polos alumnos. Se o ritmo de clase permite presentaranse simulacións adicionais                                     |

## Planificación

|                                        | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|----------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Lección maxistral                      | 12            | 27.5               | 39.5         |
| Resolución de problemas                | 4             | 14                 | 18           |
| Prácticas en aulas informáticas        | 8             | 5                  | 13           |
| Probas de tipo test                    | 1.5           | 0                  | 1.5          |
| Estudo de casos/análisis de situacións | 3             | 0                  | 3            |

\*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

### Metodoloxía docente

|                                 | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral               | Exposición por parte do profesor dos contidos sobre a materia obxecto de estudo, bases teóricas e/ou directrices dun traballo, exercicio ou proxecto a desenvolver polo estudante.                                                                                                                                                                                                                 |
| Resolución de problemas         | Actividade na que se formulan problema e/ou exercicios relacionados coa materia. O alumno debe desenvolver as solucións adecuadas ou correctas mediante a *ejercitación de rutinas, a aplicación de fórmulas ou *algoritmos, a aplicación de procedementos de transformación da información dispoñible e a interpretación dos resultados. Adóitase utilizar como complemento da lección maxistral. |
| Prácticas en aulas informáticas | Actividades de aplicación de coñecementos a situacións concretas, e de adquisición de habilidades básicas e *procedimentales relacionadas coa materia obxecto de estudo, que se realizan en aulas de informática.                                                                                                                                                                                  |

### Atención personalizada

| Metodoloxías                    | Descrición                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral               | Atenderase de forma personalizada ao alumno na sesión de preguntas que se formularán durante as sesións maxistras, así como nas prácticas informáticas Así mesmo atenderase ao alumno de forma personalizada nas sesións de *tutorías da materia |
| Resolución de problemas         | Atenderase de forma personalizada ao alumno na sesión de preguntas que se formularán durante as sesións maxistras, así como nas prácticas informáticas Así mesmo atenderase ao alumno de forma personalizada nas sesións de *tutorías da materia |
| Prácticas en aulas informáticas | Atenderase de forma personalizada ao alumno na sesión de preguntas que se formularán durante as sesións maxistras, así como nas prácticas informáticas Así mesmo atenderase ao alumno de forma personalizada nas sesións de *tutorías da materia |

### Avaliación

|                                        | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |     |                 |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----------------|
| Probas de tipo test                    | Probas para avaliación das competencias adquiridas que inclúen preguntas pechadas con diferentes alternativas de resposta (verdadeiro/falso, elección múltiple, emparellamento de elementos...). Os alumnos seleccionan unha resposta entre un número limitado de posibilidades. Estas probas avalían o resultado de aprendizaxe seguinte: "Posuír os coñecementos adecuados dos aspectos científicos e tecnolóxicos de mecánica de fluídos, en concreto dos métodos avanzados de simulación numérica en Mecánica de Fluídos: Técnicas *CFD, fluxos de capa límite, modelos de turbulencia, entre outros" | 50            | B7                                    | C19 | D1<br>C20       |
| Estudo de casos/análisis de situacións | Proba en que se expón unha situación ou problemática xa dada ou que pode darse, partindo dos diferentes factores involucrados, a análise dos antecedentes, condicións, da situación, etc.<br><br>Esta proba avalía o resultado de aprendizaxe seguinte: "Saber analizar sistemas no que o fluído sexa o medio de traballo mediante técnicas de Dinámica de Fluídos Computacional."                                                                                                                                                                                                                        | 50            | A1<br>A2                              | C19 | D1<br>D2<br>D11 |

### Outros comentarios sobre a Avaliación

Exame Final: Ponderación do 70% da nota final da materia. Poderase levar a cabo un test de avaliación dos coñecementos expostos nas sesións maxistras e poderanse expor así mesmo problemas ou Estudos de casos a resolver. Será necesario obter unha nota mínima (de 2.5 sobre 10) en cada parte do exame (test e resolución de problemas/estudo de

casos) para poder facer media.

Avaliación continua: \*Ponderación do 30% sobre a nota final da materia. levará a cabo un test e/ou exercicio. Valorásense os exercicios de simulación numérica realizados durante as prácticas do curso.

A metodoloxía das probas da segunda convocatoria serán do mesmo tipo que das da primeira convocatoria

As datas de avaliación para o curso académico 2017-2018 poden consultarse na páxina web da Escola

---

## **Bibliografía. Fontes de información**

### **Bibliografía Básica**

BLAZEK, J., **Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications**, Elsevier,

BARRERO & PÉREZ-SABORID, **Fundamentos y aplicaciones de la Mecánica de Fluidos**, Mc Graw Hill,

CRESPO, A., **Mecánica de fluidos**, Ed. Thomson,

### **Bibliografía Complementaria**

SCHLICHTING, H, **Teoría de la capa límite**, Ediciones Urmo,

WILCOX, **Turbulence Modeling**, DCW Industries,

Davidson, P. A, **Turbulence, an Introduction for Scientist and Engineers**, Oxford Univ. Press,

FERZIGER, J., MILOVAN, P., **Computational Methods for fluid Dynamics**, 2ª edición, Springer,

CHUNG, **Computational fluid Dynamics**, Cambridge University Press,

HOMSY et al., **Mecánica de Fluidos Multimedia**, Cambridge University Press,

COMSOL Multiphysics®, **Comsol Multiphysics User Guide**, COMSOL AB.,

<http://www.comsol.com/>,

[www.openfoam.com](http://www.openfoam.com),

Greenshields, C. J., **OpenFOAM The Open Source CFD Toolbox. User Guide**, OpenFOAM Foundation Ltd.,

---

## **Recomendacións**

### **Materias que se recomenda cursar simultaneamente**

Simulación Aplicada a Mecánica de Sólidos/V09M148V01301

### **Materias que se recomenda ter cursado previamente**

Matemáticas Avanzadas/V09M148V01205

### **Outros comentarios**

Dedicar o tempo indicado de traballo persoal asignado, así como recorrer a \*tutorías persoais co profesor para resolver as posibles dúbidas que xurdan durante o traballo persoal do alumno.

Recoméndase un seguimento total da materia así como unha actitude activa nas clases.