



## Escola de Enxeñaría Aeronáutica e do Espazo

### Presentación

A Escola de Enxeñaría Aeronáutica e do Espazo (EEAE) da Universidade de Vigo no Campus universitario de Ourense oferta as titulacións da Universidade de Vigo tanto a nivel grao como a nivel máster que estean relacionadas coa enxeñaría aeroespacial ou aeronáutica.

Máis información relativa ao Centro e as súas titulacións atópase neste documento ou na páxina web (<http://aero.uvigo.es>).

### Enderezo

Escola de Enxeñaría Aeronáutica e do Espazo

Pavillón Manuel Martínez-Risco

Campus universitario

32004 Ourense

Tel.: +34 988 368 823

Web: <http://aero.uvigo.es>

### Normativa e lexislación

Atópase a información dispoñible na páxina web do Centro (<http://aero.uvigo.es> no apartado Escola -> Normativa).

## Grao en Enxeñaría Aeroespacial

### Materias

#### Curso 3

| Código        | Nome                                                | Cuadrimestre | Cr.totais |
|---------------|-----------------------------------------------------|--------------|-----------|
| 007G410V01501 | Fabricación aeroespacial                            | 1c           | 6         |
| 007G410V01921 | Mecánica de sólidos e estruturas aeronáuticas       | 1c           | 9         |
| 007G410V01922 | Mecánica de fluídos II e CFD                        | 1c           | 9         |
| 007G410V01923 | Aerodinámica e aeroelasticidade                     | 2c           | 9         |
| 007G410V01925 | Enxeñaría de sistemas e comunicacións aeroespaciais | 2c           | 6         |
| 007G410V01931 | Aerorreactores e motores alternativos aeronáuticos  | 1c           | 6         |
| 007G410V01932 | Deseño mecánico, MEF e vibracións                   | 2c           | 9         |
| 007G410V01933 | Vehículos espaciais                                 | 2c           | 6         |
| 007G410V01941 | Cálculo numérico                                    | 1c           | 6         |

|               |                                                  |    |   |
|---------------|--------------------------------------------------|----|---|
| 007G410V01942 | Aleacións e materiais<br>compostos aeroespaciais | 2c | 9 |
| 007G410V01943 | Mecánica analítica e orbital                     | 2c | 6 |

| DATOS IDENTIFICATIVOS    |                                                                                                                                                                                 |        |       |              |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| Fabricación aeroespacial |                                                                                                                                                                                 |        |       |              |
| Materia                  | Fabricación aeroespacial                                                                                                                                                        |        |       |              |
| Código                   | 007G410V01501                                                                                                                                                                   |        |       |              |
| Titulación               | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                                                                                                                  |        |       |              |
| Descritores              | Creditos ECTS                                                                                                                                                                   | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                          | 6                                                                                                                                                                               | OB     | 3     | 1c           |
| Lingua de impartición    | Castelán                                                                                                                                                                        |        |       |              |
| Departamento             |                                                                                                                                                                                 |        |       |              |
| Coordinador/a            | Carou Porto, Diego                                                                                                                                                              |        |       |              |
| Profesorado              | Carou Porto, Diego                                                                                                                                                              |        |       |              |
| Correo-e                 | diecapor@uvigo.es                                                                                                                                                               |        |       |              |
| Web                      | http://aero.uvigo.es                                                                                                                                                            |        |       |              |
| Descrición xeral         | Esta materia introduce os fundamentos dos procesos de fabricación (deseño, tecnoloxías, planificación, simulación e control de calidade) no ámbito da fabricación aeroespacial. |        |       |              |

### Resultados de Formación e Aprendizaxe

| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A2     | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo                                                                                                                                                                                                                           |
| A3     | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                                                                                                                                                                                                                                            |
| A5     | Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| B1     | Capacidade para o deseño, desenvolvemento e xestión no ámbito da enxeñaría aeronáutica que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/308/2009, os vehículos aeroespaciais, os sistemas de propulsión aeroespacial, os materiais aeroespaciais, as infraestruturas aeroportuarias, as infraestruturas de *aeronavegación e calquera sistema de xestión do espazo, do tráfico e do transporte aéreo.                              |
| B2     | Planificación, redacción, dirección e xestión de proxectos, cálculo e fabricación no ámbito da enxeñaría aeronáutica que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/308/2009, os vehículos aeroespaciais, os sistemas de propulsión aeroespacial, os materiais aeroespaciais, as infraestruturas aeroportuarias, as infraestruturas de aeronavegación e calquera sistema de xestión do espazo, do tráfico e do transporte aéreo. |
| C11    | Comprender as prestacións tecnolóxicas, as técnicas de optimización dos materiais e a modificación das súas propiedades mediante tratamentos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| C12    | Comprender os procesos de fabricación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| C19    | Coñecemento aplicado de: a ciencia e tecnoloxía dos materiais; mecánica e termodinámica; mecánica de fluídos; aerodinámica e mecánica do voo; sistemas de navegación e circulación aérea; tecnoloxía aeroespacial; teoría de estruturas; transporte aéreo; economía e produción; proxectos; impacto ambiental.                                                                                                                                                                                 |
| C25    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: os métodos de cálculo de deseño e proxecto aeronáutico; o uso da experimentación aerodinámica e dos parámetros máis significativos na aplicación teórica; o manexo das técnicas experimentais, equipamento e instrumentos de medida propios da disciplina; a simulación, deseño, análise e interpretación de experimentación e operacións en voo; os sistemas de mantemento e certificación de aeronaves.                                      |
| C26    | Coñecemento aplicado de: aerodinámica; mecánica e termodinámica, mecánica do voo, enxeñaría de aeronaves (á fixa e ás rotatorias), teoría de estruturas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| C32    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os métodos de cálculo e de desenvolvemento dos materiais e sistemas da defensa; o manexo das técnicas experimentais, equipamento e instrumentos de medida propios da disciplina; a simulación numérica dos procesos físico-matemáticos máis significativos; as técnicas de inspección, de control de calidade e de detección de fallos; os métodos e técnicas de reparación máis adecuados.                                                    |
| D2     | Liderado, iniciativa e espírito emprendedor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| D3     | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| D4     | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| D6     | Capacidade de comunicación interpersoal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| D8     | Capacidade de razoamento crítico e autocrítico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D11    | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| D13    | Sustentabilidade e compromiso ambiental. Uso equitativo, responsable e eficiente dos recursos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

### Resultados previstos na materia

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

|                                                                                                                                                                             |                |          |                                        |                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|----------------------------------------|------------------------------------------|
| Coñecemento dos principios xerais sobre deseño xeométrico, funcional e os específicos dos elementos e instalacións propias das especialidades.                              | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C12                                    | D2<br>D3<br>D4<br>D8<br>D11<br>D13       |
| Interpretación, confección e xestión de documentos técnicos, para o deseño conceptual, preliminar e detalle de modelos físicos e sistemas                                   | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C11<br>C12<br>C19<br>C25<br>C26<br>C32 | D4<br>D8                                 |
| Criterios de calidade e análise destes deseños. O alumno ou alumna coñece os procesos de produción, os seus principais parámetros definitorios e o seu campo de aplicación. | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C12                                    | D2<br>D3<br>D4<br>D6<br>D8<br>D11<br>D13 |
| O alumno ou a alumna coñece toda a información necesaria para levar a cabo un proceso de produción.                                                                         | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C12                                    | D2<br>D3<br>D4<br>D8<br>D11<br>D13       |
| O alumno ou a alumna é capaz de realizar un informe que permita a execución exitosa dun proceso de produción.                                                               | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C12                                    | D2<br>D3<br>D4<br>D8<br>D11<br>D13       |

## Contidos

### Tema

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bloque *I  | 1. Integración do deseño e fabricación<br>2. Conformado por deformación plástica<br>3. Conformado por mecanizado<br>4. Conformado de plásticos<br>5. Conformado por moldeo<br>6. Pulvimetalurxia<br>7. Fabricación aditiva<br>8. Conformado de materiais compostos<br>9. Técnicas de unión e ensamblaje<br>10. Metroloxía |
| Bloque *II | Simulación de procesos de fabricación                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

## Planificación

|                               | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|-------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Lección maxistral             | 10            | 20                 | 30           |
| Lección maxistral             | 7             | 16                 | 23           |
| Resolución de problemas       | 12.5          | 21.5               | 34           |
| Aprendizaxe colaborativa      | 1             | 2                  | 3            |
| Prácticas con apoio das TIC   | 15            | 35                 | 50           |
| Prácticas de laboratorio      | 3             | 3                  | 6            |
| Saídas de estudo              | 1.5           | 0                  | 1.5          |
| Exame de preguntas obxectivas | 2.5           | 0                  | 2.5          |

\*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 fundamentais da materia.                                                                                                      |
| Lección maxistral       | Exposición por parte do profesor dos contidos fundamentais da materia.                                                                                                      |
| Resolución de problemas | Presentación e resolución por parte do profesor de problemas relativos aos procesos de fabricación estudados de maneira teórica coa participación activa das/os estudantes. |

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aprendizaxe colaborativa    | O profesor exporá temas de estudo que as/os estudantes traballarán de maneira autónoma para elaborar contidos adicionais de maneira *colaborativa.                                                                                                                              |
| Prácticas con apoio das TIC | Introdución ao emprego de software de simulación de procesos de fabricación por parte do profesor. Coas instrucións recibidas e traballo autónomo, as/os estudantes poderán resolver problemas específicos que permitan mellorar o seu coñecemento sobre os procesos estudados. |
| Prácticas de laboratorio    | Introdución ao traballo con equipos de fabricación no laboratorio.                                                                                                                                                                                                              |
| Saídas de estudo            | Visitas a empresas, centros tecnolóxicos e outras entidades de interese.                                                                                                                                                                                                        |

### Atención personalizada

| Metodoloxías                | Descrición                                                                 |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral           | Prestarase atención ao estudantado no horario lectivo como no de titorías. |
| Resolución de problemas     | Prestarase atención ao estudantado no horario lectivo como no de titorías. |
| Prácticas con apoio das TIC | Prestarase atención ao estudantado no horario lectivo como no de titorías. |
| Aprendizaxe colaborativa    | Prestarase atención ao estudantado no horario lectivo como no de titorías. |
| Prácticas de laboratorio    | Prestarase atención ao estudantado no horario lectivo como no de titorías. |
| Saídas de estudo            | Prestarase atención ao estudantado no horario lectivo como no de titorías. |
| Lección maxistral           | Prestarase atención ao estudantado no horario lectivo como no de titorías. |

### Avaliación

|                             | Descrición                              | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |     |     |  |
|-----------------------------|-----------------------------------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|--|
| Lección maxistral           | Proba escrita 1                         | 40            | A2                                    | C12 | D4  |  |
|                             |                                         |               | A5                                    |     | D8  |  |
| Lección maxistral           | Proba escrita 2                         | 30            |                                       |     |     |  |
| Resolución de problemas     | Entrega de problemas propostos resoltos | 5             | A2                                    | C12 | D2  |  |
|                             |                                         |               | A5                                    |     | D3  |  |
|                             |                                         |               |                                       |     | D4  |  |
|                             |                                         |               |                                       |     | D8  |  |
| Aprendizaxe colaborativa    | Participación en actividades propostas  | 5             | A2                                    | C12 | D2  |  |
|                             |                                         |               | A3                                    |     | D3  |  |
|                             |                                         |               | A5                                    |     | D4  |  |
|                             |                                         |               |                                       |     | D6  |  |
|                             |                                         |               |                                       |     | D8  |  |
|                             |                                         |               |                                       |     | D13 |  |
| Prácticas con apoio das TIC | Entrega de memorias de prácticas        | 20            | A2                                    | C12 | D2  |  |
|                             |                                         |               | A5                                    |     | D3  |  |
|                             |                                         |               |                                       |     | D4  |  |
|                             |                                         |               |                                       |     | D8  |  |
|                             |                                         |               |                                       |     | D11 |  |

### Outros comentarios sobre a Avaliación

**O modelo de avaliación é avaliación continua.**

O/A estudante ten dereito a optar pola avaliación global segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria. O exame global consistirá nun exame escrito en data oficial que cubra todos os aspectos avaliados en avaliación continua.

#### PRIMEIRA OPORTUNIDADE:

A materia avalíase en base a catro parámetros:

-Exames teórico-prácticos (nota máxima 7 puntos). Consistirán en dúas probas. A primeira durante o desenvolvemento do curso e a segunda na data oficial de exame. Nestas probas avalíanse os coñecementos teóricos da materia, cuestións relacionadas cos problemas e prácticas mediante un exame tipo test e resposta curta. O primeiro exame valórase en 4 puntos e o segundo en 3 puntos.

-Resolución de problemas (nota máxima 0,5 puntos). Avaliarase a entrega da resolución aos problemas expostos durante o curso nos prazos establecidos.

-Aprendizaxe colaborativo (nota máxima 0,5 puntos). Deberase participar nas actividades propostas durante o curso. Este apartado será avaliado en grupo.

-Prácticas (nota máxima 2 puntos). Avaliarase a entrega das memorias de prácticas durante o curso nos prazos establecidos. Aprobarán a materia aqueles alumnos que consigan unha nota igual ou superior a 5 puntos. Non se fará media no caso de que no conxunto dos exames teórico-prácticos a nota sexa inferior a 4,5; sendo a nota final de actas suspenso ata o máximo permitido. Non é posible recuperar ningunha proba a posteriori, salvo causa xustificada.

#### SEGUNDA OPORTUNIDADE:

O método de Avaliación é o mesmo que o descrito para a PRIMEIRA OPORTUNIDADE. Poderanse gardar traballos da primeira oportunidade con cualificación >5. En ningún caso gardarase a cualificación dos exames.

#### **OUTRAS CONSIDERACIÓNS:**

En caso de detección de plaxio en calquera das probas, a cualificación final será de SUSPENSO (0) e o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos. As probas desenvolveranse durante o cuadrimestre. O exame teórico-práctico inicial desenvolverase en data a definir e indicada ás/os estudantes con antelación suficiente. O calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta de Centro da EEAE atópase publicado na páxina web

<http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames>

A avaliación fin de carreira seguirá os mesmos criterios ca avaliación de 2ª oportunidade.

---

#### **Bibliografía. Fontes de información**

##### **Bibliografía Básica**

Serope Kalpakjian, Steven Schmid, **Manufacturing Engineering and Technology**, 9780136681656, 8, Pearson Education, 2020

Mikell P. Groover, **Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas**, 3, Prentice-Hall, 2007

Mikell P. Groover, **Principles of modern manufacturing**, 5, John Wiley & Sons, 2013

##### **Bibliografía Complementaria**

J.T. Black, Ronald A. Kohser, **DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing**, 9781119492825, 13, Wiley, 2019

A. Sartal, D. Carou, J.P. Davim, **Enabling Technologies for the Successful Deployment of Industry 4.0**, 9781032240602, 1, CRC Press, 2020

---

#### **Recomendacións**

##### **Materias que continúan o temario**

Tecnoloxías para conformado de materiais aeroespaciais/O07G410V01913

---

| <b>DATOS IDENTIFICATIVOS</b>                         |                                                                                    |        |       |              |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| <b>Mecánica de sólidos e estruturas aeronáuticas</b> |                                                                                    |        |       |              |
| Materia                                              | Mecánica de sólidos e estruturas aeronáuticas                                      |        |       |              |
| Código                                               | O07G410V01921                                                                      |        |       |              |
| Titulación                                           | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                     |        |       |              |
| Descritores                                          | Creditos ECTS                                                                      | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                                                      | 9                                                                                  | OP     | 3     | 1c           |
| Lingua de impartición                                | Castelán<br>Galego                                                                 |        |       |              |
| Departamento                                         |                                                                                    |        |       |              |
| Coordinador/a                                        | Comesaña Piñeiro, Rafael<br>Conde Carnero, Borja                                   |        |       |              |
| Profesorado                                          | Bendaña Jácome, Ricardo Javier<br>Comesaña Piñeiro, Rafael<br>Conde Carnero, Borja |        |       |              |
| Correo-e                                             | bconde@uvigo.es<br>racomesana@uvigo.es                                             |        |       |              |
| Web                                                  | <a href="http://http://aero.uvigo.es/">http://http://aero.uvigo.es/</a>            |        |       |              |
| Descrición xeral                                     | Introdución á mecánica de sólidos e as estruturas aeronáuticas                     |        |       |              |

### Resultados de Formación e Aprendizaxe

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |
| A2     | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo |  |  |
| A3     | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                  |  |  |
| C20    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: A mecánica de fractura do medio continuo e as formulacións dinámicas, de fatiga de inestabilidade estrutural e de aeroelasticidad.                                                                                   |  |  |
| C26    | Coñecemento aplicado de: aerodinámica; mecánica e termodinámica, mecánica do voo, enxeñaría de aeronaves (á fixa e ás rotatorias), teoría de estruturas.                                                                                                             |  |  |
| C33    | Coñecemento aplicado de: aerodinámica; mecánica do voo, enxeñaría da defensa aérea (balística, mísiles e sistemas aéreos), propulsión espacial, ciencia e tecnoloxía dos materiais, teoría de estruturas.                                                            |  |  |
| D3     | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                           |  |  |
| D4     | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                          |  |  |
| D5     | Capacidade de resolución de problemas e toma de decisións                                                                                                                                                                                                            |  |  |
| D6     | Capacidade de comunicación interpersoal                                                                                                                                                                                                                              |  |  |
| D8     | Capacidade de razoamento crítico e autocrítico                                                                                                                                                                                                                       |  |  |
| D11    | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                    |  |  |

### Resultados previstos na materia

| Resultados previstos na materia                                                                                                                              | Resultados de Formación e Aprendizaxe |                   |                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Compresión das ecuacións e principios xerais do medio continuo, así como a axeitada selección dos diferentes modelos de compartamento de sólidos deformables | A2                                    | C26<br>C33        | D4<br>D5<br>D11                   |
| Análise de sólidos e estruturas sometidas a tensións superiores ao límite elástico e a cargas cíclicas                                                       | A3                                    | C20               | D4<br>D6<br>D8<br>D11             |
| Coñecemento, comprensión, aplicación, análise e síntese da teoría de estruturas                                                                              | A3                                    | C26<br>C33        | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Coñecemento dos aspectos máis destacados do comportamento estrutural de aeronaves                                                                            | A2<br>A3                              | C20<br>C26<br>C33 | D4<br>D5<br>D8                    |

| <b>Contidos</b>                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tema                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Introducción ás características e configuración das estruturas aeronáuticas | - Cargas sobre a estrutura.<br>- Elementos estruturais. Estrutura da fuselaxe: monocasco, semimonocasco. Estrutura de ala e de cola.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Estruturas simétricas.                                                      | - Estruturas simétricas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Esforzos producidos polo momento flector e pola forza cortante.             | - Teorema do fluxo cortante.<br>- Esforzos cortantes.<br>- Flexión composta en estruturas simétricas.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Torsión.                                                                    | - Seccións non circulares. Sección rectangular.<br>- Seccións abertas de pequeno espesor. Seccións cerradas de pequeno espesor. Seccións cerradas multicelulares.<br>- Centro de torsión.<br>- Flexión-torsión.                                                                                                                                                                           |
| Análise de tensións en alas.                                                | - Análise de tensións en alas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Análise de tensións en fuselaxes.                                           | - Análise de tensións en fuselaxes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Introducción á integridade estrutural                                       | - Requisitos de resistencia e rixidez. Factor último de seguridade.<br>- Fatiga. Criterios de fatiga basados en tensións.<br>- Criterios de fatiga basados en deformacións.<br>- Introducción á mecánica da fractura. Criterios de tolerancia ao dano. Marxe de seguridade e factor de reserva.                                                                                           |
| Elementos sometidos a esforzos axiais de tracción e momentos flectores.     | - Elementos sometidos a esforzos axiais de tracción e momentos flectores. Momento flector último.                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Problemas de inestabilidade                                                 | - Introducción á teoría da estabilidade.<br>- Pandeo global. Inestabilidade primaria de columnas de sección estable.<br>- Pandeo de viga-columna. Esfuerzo de crippling.<br>- Inestabilidade de paneles planos e curvos.<br>- Pandeo local de vigas de sección de parede delgada.<br>- Paneles rixidizados. Formas de fallo a compresión e cortadura.                                     |
| Unións en estruturas aeronáuticas.                                          | - Unións en estruturas aeronáuticas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Teoría de placas e láminas.                                                 | - Elementos estruturais tipo placa e lámina.<br>- Hipóteses básicas de cálculo.<br>- Flexión de placas e láminas.<br>- Pandeo de placas.                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Método dos elementos finitos (MEF).                                         | - Análise estática lineal con elementos tipo barra, elasticidade 2D e 3D, placas e láminas.<br>- Introducción a software de simulación MEF.<br>- Inestabilidade estrutural. Pandeo mediante MEF.<br>- Introducción á análise estática non-lineal de estruturas: non-linealidade xeométrica, non-linealidade do material (plasticidade), non-linealidade debida ás condicións de contorno. |

| <b>Planificación</b>                                                                                                     |               |                    |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
|                                                                                                                          | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
| Lección maxistral                                                                                                        | 47            | 56                 | 103          |
| Prácticas de laboratorio                                                                                                 | 24            | 30                 | 54           |
| Resolución de problemas de forma autónoma                                                                                | 0             | 60.5               | 60.5         |
| Exame de preguntas de desenvolvemento                                                                                    | 3.5           | 0                  | 3.5          |
| Exame de preguntas obxectivas                                                                                            | 2             | 0                  | 2            |
| Resolución de problemas e/ou exercicios                                                                                  | 2             | 0                  | 2            |
| *Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado. |               |                    |              |

| <b>Metodoloxía docente</b>                |                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           | Descrición                                                                                                                       |
| Lección maxistral                         | Exposición na aula dos coñecementos básicos da materia.                                                                          |
| Prácticas de laboratorio                  | Realización de prácticas no laboratorio e/ou realización de prácticas en aula informática e/ou resolución de problemas prácticos |
| Resolución de problemas de forma autónoma | Resolución de problemas e/ou exercicios de forma autónoma por parte do alumno                                                    |

| <b>Atención personalizada</b> |            |
|-------------------------------|------------|
| Metodoloxías                  | Descrición |



Prácticas de laboratorio Nas prácticas intentarase na medida do posible atender personalmente a todas as dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento das prácticas

| <b>Avaliación</b>                       |                                                                                                                                                                                                                               |               |                                       |                   |                             |  |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------|--|
|                                         | Descrición                                                                                                                                                                                                                    | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |                   |                             |  |
| Prácticas de laboratorio                | Asistencia e participación activa en todas as clases prácticas do cuatrimestre, así como a entrega en tempo e forma de toda a documentación solicitada.                                                                       | 10            | A2<br>A3                              | C20<br>C26<br>C33 | D3<br>D4<br>D5<br>D8<br>D11 |  |
| Exame de preguntas de desenvolvemento   | Exame escrito sobre contidos teóricos e/ou prácticos.                                                                                                                                                                         | 30            | A2                                    | C20<br>C26<br>C33 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8  |  |
| Exame de preguntas obxectivas           | Proba que inclúe preguntas con diferentes alternativas de resposta. O estudantado selecciona unha resposta entre un número limitado de posibilidades. Nas datas que estableza o centro ao completar a impartición da materia. | 30            | A2<br>A3                              | C20<br>C26<br>C33 | D3<br>D4<br>D5<br>D8        |  |
| Resolución de problemas e/ou exercicios | Proba na que o estudantado debe resolver unha serie de problemas e/ou exercicios nun tempo/condicións establecidos polo equipo docente.                                                                                       | 30            | A2<br>A3                              | C20<br>C26        | D3<br>D4<br>D5<br>D8        |  |

#### **Outros comentarios sobre a Avaliación**

A avaliación será de tipo continuado, salvo que o estudantado renuncie a ela polo procedemento oficial pertinente. Neste caso, a avaliación realizarase exclusivamente mediante un exame escrito, que abarcará o 100% da calificación. Este enfoque específico de avaliación denominarase avaliación global. A calificación obtida para o prácticas de laboratorio, conservarase para avaliación de segunda oportunidade e oportunidade de fin de carreira. En ditas convocatorias o 90% restante da calificación obterase mediante un exame escrito, nas datas establecidas pola centro, sobre os contidos teóricos e/ou prácticos.

#### **Estudantes que renuncian oficialmente á avaliación continua**

Neste caso, a nota obtida no exame final representará o 100% da calificación.

O/a estudante ten dereito a optar pola avaliación global segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria.

#### **Prácticas de laboratorio**

A parte presencial correspondente a cada práctica realízase nunha data específica, polo que non é posible recuperar as faltas de asistencia.

Excusaránse puntual e excepcionalmente as prácticas non realizadas nas que o/a estudante presente un xustificante oficial (médico, xulgado, ...) debido a razóns inevitables de forza maior.

#### **Probas de avaliación**

O calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta de Centro da EEAE atópase publicado na páxina web <http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames>. A duración máxima dun exame será de 3 horas se non hai pausa ou de 5 horas se hai unha pausa intermedia (sendo 3 horas o máximo para cada parte).

Non se permitirá o uso de ningún dispositivo electrónico durante as probas de avaliación a menos que este estea expresamente autorizado. O feito de introducir un dispositivo electrónico non autorizado na aula do exame será considerado motivo de non superación da materia no curso académico actual e a nota global será de suspenso (0,0).

#### **Compromiso ético**

Espérase que o/a estudante presente un comportamento ético axeitado. No caso de detectar un comportamento non ético (copia, uso de dispositivos electrónicos non autorizados e outros) considerarase que o/a estudante non reúne os requisitos necesarios para superar a materia. Neste caso, a nota global no curso académico actual será de suspenso (0,0).

## **Observación**

No caso de discrepancia nas versións entre idiomas desta guía, prevalece a versión en castelán.

---

### **Bibliografía. Fontes de información**

#### **Bibliografía Básica**

E. de la Fuente Tremps, **Introducción al análisis de las Estructuras Aeronáuticas**, 1ª, Garceta, 2014

T. H. G. Megson, **Aircraft Structures for engineering students**, 4ª, Elsevier, 2003

Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, **Cálculo de estructuras por el método de elementos finitos**, CIMNE, 1995

#### **Bibliografía Complementaria**

S.P. Timoshenko, **Theory of plates and shells**, 1ª, McGraw Hill, 1940

Darrol Stinton, **The anatomy of the aeroplane.**, 1ª, BPS Profesional Book, 1985

John Cutler, **Understanding Aircraft Structures**, 1ª, Blackwell Science, 1992

Bruce K. donalson, **Analysis of Aircraft Structures**, 1ª, McGRAW-HILL. International Editions, 1993

---

### **Recomendacións**

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

Expresión gráfica: Expresión gráfica/O07G410V01105

Física: Física I/O07G410V01103

Física: Física II/O07G410V01202

Matemáticas: Álgebra lineal/O07G410V01102

Matemáticas: Cálculo I/O07G410V01101

Matemáticas: Cálculo II/O07G410V01201

Ciencia e tecnoloxía dos materiais/O07G410V01304

Matemáticas: Estatística/O07G410V01401

Mecánica clásica/O07G410V01305

Resistencia de materiais e elasticidade/O07G410V01405

Termodinámica/O07G410V01303

| <b>DATOS IDENTIFICATIVOS</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| <b>Mecánica de fluídos II e CFD</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
| Materia                             | Mecánica de fluídos II e CFD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |       |              |
| Código                              | 007G410V01922                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |       |              |
| Titulación                          | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |       |              |
| Descritores                         | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                                     | 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | OP     | 3     | 1c           |
| Lingua de impartición               | #EnglishFriendly<br>Castelán<br>Galego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
| Departamento                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
| Coordinador/a                       | Rodríguez Pérez, Luis<br>Suárez Porto, Eduardo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |       |              |
| Profesorado                         | Rodríguez Pérez, Luis<br>Suárez Porto, Eduardo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |       |              |
| Correo-e                            | lurodriguez@uvigo.es<br>suarez@uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |       |              |
| Web                                 | http://aero.uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        |       |              |
| Descrición xeral                    | <p>Coñecemento, compresión e aplicación de conceptos e técnicas da Mecánica de Fluídos de Enxeñaría Aeroespacial. Parte do curso presentase como unha introdución a dinámica de fluídos computacional que, partindo de un coñecemento de las ecuaciones de conservación de los fluídos (xa adquiridos por estudantes en materias anteriores) permita al estudiante realizar simulacións sinxelas que involucren un fluído como medio de traballo.</p> <p>Materia do programa English Friendly. Os/as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliográficas para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés.</p> |        |       |              |

| <b>Resultados de Formación e Aprendizaxe</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| A2                                           | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo                                                                                                                                                                                      |
| A3                                           | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                                                                                                                                                                                                       |
| A5                                           | Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| C16                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os conceptos e as leis que gobernan os procesos de transferencia de enerxía, o movemento dos fluídos, os mecanismos de transmisión de calor e o cambio de materia e o seu papel na análise dos principais sistemas de propulsión aeroespaciais.                                                                                                                                                           |
| C18                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fundamentos da mecánica de fluídos; os principios básicos do control e a automatización do voo; as principais características e propiedades físicas e mecánicas dos materiais.                                                                                                                                                                                                                         |
| C19                                          | Coñecemento aplicado de: a ciencia e tecnoloxía dos materiais; mecánica e termodinámica; mecánica de fluídos; aerodinámica e mecánica do voo; sistemas de navegación e circulación aérea; tecnoloxía aeroespacial; teoría de estruturas; transporte aéreo; economía e produción; proxectos; impacto ambiental.                                                                                                                                            |
| C20                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: A mecánica de fractura do medio continuo e as formulacións dinámicas, de fatiga de inestabilidade estrutural e de aeroelasticidad.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| C22                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fundamentos da mecánica de fluídos que describen o fluxo en todos os réximes, para determinar as distribucións de presións e as forzas sobre as aeronaves.                                                                                                                                                                                                                                             |
| C25                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: os métodos de cálculo de deseño e proxecto aeronáutico; o uso da experimentación aerodinámica e dos parámetros máis significativos na aplicación teórica; o manexo das técnicas experimentais, equipamento e instrumentos de medida propios da disciplina; a simulación, deseño, análise e interpretación de experimentación e operacións en voo; os sistemas de mantemento e certificación de aeronaves. |
| C26                                          | Coñecemento aplicado de: aerodinámica; mecánica e termodinámica, mecánica do voo, enxeñaría de aeronaves (á fixa e ás rotatorias), teoría de estruturas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| C28                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fundamentos da mecánica de fluídos que describen o fluxo en calquera réxime e determinan as distribucións de presións e as forzas aerodinámicas.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| D3                                           | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| D4                                           | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| D5                                           | Capacidade de resolución de problemas e toma de decisións                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D6                                           | Capacidade de comunicación interpersoal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| D8                                           | Capacidade de razoamento crítico e autocrítico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| D11                                          | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

**Resultados previstos na materia**

| Resultados previstos na materia                                                                            | Resultados de Formación e Aprendizaxe |                                                      |                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Coñecemento e comprensión dos principais conceptos e técnicas da Mecánica de Fluídos                       | A3                                    | C16<br>C18<br>C19<br>C22<br>C28                      | D4<br>D5<br>D8<br>D11             |
| Capacidade para aplicar os principais conceptos e técnicas da Mecánica de Fluídos ás Ciencias da Enxeñaría | A2<br>A3<br>A5                        | C16<br>C18<br>C19<br>C20<br>C22<br>C25<br>C26<br>C28 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Comprensión dos procedementos básicos da dinámica de fluídos computacional                                 | A5                                    | C16<br>C18<br>C19<br>C22<br>C25<br>C26<br>C28        | D4<br>D5<br>D8<br>D11             |

**Contidos**

## Tema

CFD. Ecuacións xerais e fenómenos de transporte Tema 1: Resumo das ecuacións xerais.

Notación integral  
 Notación diferencial  
 Forma conservativa.  
 Notación compacta  
 Modelos límite máis comúns  
 Condicións de contorno máis comúns

## CFD. Turbulencia

Tema 2: Introducción á turbulencia  
 Introducción  
 Escala de Kolmogorov  
 Inviabilidade da simulación numérica directa  
 Modelos de turbulencia:  
 Modelos RANS:  
 -Medias de Reynolds e de Favre  
 -Ecuacións promediadas. Esforzos aparentes de Reynolds. Problema do peche  
 - Hipótese de Boussinesq: modelos algebraicos, dunha ecuación e de dúas ecuacións  
 - Leis de parede. Modelos de alto e baixo número de Reynolds  
 - Modelos de transporte de esforzos aparentes de Reynolds

Modelos LLES: Descrición

Métodos de Volumes Finitos (FVM):

- Introducción
- Discretización do dominio computacional
- Discretización das ecuacións de fluídos
- Ecuacións discretizadas en FVM
- Discretización das condicións de contorno

Fluxos incompresibles. Ecuación de presión

- Métodos de compresibilidad artificial
- Axustes presión-velocidade
- Métodos de aceleración da resolución numérica máis comúns

Tema 4: Introducción ao uso de distintos software (OpenFoam e Fluent) de simulación numérica de fluídos. Prácticas en aula informática.

\*O uso deste software quedará condicionado á dispoñibilidade de licenzas de uso por parte do centro así como á correcta instalación dos mesmos na aula informática asignada

Aplicacións:

- Fluxo laminar no interior dunha cavidade
- Fluxo nun dispositivo mesturador de correntes
- Forzas aerodinámicas sobre corpos:  
Fluxo ao redor dun obstáculo. Fluxo laminar e fluxo turbulento  
Cálculo da rúa de Kármán tras un corpo romo  
Fluxo incompresible sobre perfil aerodinámico  
Fluxo transónico sobre perfil aerodinámico

-Exercicios/Proxectos propostos de simulación numérica para ser resoltos de forma máis independente polos alumnos.

Mecánica de Fluídos II. Fluxo de fluídos ideais. Movementos irrotacionais

Tema 1: Movementos irrotacionais.  
Condicións de irrotacionalidad  
Ecuacións do movemento irrotacional  
Condicións iniciais e de contorno  
Movemento irrotacional de líquidos  
Principio de superposición  
Potencial de velocidades a grandes distancias dun obstáculo  
Movemento plano irrotacional de líquidos: Solucións elementais. Corrente en recunchos e esquinas. Corrente ao redor dun cilindro con circulación  
Movemento irrotacional bidimensional de gases  
Expansión de Prandtl-Meyer

Tema 2: Movementos con superficies de discontinuidad  
Ecuacións do salto das magnitudes fluídas nunha discontinuidad  
Discontinuidades normais e tangenciais  
Ondas de choque normais  
Ondas de choque oblicuas

Aplicación: Movemento case unidimensional de fluídos ideais: Área crítica. Movemento en toberas. Carga e descarga en depósitos.  
Ondas de choque. Relación de Hugoniot.

Mecánica de Fluídos II. Movementos unidimensionales non estacionarios de fluídos ideais

Tema 3: Movemento unidimensional non estacionario de fluídos ideais.  
Efecto de compresibilidade na líquidos  
Apertura e peche de válvulas. Golpe de ariete

Ecuacións do movemento unidireccional non estacionario en gases. Ondas simples

Mecánica de Fluídos II. Movemento a baixos números de Reynolds

Tema 4: Movemento a baixos números de Reynolds  
Ecuacións. Condicións iniciais e de contorno  
Aplicación a fluídos incompresibles. Movementos ao redor dun cilindro e unha esfera  
Lubrificación: Ecuación de Reynolds da lubricación 3D.  
Aplicacións. cojinete cilíndrico, lubricación con gases, patín rectangular, ...

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mecánica de Fluídos II. Prácticas de laboratorio | - Ensaio en banco de aerodinámica:<br>Medición capa límite<br>- Ensaio en túnel de vento de baixa velocidade<br>Distribución de presións sobre corpo romo<br>- Distribución de presións en toberas converxentes e converxentes-diverxentes. Magnitudes críticas. Ondas de choque. Bloqueo sónico. |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Planificación

|                                       | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|---------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Prácticas de laboratorio              | 4             | 5                  | 9            |
| Lección maxistral                     | 33            | 35                 | 68           |
| Aprendizaxe baseado en proxectos      | 8             | 18.5               | 26.5         |
| Prácticas con apoio das TIC           | 8             | 0                  | 8            |
| Resolución de problemas               | 22            | 73                 | 95           |
| Proxecto                              | 0             | 15                 | 15           |
| Exame de preguntas de desenvolvemento | 1.5           | 0                  | 1.5          |
| Exame de preguntas de desenvolvemento | 1             | 0                  | 1            |
| Exame de preguntas de desenvolvemento | 1             | 0                  | 1            |

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

### Metodoloxía docente

|                                  | Descrición                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prácticas de laboratorio         | Realización das prácticas de laboratorio                                                                                                                                           |
| Lección maxistral                | Exposición da teoría                                                                                                                                                               |
| Aprendizaxe baseado en proxectos | Translación de problemas de fluídos a modelos matemáticos para ser resoltos numericamente                                                                                          |
| Prácticas con apoio das TIC      | Formulación e resolución numérica de problemas propostos aplicados a fluxos de fluídos                                                                                             |
| Resolución de problemas          | Formulación e resolución de modelos aplicados a fluxos de fluídos                                                                                                                  |
| Resolución de problemas          | Resolución de problemas e/ou exercicios de forma autónoma por parte do alumno para comprender e caracterizar os distintos tipos de movementos de fluídos e os seus simplificacións |

### Atención personalizada

| Metodoloxías                | Descrición                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prácticas de laboratorio    | Atenderase persoalmente a todas as dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento das prácticas                                                                                                       |
| Resolución de problemas     | Atenderase, na medida do posible, a todas as dúbidas que xurdan ao longo da resolución dos problemas                                                                                                  |
| Prácticas con apoio das TIC | Nas prácticas tentarase na medida do posible organizar ao grupo de estudantes en distintas prácticas. Atenderase persoalmente a todas as dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento das prácticas |
| Probos                      | Descrición                                                                                                                                                                                            |
| Proxecto                    | Atenderase en tutorías as dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento do proxecto                                                                                                                  |

### Avaliación

|                                  | Descrición                                                                  | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe                                            |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Aprendizaxe baseado en proxectos | Realización e entrega de informe das simulacións CFD propostas ao estudante | 20            | A2 C16 D3<br>A3 C18 D4<br>A5 C19 D5<br>C20 D6<br>C22 D8<br>C25 D11<br>C26<br>C28 |

|                                       |                                                                                          |     |                |                                                      |                                   |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Prácticas con apoio das TIC           | Asistencia e participación activa nas prácticas CFD                                      | 1.5 | A2<br>A3<br>A5 | C16<br>C18<br>C19<br>C20<br>C22<br>C25<br>C26<br>C28 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Resolución de problemas               | Asistencia ás sesións de resolución de problemas e entrega dos problemas propostos. MFII | 3.5 | A2<br>A3<br>A5 | C16<br>C18<br>C19<br>C20<br>C22<br>C25<br>C26<br>C28 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Exame de preguntas de desenvolvemento | Realización de probas escritas, resolución de exercicios, casos prácticos. MFII          | 30  | A2<br>A3<br>A5 | C16<br>C18<br>C19<br>C20<br>C22<br>C25<br>C26<br>C28 | D3<br>D4<br>D5<br>D8              |
| Exame de preguntas de desenvolvemento | Realización de probas escritas, resolución de casos e conceptos de CFD.                  | 10  | A2<br>A3<br>A5 | C19<br>C20<br>C26<br>C28                             | D3<br>D5<br>D8<br>D11             |
| Exame de preguntas de desenvolvemento | Realización de probas escritas, resolución de exercicios, casos prácticos. MFII          | 35  | A3<br>A5       | C18<br>C19<br>C22<br>C25<br>C26                      | D4<br>D5<br>D8                    |

### Outros comentarios sobre a Avaliación

**Primeira edición da acta:** En xeral, para todo o alumnado, empregárase un sistema de avaliación continua. Non obstante, o/a estudante ten dereito a optar pola avaliación global segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria, nese caso terán a posibilidade de realizar un exame final, de 5h de duración (con descanso no medio) que suporá o 100% da súa nota.

Se o alumnado participa nalgunha das probas de cualificación dentro da avaliación continua, considerarase como presentado á materia. A avaliación continua considérase ata xullo, polo que as cualificacións acadadas en todas as actividades realizadas con anterioridade, se manteñen ata a convocatoria de xullo, non se gardará dun curso escolar para outro.

A avaliación continua da materia realizarase mediante as seguintes probas e pesos:

- 35% Proba escrita de avaliación continua sobre o coñecemento do MFII.
- 30% Proba escrita de avaliación continua sobre o coñecemento do MFII.
- 20%. Entrega do/s Proxecto/s CFD de simulación numérica proposto ao alumnado polo profesorado.
- 10% Proba escrita de avaliación continua sobre coñecementos CFD
- 3,5% Asistencia, entrega de problemas propostos polo claustro, e participación activa nas clases prácticas e resolución de problemas do MFII.
- 1,5% Asistencia, entrega de problemas propostos polo profesorado, e participación activa nas clases prácticas de CFD.

Para superar a materia será necesario obter un mínimo (2 sobre 10), en todas e cada unha das probas realizadas, e acadar un 5 sobre 10 no total de avaliacións.

**Segunda oportunidade:** Todas as cualificacións obtidas previamente en todas e cada unha das probas de avaliación continua da primeira edición, poden gardarse para a segunda oportunidade, e será o alumnado o que decida a que actividades volve a avaliarse en segunda oportunidade, coa excepción das evacuacións relativas a asistencia.

Na convocatoria **fin de carreira**, avaliarase mediante un único exame final, que suporá o 100% da nota.

Espérase que o alumnado amose un comportamento ético adecuado. No caso de detectar comportamentos pouco éticos (copia, plaxio, uso de dispositivos electrónicos non autorizados, por exemplo), considerarase que non reúne os requisitos

necesarios para superar a materia. Segundo o tipo de comportamento pouco ético detectado, pódese concluír que o alumno/a non acadou as habilidades necesarias.

Non se permitirá o uso de ningún dispositivo electrónico durante as probas de avaliación, salvo autorización expresa. O feito de introducir na aula de exames un dispositivo electrónico non autorizado terá a consideración de motivo de non superación da materia neste curso académico e quedará suspendida a nota global (0,0).

---

#### **Bibliografía. Fontes de información**

##### **Bibliografía Básica**

White, F.M, **Viscous fluid flow**, 3rd ed., McGraw-Hill, 2006

Panton, R. L., **Incompressible Flow**, 4th Edition, Wiley, 2013

Anderson, **Modern Compressible Flow**, 3rd Ed., Mc Graw Hill, 1992

BARRERO & PÉREZ-SABORID, **Fundamentos y aplicaciones de la Mecánica de Fluidos**, Mc Graw Hill, 2005

BLAZEK, J., **Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications**, Elsevier, 2001

H K Versteeg and W Malalasekera, **An Introduction to Computational Fluid Dynamics THE FINITE VOLUME METHOD**, 2nd Ed., Prentice Hall, 2007

##### **Bibliografía Complementaria**

Kundu , C., **Fluid Mechanics**, 4th Edition,, Academic Press, 2010

SCHLICHTING, H, **Boundary Layer Theory**, Mc Graw Hill, 1987

FERZIGER, J., MILOVAN, P., **Computational Methods for fluid Dynamics**, Springer, 1999

F. Moukalled L. Mangani M. Darwish, **The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics An Advanced Introduction with OpenFOAM® and Matlab®**, Springer, 2016

WILCOX, **Turbulence Modeling**, DCW Industries, 2004

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

---

#### **Recomendacións**

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

Matemáticas: Métodos matemáticos/O07G410V01301

Mecánica de fluídos/O07G410V01402

##### **Outros comentarios**

Dedicar o tempo indicado de traballo personal asignado, así como recurrir ás titorías co profesor para resolver as posibles dúbidas que xurdan durante o traballo personal do estudante

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



| <b>DATOS IDENTIFICATIVOS</b>           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |              |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| <b>Aerodinámica e aeroelasticidade</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |              |
| Materia                                | Aerodinámica e aeroelasticidade                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |              |
| Código                                 | 007G410V01923                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |       |              |
| Titulación                             | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |       |              |
| Descritores                            | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                                        | 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | OP     | 3     | 2c           |
| Lingua de impartición                  | Castelán                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |       |              |
| Departamento                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |              |
| Coordinador/a                          | Navarro Medina, Fermín                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |       |              |
| Profesorado                            | Navarro Medina, Fermín                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |       |              |
| Correo-e                               | fermin.navarro.medina@uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |       |              |
| Web                                    | http://aero.uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |              |
| Descrición xeral                       | Comprender como as forzas aerodinámicas determinan a dinámica do voo e o papel das distintas variables implicadas no fenómeno do voo.<br>Materia do programa English Friendly. Os/as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliográficas para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés. |        |       |              |

| <b>Resultados de Formación e Aprendizaxe</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| A2                                           | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo                                                                                                                                                                                      |
| A3                                           | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                                                                                                                                                                                                       |
| A5                                           | Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| C20                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: A mecánica de fractura do medio continuo e as formulacións dinámicas, de fatiga de inestabilidade estrutural e de aeroelasticidad.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| C22                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fundamentos da mecánica de fluídos que describen o fluxo en todos os réximes, para determinar as distribucións de presións e as forzas sobre as aeronaves.                                                                                                                                                                                                                                             |
| C25                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: os métodos de cálculo de deseño e proxecto aeronáutico; o uso da experimentación aerodinámica e dos parámetros máis significativos na aplicación teórica; o manexo das técnicas experimentais, equipamento e instrumentos de medida propios da disciplina; a simulación, deseño, análise e interpretación de experimentación e operacións en voo; os sistemas de mantemento e certificación de aeronaves. |
| C26                                          | Coñecemento aplicado de: aerodinámica; mecánica e termodinámica, mecánica do voo, enxeñaría de aeronaves (á fixa e ás rotatorias), teoría de estruturas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| C28                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fundamentos da mecánica de fluídos que describen o fluxo en calquera réxime e determinan as distribucións de presións e as forzas aerodinámicas.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| D3                                           | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| D4                                           | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| D5                                           | Capacidade de resolución de problemas e toma de decisións                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D6                                           | Capacidade de comunicación interpersoal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| D8                                           | Capacidade de razoamento crítico e autocrítico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| D11                                          | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| <b>Resultados previstos na materia</b>                                                                                                                                                                                            |                                       |            |     |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------|-----|--|
| Resultados previstos na materia                                                                                                                                                                                                   | Resultados de Formación e Aprendizaxe |            |     |  |
| Coñecemento, comprensión, aplicación e análise dos fenómenos aerodinámicos e das leis que gobernan o seu comportamento;                                                                                                           | A2                                    | C22        | D3  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                   | A3                                    | C26<br>C28 | D4  |  |
| Coñecemento, comprensión e síntese dos fundamentos do voo das aeronaves                                                                                                                                                           | A3                                    | C22        | D5  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                   | A5                                    | C25<br>C26 | D6  |  |
| Coñecemento, comprensión, aplicación, análise e síntese dos métodos aplicados ao estudo aeroelástico                                                                                                                              | A2                                    | C20        | D8  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                   | A3                                    | C25<br>C28 | D11 |  |
| Coñecemento, comprensión, aplicación, análise e síntese da aeroelasticidad dun perfil, desde o punto de vista estático (problemas de diverxencia torsional e de investimento de mando) e dinámico (problemas de flameo e bataneo) | A3                                    | C20        | D3  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                   | A5                                    | C25<br>C28 | D4  |  |

|                                                                                                                                                                 |    |                   |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------|----------|
| Coñecemento, comprensión, aplicación, análise e síntese da aeroelasticidade de estruturas unidimensionales e bidimensionales                                    | A3 | C20<br>C22<br>C26 | D6<br>D8 |
| Coñecemento e comprensión dos aspectos máis importantes da aeroelasticidade experimental, e máis concretamente dos ensaios en terra e en voo das aeroestruturas | A5 | C20<br>C25        | D8       |

## Contidos

| Tema                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Aerodinámica de fluxo incompresible | Tema 1.1: Introducción<br>Tema 1.2: Fundamentos e principios da aerodinámica<br>Tema 1.3: Fundamentos do fluxo incompresible<br>Tema 1.4: Fluxo incompresible sobre perfís<br>Tema 1.5: Fluxo incompresible sobre ás finitas<br>Tema 1.6: Fluxo incompresible tridimensional |
| 2. Aerodinámica de fluxo compresible   | Tema 2.1: Aerodinámica en réxime subsónico e supersónico<br>Tema 2.2: Teoría lineal de fluxo compresible en perfís                                                                                                                                                           |
| 3. Aeroelasticidade                    | Tema 3.1: Introducción á aeroelasticidade<br>Tema 3.2: Aeroelasticidade estática<br>Tema 3.3: Aeroelasticidade dinámica                                                                                                                                                      |

## Planificación

|                                                      | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Prácticas de laboratorio                             | 15            | 10                 | 25           |
| Estudo previo                                        | 0             | 26.5               | 26.5         |
| Traballo tutelado                                    | 8             | 25                 | 33           |
| Resolución de problemas                              | 18.5          | 55                 | 73.5         |
| Obradoiro                                            | 2             | 0                  | 2            |
| Lección maxistral                                    | 30            | 10                 | 40           |
| Resolución de problemas                              | 1.5           | 0                  | 1.5          |
| Exame de preguntas obxectivas                        | 3.5           | 0                  | 3.5          |
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | 0             | 20                 | 20           |

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

## Metodoloxía docente

|                          | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prácticas de laboratorio | Realización de prácticas programadas utilizando o túnel de vento e procesos de fabricación de maquetas. A realización da práctica require a preparación da mesma mediante un deseño previo, a asistencia ás sesións de prácticas e a realización dun informe por parte do grupo de alumnos/as.                   |
| Estudo previo            | Estudo do alumnado de forma autónoma, co apoio do profesorado si así o require segundo os procedementos establecidos pola universidade                                                                                                                                                                           |
| Traballo tutelado        | O traballo da materia consiste na realización dun proxecto aerodinámico baseado en perfís e ás de avión. O traballo realízao o grupo de alumnos/as, dedicando sesións de traballo en clase para tutorización e seguimento. O traballo está coordinado con outro traballo da materia Avións de á fixa e rotativa. |
| Resolución de problemas  | Resolución de problemas e/ou exercicios que tratan aspectos puntuais dos contidos da materia, desenvolvidos polo profesorado e/ou o alumnado na aula                                                                                                                                                             |
| Obradoiro                | Taller de software de simulación aerodinámica, cuxa utilización serve de apoio para o resto da materia, tanto para a resolución de problemas, como para a elaboración das prácticas.                                                                                                                             |
| Lección maxistral        | Exposición dun tema ou resolución de problemas por parte do profesorado segundo un guiñón previamente establecido                                                                                                                                                                                                |
| Resolución de problemas  | Exame parcial 1 baseado na resolución de problemas e/ou cuestións conceptuais sobre os contidos da materia entre os temas 1 e 2.                                                                                                                                                                                 |

## Atención personalizada

|               | Descrición                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estudo previo | O alumno estuda de forma autónoma, co apoio do profesor si así o require segundo os procedementos establecidos pola universidade                                                                                                    |
| Obradoiro     | Taller de software de simulación aerodinámica, cuxa utilización serve de apoio para o resto da materia, tanto para a resolución de problemas, como para a elaboración das prácticas. O taller será guiado polo profesor da materia. |

## Avaliación

| Descrición                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |                                 |                            |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Traballo tutelado                                    | O traballo da materia consiste na realización dun proxecto aerodinámico baseado en perfís e ás de avión. O traballo realízao o grupo de alumnos/as, dedicando sesións de traballo en clase para tutorización e seguimento.                                                                 | 35            | A2<br>A3                              | C20<br>C22<br>C26<br>C28        | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8 |
| Resolución de problemas                              | (*)Examen parcial 1 baseado en la resolución de problemas y/o preguntas conceptuales sobre los contenidos de la asignatura de entre los temas 1 y 2. Se puede recuperar en una prueba sobre los mismos temas, el día del examen en fecha oficial si la nota del parcial es inferior a 5.0. | 30            |                                       |                                 |                            |
| Exame de preguntas obxectivas                        | Resolución de problemas e/ou preguntas conceptuais sobre os contidos da materia (exame parcial 5% e examen final 55%)                                                                                                                                                                      | 30            | A2<br>A3<br>A5                        | C20<br>C22<br>C25<br>C26<br>C28 | D3<br>D4<br>D5             |
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | Informe dos traballos realizados no laboratorio, e do deseño do perfil e a á.                                                                                                                                                                                                              | 5             | A2<br>A3<br>A5                        | C20<br>C22<br>C25<br>C26<br>C28 | D3<br>D4<br>D6<br>D11      |

## Outros comentarios sobre a Avaliación

### Evaluación de primeira oportunidade

Para superar a materia en 1a oportunidade será necesario obter unha puntuación superior a 5 puntos sobre 10 na avaliación conxunta da avaliación continua durante o desenvolvemento das clases e do exame na data oficial. Ademais, a cualificación do exame parcial 1 (ou da recuperación na data oficial) xunto coa do parcial 2 deberá ser superior a 5 puntos sobre 10. A cualificación final da avaliación continua obterase segundo as porcentaxes indicadas. No caso de non cumprir ambas as dúas condicións, a nota final será o resultado do mínimo da nota media de avaliación continua e 4,0.

Para a avaliación global realizarase un exame o día da data oficial no que se inclúen todos os contidos da materia. A cualificación do devandito exame para superar a materia será de 5 puntos sobre 10.

O calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta de Centro dá EEAE publícase na web <http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames>

As probas de avaliación continua se realizarán dentro do horario lectivo"

O/a estudante ten dereito a optar pola avaliación global segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria.

### Avaliación de segunda oportunidade

O estudantado deberá presentarse ao exame de segunda convocatoria de todos os contidos da materia, que supondrá o 100% da nota, si a nota final de avaliación continua é menor que 5 puntos sobre 10. También tendrá que presentarse ao exame de segunda convocatoria nos seguintes supostos:

- Obter unha nota inferior a 5 puntos sobre 10 no exame final de primeira oportunidade

En caso de obter unha calificación maior ou igual a 5 no exame de segunda oportunidade, a calificación final da materia será a maior nota de entre:

\* o exame de segunda convocatoria

\* a media coas actividades realizadas durante o curso (promediando coas porcentaxes da táboa de avaliación substituíndo a nota do exame de primeira convocatoria polo de segunda convocatoria)

### Avaliación de fin de carreira

Para a avaliación de fin de grao, o día da data oficial realizarase un exame no que se recollerán todos os contidos da materia. A cualificación do devandito exame para superar a materia será de 5 puntos sobre 10.

## Bibliografía. Fontes de información

### Bibliografía Básica

John D. Anderson Jr, **Fundamentals of Aerodynamics**, McGraw-Hill Education, 2016

John J. Bertín, **Aerodynamics for engineers**, Pearso, 2013

Raymond L. Bisplinghoff, **Principles of Aeroelasticity**, Dover Books, 2013

José Meseguer Ruiz, Ángel Sanz Andrés, **Aerodinámica básica**, 2ª, Gaceta, grupo editorial, 2010

---

#### **Bibliografía Complementaria**

---

---

#### **Recomendacións**

---

#### **Materias que continúan o temario**

---

Mecánica do voo/O07G410V01924

---

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

---

Mecánica de fluídos II e CFD/O07G410V01922

---

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

---

Física: Física I/O07G410V01103

Física: Física II/O07G410V01202

Mecánica de fluídos/O07G410V01402

---

| <b>DATOS IDENTIFICATIVOS</b>                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |       |              |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| <b>Enxeñaría de sistemas e comunicacións aeroespaciais</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |       |              |
| Materia                                                    | Enxeñaría de sistemas e comunicacións aeroespaciais                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |       |              |
| Código                                                     | 007G410V01925                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |       |              |
| Titulación                                                 | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |       |              |
| Descritores                                                | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                                                            | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | OP     | 3     | 2c           |
| Lingua de impartición                                      | #EnglishFriendly<br>Castelán                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |       |              |
| Departamento                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |       |              |
| Coordinador/a                                              | Isasi de Vicente, Fernando Guillermo                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |       |              |
| Profesorado                                                | Isasi de Vicente, Fernando Guillermo                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |       |              |
| Correo-e                                                   | fisasi@uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |       |              |
| Web                                                        | http://aero.uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |       |              |
| Descrición xeral                                           | Introdución a a ingeniería de sistemas e a os sistemas de comunicacións con vehículos aeroespaciais. Os/as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliográficas para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés. |        |       |              |

| <b>Resultados de Formación e Aprendizaxe</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| A3                                           | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                                                                                                                                                                                                               |
| A5                                           | Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| B1                                           | Capacidade para o deseño, desenvolvemento e xestión no ámbito da enxeñaría aeronáutica que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/308/2009, os vehículos aeroespaciais, os sistemas de propulsión aeroespacial, os materiais aeroespaciais, as infraestruturas aeroportuarias, as infraestruturas de *aeronavegación e calquera sistema de xestión do espazo, do tráfico e do transporte aéreo. |
| B4                                           | Verificación e Certificación no ámbito da enxeñaría aeronáutica que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/308/2009, os vehículos aeroespaciais, os sistemas de propulsión aeroespacial, os materiais aeroespaciais, as infraestruturas aeroportuarias, as infraestruturas de aeronavegación e calquera sistema de xestión do espazo, do tráfico e do transporte aéreo.                         |
| C19                                          | Coñecemento aplicado de: a ciencia e tecnoloxía dos materiais; mecánica e termodinámica; mecánica de fluídos; aerodinámica e mecánica do voo; sistemas de navegación e circulación aérea; tecnoloxía aeroespacial; teoría de estruturas; transporte aéreo; economía e produción; proxectos; impacto ambiental.                                                                                                                                                    |
| D2                                           | Liderado, iniciativa e espírito emprendedor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| D3                                           | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| D4                                           | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| D5                                           | Capacidade de resolución de problemas e toma de decisións                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| D6                                           | Capacidade de comunicación interpersoal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| D8                                           | Capacidade de razoamento crítico e autocrítico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| D11                                          | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D13                                          | Sustentabilidade e compromiso ambiental. Uso equitativo, responsable e eficiente dos recursos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| Resultados previstos na materia                                                                                                                                          |                                       |    |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|-----|-----|
| Resultados previstos na materia                                                                                                                                          | Resultados de Formación e Aprendizaxe |    |     |     |
| Comprensión, coñecemento e aplicación dos estándares nacionais e internacionais aplicados á enxeñaría aeroespacial.<br>Comprensión do concepto de enxeñaría de sistemas. | A3                                    | B1 | D2  |     |
|                                                                                                                                                                          | A5                                    | B4 | D3  |     |
|                                                                                                                                                                          |                                       |    | D4  |     |
|                                                                                                                                                                          |                                       |    | D5  |     |
|                                                                                                                                                                          |                                       |    | D6  |     |
|                                                                                                                                                                          |                                       |    | D8  |     |
|                                                                                                                                                                          |                                       |    | D11 |     |
| Compresión, coñecemento dos sistemas de comunicacións en vehículos aeroespaciais                                                                                         |                                       | B4 | C19 | D5  |
|                                                                                                                                                                          |                                       |    |     | D6  |
|                                                                                                                                                                          |                                       |    |     | D8  |
|                                                                                                                                                                          |                                       |    |     | D13 |

## Contidos

| Tema                                                                                      |                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Concepto de Enxeñaría de Sistemas                                                         | Necesidade dunha enxeñaría de sistemas.<br>Exemplos sinxelos                                        |
| Estándares nacionais e internacionais de Enxeñaría de Sistemas en proxectos Aeroespaciais | Estudo dos estándares máis utilizados en:<br>Sistemas aéreos<br>Sistemas espaciais<br>Puntos comúns |
| Aplicación a proxectos nacionais e internacionais de Ingeniería de Sistemas.              | Exemplos:<br>Sistema aéreo: navegación aérea comercial<br>Sistema espacial: nano-pico satélites     |
| Ideas xerais                                                                              | Conceptos básicos de navegación aérea<br>Ideas xerais de comunicacións                              |
| Radiogoniometría                                                                          | Principios<br>Aplicacións                                                                           |
| VOR                                                                                       | Principio de funcionamento<br>Descrición<br>Uso                                                     |
| DME/TACAN                                                                                 | Principio de funcionamento<br>Descrición<br>Uso                                                     |
| ILS                                                                                       | Principio de funcionamento<br>Descrición<br>Uso                                                     |
| Radar primario                                                                            | Principio de funcionamento<br>Descrición<br>Uso                                                     |
| Radar secundario                                                                          | Principio de funcionamento<br>Descrición<br>Uso                                                     |
| GPS                                                                                       | Principio de funcionamento<br>Descrición<br>Uso                                                     |
| Sistemas de realidade aumentada                                                           | Principio de funcionamento<br>Descrición<br>Uso                                                     |

### Planificación

|                                         | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|-----------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Lección maxistral                       | 30            | 75.5               | 105.5        |
| Prácticas de laboratorio                | 20            | 22                 | 42           |
| Resolución de problemas e/ou exercicios | 2.5           | 0                  | 2.5          |

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

### Metodoloxía docente

|                          | Descrición                                                                                                                                              |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral        | Clase en encerado con axuda de computador sobre a teoría da materia.                                                                                    |
| Prácticas de laboratorio | Uso de simuladores de sistemas de comunicacións e/ou navegación.<br>Manexo básico de ferramentas na enxeñaría de sistemas.<br>É unha actividade grupal. |

### Atención personalizada

| Metodoloxías             | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral        | O estudantado terá ocasión de acudir a tutorías personalizadas no despacho virtual do profesor así como por correo electrónico. Para a atención en despacho virtual o estudante solicitará unha cita por correo electrónico e acordará co profesor o momento da tutoría.                                                                                                    |
| Prácticas de laboratorio | Nas prácticas de laboratorio o alumno ten en todo momento ao profesor para resolver dúbidas. Ademais os estudantes terán ocasión de acudir a tutorías personalizadas no despacho virtual do profesor así como por correo electrónico. Para a atención en despacho virtual o alumno solicitará unha cita por correo electrónico e acordará co profesor o momento da tutoría. |

### Avaliación

| Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|
| Prácticas de laboratorio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 20            | A5 B1 C19 D4<br>B4 D5<br>D6<br>D8<br>D13 |
| As probas de avaliación continua realizaranse dentro do horario lectivo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |               |                                          |
| Resolución de problemas e/ou exercicios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 80            | A5 B4 C19 D4<br>D5<br>D8                 |
| <p>Exame de resolución de problemas e/ou preguntas breves sobre a materia explicada nas clases maxistrais.</p> <p>Faranse dous exames de avaliación continua durante o curso: un a metade de curso no que se preguntará polo que se deu até o momento. O peso deste exame será de 40% da nota final.</p> <p>Para os alumnos que obteñan un 3/10 ou máis haberá un segundo exame antes de acabar o curso cun 40% de peso e as mesmas condicións que o anterior.</p> <p>Si o alumno non obtivo máis de 3/10 nos dous exames, cunha media superior a 5/10 ou ben desexe mellorar nota presentándose ao examen de primeira oportunidade, poderá facelo no día fixado pola escola para os exames da materia. En caso dun alumno que queira mellorar nota e a obtida no exame de primeira oportunidade sexa peor que a obtida no exame de primeira oportunidade, terase en conta esta última. É dicir, a mellor das dúas.</p> |               |                                          |
| As probas de avaliación continua realizaranse dentro do horario lectivo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |               |                                          |

### Outros comentarios sobre a Avaliación

No caso de que un alumno falte máis dun 20% de sesións de prácticas non poderá aprobar a materia por avaliación continua. No exame de segunda oportunidade se evaluará toda a materia. No caso de que o/a estudante prefírao, si fixo as prácticas de laboratorio e obtivo máis dun 3/10 nelas, poderá facer só a parte teórica. Dita parte teórica pesa o 80% da nota, o outro 20% será a nota obtida en prácticas durante o curso.

Si o alumno non fixo as prácticas poderá ser preguntado de forma escrita ou no laboratorio pesando a nota de prácticas un 20% e a de teoría un 80%. O calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta de Centro da EEAE atópase publicado na páxina web <http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames>.

En caso de detección de copia en calquera das probas (probas curtas, exames parciais ou exame final), a cualificación final será de SUSPENSO (0) e o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.

O/a estudante ten dereito a optar pola avaliación global segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria.

Na avaliación de fin de carreira, o criterio será o mesmo que no exame de segunda oportunidade.

### Bibliografía. Fontes de información

#### Bibliografía Básica

Jean-Luc Voirin, **Model-based System and Architecture Engineering with the Arcadia Method**: <https://www.elsevier.com/books/model-based-system-and-architecture-engineering-with-the-arcadia-method/voirin/978-1-78548-169-7>, 1, Elsevier (Free download from the University), 2017

Pascal Roques, **Systems Architecture Modeling with the Arcadia Method**: <https://www.elsevier.com/books/systems-architecture-modeling-with-the-arcadia-method/roques/978-1-78548-168-0>, 1, Elsevier (Free download from the University), 2017

Alexander V. Nebylov/Joseph Watson, **Aerospace Navigation Systems**, 1, Wiley, 2016

ETSIA/EUITA/EIAE, **Sistemas y Equipos electrónicos para la navegación aérea**, 1, ETSIA/EUITA/EIAE,

#### Bibliografía Complementaria

NASA, **System engineering handbook**, Rev. 1,

Benjamin S. Blanchard, **SYSTEM ENGINEERING MANAGEMENT**, 5, Wiley, 2016

### Recomendacións

#### Materias que se recomenda ter cursado previamente

Electrónica e automática/O07G410V01403

| <b>DATOS IDENTIFICATIVOS</b>                              |                                                                                                            |        |       |              |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| <b>Aerorreactores e motores alternativos aeronáuticos</b> |                                                                                                            |        |       |              |
| Materia                                                   | Aerorreactores e motores alternativos aeronáuticos                                                         |        |       |              |
| Código                                                    | O07G410V01931                                                                                              |        |       |              |
| Titulación                                                | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                                             |        |       |              |
| Descritores                                               | Creditos ECTS                                                                                              | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                                                           | 6                                                                                                          | OP     | 3     | 1c           |
| Lingua de impartición                                     | Castelán<br>Galego                                                                                         |        |       |              |
| Departamento                                              |                                                                                                            |        |       |              |
| Coordinador/a                                             | García Seoane, Santiago                                                                                    |        |       |              |
| Profesorado                                               | García Seoane, Santiago                                                                                    |        |       |              |
| Correo-e                                                  | santiago.garcia.seoane@uvigo.es                                                                            |        |       |              |
| Web                                                       | http://aero.uvigo.es                                                                                       |        |       |              |
| Descrición                                                | Coñecemento básico do funcionamento dos sistemas de propulsión empregados na industria aeroespacial. xeral |        |       |              |

### Resultados de Formación e Aprendizaxe

| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A2     | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo                                                                                                                                                                                              |
| A3     | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                                                                                                                                                                                                               |
| A5     | Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| B1     | Capacidade para o deseño, desenvolvemento e xestión no ámbito da enxeñaría aeronáutica que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/308/2009, os vehículos aeroespaciais, os sistemas de propulsión aeroespacial, os materiais aeroespaciais, as infraestruturas aeroportuarias, as infraestruturas de *aeronavegación e calquera sistema de xestión do espazo, do tráfico e do transporte aéreo. |
| B7     | Capacidade de analizar e valorar o impacto social e medioambiental das solucións técnicas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| C21    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fundamentos de sustentabilidade, mantenibilidade e operatividade dos vehículos aeroespaciais.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| C23    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fenómenos físicos do voo, as súas cualidades e o seu control, as forzas aerodinámicas, e propulsivas, as actuacións, a estabilidade.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| D3     | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| D4     | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| D6     | Capacidade de comunicación interpersoal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| D8     | Capacidade de razoamento crítico e autocrítico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| D11    | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D13    | Sustentabilidade e compromiso ambiental. Uso equitativo, responsable e eficiente dos recursos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

### Resultados previstos na materia

| Resultados previstos na materia                                                                                                                                                        | Resultados de Formación e Aprendizaxe |     |     |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|
| - Coñecer as necesidades propulsivas das aeronaves                                                                                                                                     | A2<br>A3<br>A5                        | C23 |     |     |
| - Coñecer os empuxes e resistencias relacionados cos aerorreactores                                                                                                                    | A2<br>A3<br>A5                        | B1  | C23 |     |
| - Coñecer e cuantificar de forma aplicada o proceso de combustión dos aerorreactores e o rendemento da combustión                                                                      | A2<br>A3<br>A5                        | B1  | C21 | D13 |
| - Saber realizar un balance enerxético diferenciando e calculando os rendementos involucrados                                                                                          | A2<br>A3<br>A5                        |     |     |     |
| - Saber resolver problemas relacionados co cálculo dos ciclos termodinámicos e as características dos aerorreactores; así como o efecto das características e calidade dos compoñentes | A2<br>A3<br>A5                        |     |     |     |



|                                                                                                                                                                                          |                |    |            |                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----|------------|-----------------------------|
| - Coñecer os diferentes aerorreactores e saber obter os sistemas óptimos baixo o punto de vista propulsivo                                                                               | A2<br>A3<br>A5 | B7 |            |                             |
| - Dimensionar os compoñentes que interveñen no sistema propulsivo                                                                                                                        | A2<br>A3<br>A5 | B7 |            |                             |
| - Coñecer o efecto das condicións de voo: velocidade e altitude no funcionamento dos aerorreactores                                                                                      | A3<br>A5       | B1 | C23        |                             |
| - Coñecer os problemas ambientais dos aerorreactores e as súas posibles solucións                                                                                                        | A2<br>A3<br>A5 | B7 | C21        | D13                         |
| - Redactar informes técnicos e facer exposicións orais técnicas relacionadas co anterior                                                                                                 | A2<br>A3       |    |            | D3<br>D4<br>D6<br>D8<br>D11 |
| - Resolver problemas derivados do ámbito da materia de forma autónoma e en colaboración con outro                                                                                        | A2<br>A3       |    |            | D3<br>D4<br>D6<br>D8        |
| - Coñecemento, comprensión, aplicación, análise e síntese da influencia de parámetros de operación e deseño sobre as actuacións dos motores alternativos aeronáuticos e os seus sistemas | A2<br>A3<br>A5 |    | C21<br>C23 | D8                          |
| - Coñecemento dos aspectos máis destacados dos ensaios dos motores alternativos                                                                                                          | A2<br>A3<br>A5 | B7 | C21<br>C23 |                             |
| - Utilizar ferramentas informáticas de cálculo de actuacións de aerorreactores                                                                                                           | A2<br>A3<br>A5 | B1 | C23        | D4<br>D8                    |

## Contidos

### Tema

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.- Motores alternativos de combustión interna | 1.1.- Necesidades propulsivas das aeronaves<br>1.2.- Ciclos<br>1.3.- Renovación da carga<br>1.4.- Alimentación de combustible<br>1.5.- Combustión<br>1.6.- Sobrealimentación<br>1.7.- Turboalimentación<br>1.8.- Actuacións<br>1.9.- Elementos construtivos do motor alternativo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2.- Aerorreactores                             | 2.1.- Turbinas de gas<br>2.2.- Análises do ciclo dun aeroreactor<br>2.3.- Aplicación das ecuacións integrais da Mecánica de Flúidos aos Aerorreactores: Continuidade: gasto máxico; Cantidade de movemento: empuxes e resistencias; Enerxía: rendementos<br>2.4.- Comportamento motor e propulsor dos aerorreactores<br>2.5.- Turbohélices e a súa optimización<br>2.6.- Turbofans e a súa optimización; turbofans de fluxo mesturado; turbofans avanzados<br>2.7.- Sistemas incrementadores de empuxe<br>2.8.- Actuacións de compoñentes<br>2.9.- Actuacións de aerorreactores<br>2.10- Problemas ambientais derivados do funcionamento dos aerorreactores |

## Planificación

|                                                      | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Lección maxistral                                    | 30            | 0                  | 30           |
| Prácticas de laboratorio                             | 20            | 0                  | 20           |
| Estudo previo                                        | 0             | 87                 | 87           |
| Exame de preguntas de desenvolvemento                | 1.5           | 0                  | 1.5          |
| Resolución de problemas e/ou exercicios              | 1             | 0                  | 1            |
| Exame de preguntas de desenvolvemento                | 1.5           | 0                  | 1.5          |
| Resolución de problemas e/ou exercicios              | 1             | 0                  | 1            |
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | 0             | 8                  | 8            |

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

| Metodoloxía docente      |                                                                                                         |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | Descrición                                                                                              |
| Lección maxistral        | Docencia en aula con apoio audiovisual                                                                  |
| Prácticas de laboratorio | Prácticas de laboratorio, prácticas informáticas e saídas de estudo                                     |
| Estudo previo            | Preparación para o seguimento da materia, procura de información e preparación das probas de avaliación |

| Atención personalizada                               |                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Probas                                               | Descrición                                                                                                                                                                        |
| Exame de preguntas de desenvolvemento                | Prestarase atención colectiva e/ou persoalmente ás dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento das probas escritas                                                             |
| Resolución de problemas e/ou exercicios              | Prestarase atención colectiva e/ou persoalmente ás dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento das probas escritas                                                             |
| Exame de preguntas de desenvolvemento                | Prestarase atención colectiva e/ou persoalmente ás dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento das probas escritas                                                             |
| Resolución de problemas e/ou exercicios              | Prestarase atención colectiva e/ou persoalmente ás dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento das probas escritas                                                             |
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | Atenderase persoalmente a todas as dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento das prácticas e atenderase en titorías as dúbidas que xurdan ao preparar o informe de prácticas |

| Avaliación                                           |                                                                                                   |               |                                       |          |            |                                    |  |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|----------|------------|------------------------------------|--|
|                                                      | Descrición                                                                                        | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |          |            |                                    |  |
| Exame de preguntas de desenvolvemento                | Exame escrito de preguntas curtas e resolución de problemas                                       | 20            | A2<br>A3<br>A5                        | B1<br>B7 | C21<br>C23 | D3<br>D4<br>D8<br>D11<br>D13       |  |
| Resolución de problemas e/ou exercicios              | Exame escrito de solución de problemas Tema Motores de Combustión Interna Alternativos            | 20            | A2<br>A3<br>A5                        | B1<br>B7 | C21<br>C23 | D3<br>D4<br>D8<br>D11<br>D13       |  |
| Exame de preguntas de desenvolvemento                | Exame escrito de preguntas Tema Aerorreactores                                                    | 20            | A2<br>A3<br>A5                        | B1<br>B7 | C21<br>C23 | D3<br>D4<br>D8<br>D11<br>D13       |  |
| Resolución de problemas e/ou exercicios              | Exame escrito de solución de problemas Tema Aerorreactores                                        | 20            | A2<br>A3<br>A5                        | B1<br>B7 | C21<br>C23 | D3<br>D4<br>D8<br>D11<br>D13       |  |
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | Informe das prácticas de laboratorio (solución dos exercicios propostos nas sesións de prácticas) | 20            | A2<br>A3<br>A5                        | B1<br>B7 | C21<br>C23 | D3<br>D4<br>D6<br>D8<br>D11<br>D13 |  |

#### Outros comentarios sobre a Avaliación

O calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta de Centro dá EEAE publícase na web <http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames/>.

#### Evaluación continua (primeira oportunidade, primeira convocatoria)

Para superar a materia na avaliación continua na primeira convocatoria se requirirá obter unha calificación superior a 5

puntos sobre 10 na valoración conxunta da avaliación continua durante o desenvolvemento das clases e o exame na data oficial (é condición necesaria obter unha puntuación mínima de 4 puntos sobre 10 en cada unha das probas). A calificación final se obtendrá de acordo ás porcentaxes indicadas. As probas puntuables da avaliación continua se realizarán durante as horas lectivas da materia, polo que se require a asistencia regular ás clases e prácticas por parte do alumnado.

### **Evaluación global (segunda oportunidade, segunda convocatoria)**

O/A estudante ten dereito a optar pola avaliación global según o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria.

O/A estudante deberá presentarse ao exame de segunda convocatoria de todos os contidos da materia, que supondrá o 100% da nota, nos seguintes supostos:

- A non realización dalgunha das probas da avaliación continua dentro dos prazos establecidos para os mesmos
- Obter unha nota inferior a 5 puntos sobre 10 na valoración conxunta da avaliación continua
- Obter unha nota inferior a 4 puntos sobre 10 nunha ou varias das probas da avaliación continua
- Obter unha nota inferior a 5 puntos sobre 10 na valoración da avaliación global (para estudantes que optasen a avaliación global en primeira convocatoria)

### **Evaluación fin de carreira**

Para superar a materia na avaliación fin de carreira se requerirá obter unha calificación superior a 5 puntos sobre 10 no exame de todos os contidos da materia, que supondrá o 100% da nota.

---

#### **Bibliografía. Fontes de información**

##### **Bibliografía Básica**

F. PAYRI / J. M. DESANTES, **MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS**, EDITORIAL REVERTE, 2011

MARTÍN CUESTA ÁLVAREZ, **MOTORES DE REACCIÓN**, 9ª EDICIÓN, EDICIONES PARANINFO, 2001

ANTONIO ESTEBAN OÑATE, **CONOCIMIENTOS DEL AVIÓN (LIBROS II Y III)**, 7ª EDICIÓN, EDICIONES PARANINFO, 2019

A.G. VELÁZQUEZ / J.R. ARIAS / F. SASTRE, **MOTORES ALTERNATIVOS**, 3ª EDICIÓN, GARCETA GRUPO EDITORIAL, 2021

##### **Bibliografía Complementaria**

JACK D. MATTINGLY, **ELEMENTS OF PROPULSION: GAS TURBINES AND ROCKETS**, AIAA EDUCATION SERIES, 2006

GORDON C. OATES, **AEROTHERMODYNAMICS OF GAS TURBINE AND ROCKET PROPULSION**, AIAA EDUCATION SERIES, 1997

CLAUDIO MATAIX, **TURBOMÁQUINAS TÉRMICAS**, 3ª EDICIÓN, DOSSAT EDICIONES, 2011

BORJA GALMÉS BELMONTE, **MOTORES DE REACCIÓN Y TURBINAS DE GAS**, 2ª EDICIÓN, EDICIONES PARANINFO, 2018

ALLAN T. KIRKPATRICK, **INTERNAL COMBUSTION ENGINES APPLIED THERMOSCIENCES**, 4TH EDITION, ED. WILEY-BLACKWELL, 2020

---

#### **Recomendacións**

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

Física: Física I/O07G410V01103

Física: Física II/O07G410V01202

Química: Química/O07G410V01203

Tecnoloxía aeroespacial/O07G410V01205

Mecánica de fluídos/O07G410V01402

Termodinámica/O07G410V01303

| <b>DATOS IDENTIFICATIVOS</b>             |                                                                                                                 |        |       |              |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| <b>Deseño mecánico, MEF e vibracións</b> |                                                                                                                 |        |       |              |
| Materia                                  | Deseño mecánico, MEF e vibracións                                                                               |        |       |              |
| Código                                   | 007G410V01932                                                                                                   |        |       |              |
| Titulación                               | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                                                  |        |       |              |
| Descritores                              | Creditos ECTS                                                                                                   | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                                          | 9                                                                                                               | OP     | 3     | 2c           |
| Lingua de impartición                    | Castelán<br>Galego                                                                                              |        |       |              |
| Departamento                             |                                                                                                                 |        |       |              |
| Coordinador/a                            | Fernández González, Santiago                                                                                    |        |       |              |
| Profesorado                              | Fernández González, Santiago                                                                                    |        |       |              |
| Correo-e                                 | santiago.fernandez.gonzalez2@uvigo.es                                                                           |        |       |              |
| Web                                      | http://aero.uvigo.es                                                                                            |        |       |              |
| Descrición xeral                         | Esta materia introduce ao deseño mecánico, ao método de elementos finitos e ao estudo das vibracións mecánicas. |        |       |              |

### Resultados de Formación e Aprendizaxe

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| A2     | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo                                                                                                                                                                                                                           |
| A3     | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                                                                                                                                                                                                                                            |
| A5     | Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| B1     | Capacidade para o deseño, desenvolvemento e xestión no ámbito da enxeñaría aeronáutica que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/308/2009, os vehículos aeroespaciais, os sistemas de propulsión aeroespacial, os materiais aeroespaciais, as infraestruturas aeroportuarias, as infraestruturas de *aeronavegación e calquera sistema de xestión do espazo, do tráfico e do transporte aéreo.                              |
| B2     | Planificación, redacción, dirección e xestión de proxectos, cálculo e fabricación no ámbito da enxeñaría aeronáutica que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/308/2009, os vehículos aeroespaciais, os sistemas de propulsión aeroespacial, os materiais aeroespaciais, as infraestruturas aeroportuarias, as infraestruturas de aeronavegación e calquera sistema de xestión do espazo, do tráfico e do transporte aéreo. |
| C20    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: A mecánica de fractura do medio continuo e as formulacións dinámicas, de fatiga de inestabilidade estrutural e de aeroelasticidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| C22    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fundamentos da mecánica de fluídos que describen o fluxo en todos os réximes, para determinar as distribucións de presións e as forzas sobre as aeronaves.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| C25    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: os métodos de cálculo de deseño e proxecto aeronáutico; o uso da experimentación aerodinámica e dos parámetros máis significativos na aplicación teórica; o manexo das técnicas experimentais, equipamento e instrumentos de medida propios da disciplina; a simulación, deseño, análise e interpretación de experimentación e operacións en voo; os sistemas de mantemento e certificación de aeronaves.                                      |
| D3     | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| D4     | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| D5     | Capacidade de resolución de problemas e toma de decisións                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| D6     | Capacidade de comunicación interpersoal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| D8     | Capacidade de razoamento crítico e autocrítico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D11    | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

### Resultados previstos na materia

| Resultados previstos na materia                               | Resultados de Formación e Aprendizaxe |    |     |     |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|-----|-----|
| Coñecemento, comprensión e aplicación de elementos mecánicos. | A2                                    | B1 | C20 | D3  |
|                                                               | A3                                    | B2 | C22 | D4  |
|                                                               | A5                                    |    | C25 | D5  |
|                                                               |                                       |    |     | D6  |
|                                                               |                                       |    |     | D8  |
|                                                               |                                       |    |     | D11 |

|                                                                                                                                                                         |                |          |                   |                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-------------------|-----------------------------------|
| Coñecemento dos aspectos máis destacados das cualidades dos Sistemas mecánicos: modos de fallo e fiabilidade.                                                           | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C20<br>C22<br>C25 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Capacidade para identificar e resolver problemas mecánicos.                                                                                                             | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C20<br>C22<br>C25 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Comprensión do método dos elementos finitos.                                                                                                                            | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C20<br>C22<br>C25 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Resolución de problemas relativamente complexos en mecánica de medios continuos mediante a selección do modelo de comportamento e da formulación adecuada para o mesmo. | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C20<br>C22<br>C25 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Coñecemento, comprensión, aplicación, análise e síntese dos métodos aplicados ao estudo da resposta de aeronaves fronte a cargas non estacionarias.                     | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C20<br>C22<br>C25 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Coñecemento, comprensión, aplicación, análise e síntese dos sistemas vibratorios dun grao de liberdade, de múltiples graos de liberdade e continuos.                    | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C20<br>C22<br>C25 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Coñecemento, comprensión, aplicación, análise e síntese dos métodos aproximados de cálculo para os sistemas continuos.                                                  | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C20<br>C22<br>C25 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |

## Contidos

| Tema                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Deseño de sistemas mecánicos                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducción ao deseño mecánico.</li> <li>- Materiais, propiedades mecánicas, ensaios en laboratorio.</li> <li>- Teoría de mecanismos.</li> </ul>                                                |
| Elementos mecánicos                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deseño de elementos mecánicos; eixes e árbores, engranaxes, rodamentos, freos, embragues, unións...</li> <li>- Aplicación ao campo da aeronáutica.</li> </ul>                                    |
| Modos de fallo e fiabilidade                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teorías de fallo en deseño estático.</li> <li>- Teorías de fallo en deseño dinámico, fatiga.</li> <li>- Predición dos modos de fallo, estimación de vida dos elementos (fiabilidade).</li> </ul> |
| Teoría dos elementos finitos (MEF) lineal con énfase en dinámica de sólidos deformables | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundamentos.</li> <li>- Xeometría dos elementos.</li> <li>- Coordenadas nodais.</li> <li>- Xeración de mallas.</li> </ul>                                                                        |
| Introdución á resolución de problemas non lineais por elementos finitos                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecuacións e conectividade entre elementos.</li> <li>- Imposición de ligaduras.</li> <li>- Determinación da matriz de inercia, elástica e de amortiguamento.</li> </ul>                           |
| Xeneralidades sobre sistemas vibratorios.                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducción ás vibracións mecánicas. Tipoloxía.</li> </ul>                                                                                                                                      |
| Modelos aplicables á análise de vibracións en aeronaves                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clasificación das vibracións mecánicas.</li> <li>- Elementos básicos na vibración; elasticidade e amortiguamento.</li> </ul>                                                                     |
| Sistemas dun grao de liberdade                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención das ecuacións diferenciais do movemento.</li> <li>- Vibracións lonxitudinais e torsionais.</li> <li>- Vibracións libres, amortiguadas, forzadas externamente.</li> </ul>               |

|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistemas de varios graos de liberdade                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Métodos de desenvolvemento e análise matemática.</li> <li>- Obtención das matrices de elasticidade e amortiguamento.</li> <li>- Resposta dos sistemas a excitacións externas.</li> </ul>                         |
| Sistemas continuos                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipoloxía de vibracións mecánicas. Vibracións transversais.</li> <li>- Frecuencias naturais, condicións límite.</li> <li>- Formulación e desenvolvemento de ecuacións.</li> <li>- Pulsacións propias.</li> </ul> |
| Métodos aproximados, vibracións autoexcitadas e vibracións non lineais. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excitacións non deterministas.</li> <li>- Propiedades estatísticas.</li> <li>- Correlación.</li> </ul>                                                                                                           |

## Planificación

|                                                      | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Lección maxistral                                    | 35            | 70                 | 105          |
| Prácticas de laboratorio                             | 20            | 0                  | 20           |
| Resolución de problemas                              | 20            | 67                 | 87           |
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | 0             | 9.5                | 9.5          |
| Resolución de problemas e/ou exercicios              | 2             | 0                  | 2            |
| Resolución de problemas e/ou exercicios              | 1.5           | 0                  | 1.5          |

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

## Metodoloxía docente

|                          | Descrición                                                                                                                     |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral        | - Clase maxistral na que se expoñen os contidos teóricos e prácticos por medios tradicionais (encerado) e recursos multimedia. |
| Prácticas de laboratorio | - Realización de tarefas prácticas en laboratorio con soporte informático.                                                     |
| Resolución de problemas  | - Actividade na que se formulan problemas e/ou exercicios relacionados coa materia.                                            |

## Atención personalizada

| Metodoloxías                                         | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral                                    | O profesorado axudará ao estudante a resolver de maneira individual ou colectiva as dúbidas e dificultades que atopen na comprensión dos contidos teóricos da materia. Tutorías individuais ou en grupos reducidos co profesorado da materia. Opción de realizar as tutorías de forma online. |
| Prácticas de laboratorio                             | O profesor axudará ao estudante a resolver as dificultades que poida atopar na resolución de prácticas a realizar en laboratorio (con computador). Tutorías individuais ou en grupos reducidos co profesorado da materia. Opción de realizar as tutorías online.                              |
| Resolución de problemas                              | O profesor axudará ao estudante a resolver as dificultades que poida atopar na resolución de exercicios prácticos. Tutorías individuais ou en grupos reducidos co profesorado da materia. Opción de realizar as tutorías online.                                                              |
| Probas                                               | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | O profesorado atenderá ao estudante de forma presencial ou online nas revisións a efectuar dos informes de prácticas realizadas, despexando as súas dúbidas.                                                                                                                                  |
| Resolución de problemas e/ou exercicios              | O profesorado atenderá ao estudante de forma presencial ou online nas revisións a efectuar dos problemas prantexados nos exames parciais, despexando as súas dúbidas.                                                                                                                         |
| Resolución de problemas e/ou exercicios              | O profesorado atenderá ao estudante de forma presencial ou online nas revisións a efectuar dos problemas prantexados nos exames parciais, despexando as súas dúbidas.                                                                                                                         |

## Avaliación

|                                                      | Descrición                                                                                      | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | Avaliaranse os informes achegados polos estudantes da realización das prácticas en laboratorio. | 20            | <div> <div>A2</div> <div>A3</div> <div>A5</div> </div> <div> <div>B1</div> <div>B2</div> <div>C20</div> <div>C22</div> <div>C25</div> <div>D3</div> <div>D4</div> <div>D5</div> <div>D6</div> <div>D8</div> <div>D11</div> </div> |

|                                         |                                                                                                                          |    |                |          |                   |                                   |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------|----------|-------------------|-----------------------------------|
| Resolución de problemas e/ou exercicios | Avaliaranse a resolución dos problemas realizados polos estudantes nas probas parciais durante o curso. 1º Parcial (P1). | 40 | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C20<br>C22<br>C25 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Resolución de problemas e/ou exercicios | Avaliaranse a resolución dos problemas realizados polos estudantes nas probas parciais durante o curso. 2º Parcial (P2)  | 40 | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B2 | C20<br>C22<br>C25 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |

### Outros comentarios sobre a Avaliación

As probas a realizar durante o curso serán as seguintes:

- 1.- Un parcial (P1) a realizar durante o curso en horario lectivo. Cun peso do 40% no total da Evaluación Continua (EC). Se o estudante aproba P1, a calificación obtida conservarase no exame global de 1ª oportunidade (E1) e no exame global de 2ª oportunidade (E2).
- 2.- Un parcial (P2) coincidindo co exame global de 1ª oportunidade (E1) establecido polo centro. Contará cun peso do 40% do total da nota de EC.
- 3.- A entrega obligatoria das Memorias (M) asociadas as prácticas. Cun peso do 20% do total da EC, memorias a realizar en horas non presenciais e a entregar nas últimas datas do curso. A asistencia ás prácticas non é obrigatoria pero si a entrega de tódalas memorias asociadas a elas. Se o estudante supera M, a calificación obtida conservarase no exame E1 e no exame E2.

As tres probas anteriores; P1, P2, M, compoñen as probas da EC.

4.- Un exame global de 1ª oportunidade (E1).

5.- Un exame global de 2ª oportunidade (E2).

A asinatura poderase aprobar/superar dalgunha das seguintes formas:

- 1.- O estudantado que queira aprobar na modalidade de EC deberá ter aprobada cada unha das probas que a compoñen; P1+P2+M.

Sen menoscabo do anterior, os estudantes que queiran mellorar nota poderán presentarse de forma voluntaria os exames globais (E1/E2) sendo evaluados pola maior das notas obtidas entre a EC e E1/E2.

- 2.- Os estudantes que non se atopen no anterior punto, poderán supera-la asinatura presentándose ós exames globais establecidos oficialmente polo centro (E1/E2).

O estudante ten dereito a optar pola avaliación global segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria.

Exame fin de grao. O estudante que se presente ó exame fin de carreira será avaliado ó completo ca nota obtida en dito exame.

Nota: Considerarase que calqueira das probas anteriormente descritas están aprobadas cando o estudante obteña unha nota igual ou superior a 5 pts.

A duración máxima do exame será de 4 horas si se fai de forma continua ou de 5 horas si hai unha pausa intermedia (neste caso a duración máxima de cada parte non superará as 2,5 horas).

O calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta de Centro dá EEAE publícase na web <http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames>.

Compromiso ético:

Esperase que o estudante presente un comportamento ético adecuado. No caso de detectar un comportamento non ético (copia, plaxio, utilización de aparatos electrónicos non autorizados, e outros) considerarase que o estudante non reúne os requisitos necesarios para superar a materia. Neste caso a calificación global no presente curso académico será de suspenso (0).

### Bibliografía. Fontes de información

#### Bibliografía Básica

Shigley, **Diseño en ingeniería mecánica**, Octava, McGrawHill, 2008

Singeres S. Rao, **Vibraciones mecánicas**, Quinta, Pearson, 2012

#### Bibliografía Complementaria

A.S.Hall, A.R. Holowenco, H.R. Laughlin, **Diseño mecánico, teoría y 320 Problemas resueltos**, Serie Schaum,

William W. Seto, **Vibraciones mecánicas, teoría y 225 problemas resueltos**, Serie Schaum,

Justo Nieto, **Síntesis de mecanismos**, Editorial AC,

---

## Recomendacións

---

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

---

Expresión gráfica: Expresión gráfica/O07G410V01105

Física: Física II/O07G410V01202

Informática: Informática/O07G410V01104

Matemáticas: Cálculo II/O07G410V01201

Ciencia e tecnoloxía dos materiais/O07G410V01304

Resistencia de materiais e elasticidade/O07G410V01405

---



| <b>DATOS IDENTIFICATIVOS</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |       |              |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| <b>Vehículos espaciais</b>   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |       |              |
| Materia                      | Vehículos espaciais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |       |              |
| Código                       | 007G410V01933                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |              |
| Titulación                   | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        |       |              |
| Descritores                  | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                              | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | OP     | 3     | 2c           |
| Lingua de impartición        | #EnglishFriendly Castelán                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
| Departamento                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |       |              |
| Coordinador/a                | Ulloa Sande, Carlos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |       |              |
| Profesorado                  | Ulloa Sande, Carlos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |       |              |
| Correo-e                     | carlos.ulloa@uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |       |              |
| Web                          | http://aero.uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |       |              |
| Descrición xeral             | <p>Os vehículos espaciais operan nunha contorna moi diferente ao terrestre. Esta contorna é fundamental á hora de definir os requisitos de deseño dos vehículos espaciais.</p> <p>Nesta materia estúdase, ademais da contorna espacial, os conceptos necesarios de mecánica orbital necesarios para a comprensión das principais órbitas, manobras e as principais perturbacións ás que están sometidos os vehículos espaciais.</p> <p>Estúdanse os principais subsistemas dun vehículo espacial, facendo especial fincapé no subsistema de control térmico e o subsistema de control de actitude.</p> <p>Realízanse prácticas de laboratorio utilizando material específico e software de simulación de análise de misión.</p> <p>Materia do programa English Friendly. Os/as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliográficas para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés.</p> |        |       |              |

### Resultados de Formación e Aprendizaxe

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| A2     | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo                                                                                                                                                                                              |
| A3     | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                                                                                                                                                                                                               |
| A5     | Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| B1     | Capacidade para o deseño, desenvolvemento e xestión no ámbito da enxeñaría aeronáutica que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/308/2009, os vehículos aeroespaciais, os sistemas de propulsión aeroespacial, os materiais aeroespaciais, as infraestruturas aeroportuarias, as infraestruturas de *aeronavegación e calquera sistema de xestión do espazo, do tráfico e do transporte aéreo. |
| B6     | Capacidade para participar nos programas de probas en voo para a toma de datos das distancias de despegamento, velocidades de ascenso, velocidades de perdas, maniobrabilidade e capacidades de aterraxe.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| C24    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os sistemas das aeronaves e os sistemas automáticos de control de voo dos vehículos aeroespaciais.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| D3     | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| D4     | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| D6     | Capacidade de comunicación interpersoal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| D11    | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D13    | Sustentabilidade e compromiso ambiental. Uso equitativo, responsable e eficiente dos recursos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

### Resultados previstos na materia

| Resultados previstos na materia                                                                                          | Resultados de Formación e Aprendizaxe |    |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|-----|-----|
| Coñecemento, comprensión, aplicación e análise das configuracións básicas, subsistemas e misións dos vehículos espaciais | A2                                    | B1 | C24 | D3  |
|                                                                                                                          | A3                                    | B6 |     | D4  |
|                                                                                                                          | A5                                    |    |     | D6  |
|                                                                                                                          |                                       |    |     | D11 |
|                                                                                                                          |                                       |    |     | D13 |
| - Capacidade para a análise da misión, do tipo de lei de guiado e traxectoria espacial                                   | A2                                    | B1 | C24 | D3  |
|                                                                                                                          | A3                                    | B6 |     | D4  |
|                                                                                                                          | A5                                    |    |     | D6  |
|                                                                                                                          |                                       |    |     | D11 |
|                                                                                                                          |                                       |    |     | D13 |

|                                                                                                       |                |          |     |                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-----|------------------------------|
| - Coñecemento, comprensión, aplicación e análise do control térmico do vehículo espacial              | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B6 | C24 | D3<br>D4<br>D6<br>D11<br>D13 |
| - Coñecemento, comprensión, aplicación e análise de control de actitude e órbita do vehículo espacial | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B6 | C24 | D3<br>D4<br>D6<br>D11<br>D13 |
| - Coñecemento e comprensión do sistema de ensaios e do soporte de terra do vehículo espacial          | A2<br>A3<br>A5 | B1<br>B6 | C24 | D3<br>D4<br>D6<br>D11<br>D13 |

## Contidos

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tema                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| BLOQUE 1: Introducción      | Tema 1.1: Breve reseña histórica.<br>Tema 1.2: Clasificación de vehículos espaciais<br>Tema 1.3: Tipos de subsistemas de vehículos espaciais<br>Tema 1.4: O sistema solar.<br>Tema 1.5: A contorna espacial e planetario.                                                                                                            |
| BLOQUE 2: Mecánica orbital  | Tema 2.1: Sistemas de referencia e tempos.<br>Tema 2.2: O problema de dous corpos. Leis horarias e elementos orbitais<br>Tema 2.3: Trazas, cobertura e visibilidade<br>Tema 2.4: Perturbacións<br>Tema 2.5: Tipos de órbitas<br>Tema 2.6: O problema do tres corpos                                                                  |
| BLOQUE 3: Análise de misión | Tema 3.1: Manobras espaciais<br>Tema 3.2: Rendezvous<br>Tema 3.3: Misións lunares e interplanetarias                                                                                                                                                                                                                                 |
| BLOQUE 4: Subsistemas       | Tema 4.1: Sistemas de propulsión e vehículos de lanzamento<br>Tema 4.2: Estruturas de vehículos espaciais<br>Tema 4.3: Sistema de control de actitude<br>Tema 4.4: Sistema de control térmico<br>Tema 4.5: Sistemas eléctrico, comunicacións, comando e telemetría<br>Tema 4.6: Segmento de terra<br>Tema 4.7: Ensaio en laboratorio |

## Planificación

|                               | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|-------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Lección maxistral             | 28            | 0                  | 28           |
| Prácticas de laboratorio      | 12            | 6                  | 18           |
| Seminario                     | 0             | 2                  | 2            |
| Estudo previo                 | 0             | 79.5               | 79.5         |
| Traballo tutelado             | 10            | 10                 | 20           |
| Exame de preguntas obxectivas | 2.5           | 0                  | 2.5          |

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

## Metodoloxía docente

|                          | Descrición                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral        | Docencia de aula                                                                                                                                                                                |
| Prácticas de laboratorio | Realización de prácticas con diferentes subsistemas de vehículos espaciais<br>Realización de prácticas de simulación de análise de misión<br>Realización de traballos sobre vehículos espaciais |
| Seminario                | Titorías en grupos reducidos                                                                                                                                                                    |
| Estudo previo            | Traballo autónomo                                                                                                                                                                               |
| Traballo tutelado        | Traballo tutelado                                                                                                                                                                               |

## Atención personalizada

| Metodoloxías | Descrición                                                                                                                                                                                |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Seminario    | Titorías en grupos reducidos co profesorado da materia. As titorías se desenvolverán, mediante cita previa, no despacho do profesor ou no despacho virtual do profesor, no Campus Remoto. |

| <b>Avaliación</b>             |                                                                                                          |               |                                       |          |     |                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|----------|-----|------------------------------|
| Descrición                    |                                                                                                          | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |          |     |                              |
| Prácticas de laboratorio      | Informe de prácticas de laboratorio                                                                      | 10            | A2<br>A3<br>A5                        | B1<br>B6 | C24 | D3<br>D4<br>D11<br>D13       |
| Traballo tutelado             | Informes e presentacións de traballos propostos ao longo do curso dentro das sesións prácticas           | 20            | A2<br>A3<br>A5                        | B1<br>B6 | C24 | D3<br>D4<br>D6<br>D11<br>D13 |
| Exame de preguntas obxectivas | Exame parcial de preguntas curtas e problemas (30%) (A porcentaxe se pode dividir en probas máis curtas) | 70            | A2<br>A3<br>A5                        | B1<br>B6 | C24 | D3<br>D4<br>D11<br>D13       |
|                               | Exame final de preguntas curtas e problemas (40%)                                                        |               |                                       |          |     |                              |

### **Outros comentarios sobre a Avaliación**

Primeira oportunidade:

(1) Estudantes que seguen o curso por Avaliación Continua:

Para poder superar a materia na primeira oportunidade, mediante Avaliación Continua, será necesario:

-Unha nota no exame final de avaliación continua de, como mínimo, un 5.0.

-Asistir a, como mínimo, o 80% das sesións de prácticas.

-Entregar a totalidade de memorias de prácticas e traballos da materia obtendo, como mínimo, unha nota de 3 en cada un deles.

No caso de non cumprir ditas condicións a nota final será a resultante do mínimo da nota media de EC e de 4.9.

As probas de avaliación continua realizaranse dentro do horario lectivo, sempre que sexa posible. O exame final de avaliación continua realizarase na data aprobada polo centro para a primeira oportunidade.

(2) Estudante que desexen ser avaliados mediante avaliación global:

A avaliación do curso na primeira oportunidade realizarase, por defecto, mediante Avaliación Continua. O estudantado ten dereito a optar pola avaliación global segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria, que non poderá ser superior a un mes.

A nota obtida neste exame representará o 100% da nota final. O estudante deberá obter unha nota mínima de 5.0 neste exame. Este exame pode ter unha parte para realizar nunha sala de computadores e / ou laboratorio, e comprenderá a totalidade da materia impartida, así como os contidos abordados en todas as sesións prácticas e traballos.

O exame de avaliación global realizarase na data aprobada polo centro para a primeira oportunidade.

Segunda oportunidade e Fin de Carrera:

O alumnado que non superasen a materia na primeira oportunidade poderá realizarán un exame que supoñerá o 100% da nota final. O estudante deberá obter unha nota mínima de 5.0 neste exame. Este exame pode ter unha parte para realizar nunha sala de computadores e / ou laboratorio, e comprenderá a totalidade da materia impartida, así como os contidos abordados en todas as sesións prácticas e traballos.

Os exames de segunda oportunidade e fin de carreira realizaranse nas datas aprobadas polo centro para cada convocatoria.

Outras consideracións:

En caso de detección de plaxio en calquera elemento de cualificación, a cualificación en devandito item será 0 e o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.

O calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta do Centro EEAE publícase no sitio web <http://aero.uvigo.es/es/docencia/examen>

### **Bibliografía. Fontes de información**

### **Bibliografía Básica**

H.D. Curtis, **Orbital Mechanics for Engineering Students**, ELSEVIER, 2014

P. Fortescue, **Spacecraft Systems Engineering**, 4, Wiley, 2011

M.D. Griffin y J.R. French, **Space Vehicle Design**, AIAA Education Series, 2004

Charles Brown, **Elements of Spacecraft design**, AIAA Education Series, 2002

### **Bibliografía Complementaria**

Bong Wie, **Space vehicle Dynamics and Control.**, AIAA Education Series, 1998

R. Karam, **Satellite Thermal Control for Systems Engineers**, AIAA Education Series, 1998

### **Recomendacións**

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

Física: Física I/O07G410V01103

Física: Física II/O07G410V01202

Tecnoloxía aeroespacial/O07G410V01205

Mecánica clásica/O07G410V01305

| <b>DATOS IDENTIFICATIVOS</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| <b>Cálculo numérico</b>      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
| Materia                      | Cálculo numérico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |       |              |
| Código                       | 007G410V01941                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        |       |              |
| Titulación                   | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |       |              |
| Descritores                  | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                              | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | OP     | 3     | 1c           |
| Lingua de impartición        | #EnglishFriendly<br>Castelán<br>Galego                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |       |              |
| Departamento                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
| Coordinador/a                | Cid Iglesias, María Begoña                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |       |              |
| Profesorado                  | Cid Iglesias, María Begoña                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |       |              |
| Correo-e                     | bego@dma.uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |              |
| Web                          | http://aero.uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |       |              |
| Descrición xeral             | O obxectivo desta materia é que o estudantado coñeza e domine distintas técnicas e métodos, necesarios tanto para outras materias como para o exercicio profesional: os principais métodos numéricos para resolver grandes sistemas lineares e non lineares, problemas de valor inicial e de contorno e a aplicación do método de elementos finitos. |        |       |              |
|                              | Materia do programa English Friendly. Os/ as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado:<br>a) materiais e referencias bibliografías para o seguimento da materia en inglés,<br>b) atender as titorías en inglés,<br>c) probas e avaliacións en inglés.                                                                              |        |       |              |

### Resultados de Formación e Aprendizaxe

| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A2     | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo                                                                                                                                                                                                                           |
| A3     | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                                                                                                                                                                                                                                            |
| A5     | Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| B2     | Planificación, redacción, dirección e xestión de proxectos, cálculo e fabricación no ámbito da enxeñaría aeronáutica que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no apartado 5 da orde CIN/308/2009, os vehículos aeroespaciais, os sistemas de propulsión aeroespacial, os materiais aeroespaciais, as infraestruturas aeroportuarias, as infraestruturas de aeronavegación e calquera sistema de xestión do espazo, do tráfico e do transporte aéreo. |
| C32    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os métodos de cálculo e de desenvolvemento dos materiais e sistemas da defensa; o manexo das técnicas experimentais, equipamento e instrumentos de medida propios da disciplina; a simulación numérica dos procesos físico-matemáticos máis significativos; as técnicas de inspección, de control de calidade e de detección de fallos; os métodos e técnicas de reparación máis adecuados.                                                    |
| D3     | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| D4     | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| D5     | Capacidade de resolución de problemas e toma de decisións                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| D6     | Capacidade de comunicación interpersoal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| D8     | Capacidade de razoamento crítico e autocrítico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D11    | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

### Resultados previstos na materia

| Resultados previstos na materia                                                                                                            | Resultados de Formación e Aprendizaxe |    |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|-----|-----|
| RA1: Coñecemento, comprensión e aplicación dos métodos numéricos de resolución dos modelos e problemas típicos da Tecnoloxía Aeroespacial. | A2                                    | B2 | C32 | D3  |
|                                                                                                                                            | A3                                    |    |     | D4  |
|                                                                                                                                            | A5                                    |    |     | D5  |
|                                                                                                                                            |                                       |    |     | D6  |
|                                                                                                                                            |                                       |    |     | D8  |
|                                                                                                                                            |                                       |    |     | D11 |

RA2: Coñecer e saber usar algunha ferramenta de software de simulación numérica que use o método de elementos finitos.

A2 B2 C32 D3  
A3 D4  
A5 D5  
D6  
D8  
D11

## Contidos

| Tema                                                              |                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resolución numérica de grandes sistemas lineares e non lineares   | 1. Métodos directos<br>2. Métodos iterativos.<br>3. Precondicionadores.<br>4. Métodos baseados en algoritmos de descenso.<br>5. Métodos para sistemas non lineares. |
| Métodos para problemas de valor inicial e de contorno             | 1. Métodos para problemas de valor inicial<br>2. Sistemas de ecuacións diferenciais ordinarias.<br>3. Métodos para problemas de contorno.                           |
| Método de diferenzas finitas para ecuacións en derivadas parciais | 1. MDF para EDP elípticas.<br>2. MDF para EDP parabólicas.<br>3. MDF para EDP hiperbólicas.                                                                         |
| Método de elementos finitos                                       | 1. MEF en dimensión 1.<br>2. MEF en dimensión superior.<br>3. MEF para problemas vectoriais.<br>4. MEF para problemas evolutivos.                                   |

## Planificación

|                                           | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|-------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Actividades introdutorias                 | 1             | 0                  | 1            |
| Lección maxistral                         | 25            | 60                 | 85           |
| Resolución de problemas                   | 6             | 12                 | 18           |
| Resolución de problemas de forma autónoma | 0             | 13.5               | 13.5         |
| Prácticas con apoio das TIC               | 18            | 12                 | 30           |
| Exame de preguntas de desenvolvemento     | 2.5           | 0                  | 2.5          |

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

## Metodoloxía docente

|                                           | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Actividades introdutorias                 | Actividades encamiñadas a tomar contacto e reunir información sobre o estudantado, así como a presentar a asignatura.                                                                                                                                                               |
| Lección maxistral                         | A profesora exporá nas clases teóricas os contidos da materia que se ilustran con numerosos exemplos e aplicacións. O estudantado disporá de textos básicos de referencia para o seguimento da asignatura.                                                                          |
| Resolución de problemas                   | Formulación, análise, resolución e debate dun problema ou exercicio relacionado coa materia impartida, tanto por parte da docente como dos estudantes. Para ilustrar e completar a explicación de cada lección e para axudar a que o estudantado adquira as capacidades necesarias. |
| Resolución de problemas de forma autónoma | O estudantado terá que resolver exercicios similares aos realizados na clase para adquirir as capacidades necesarias.                                                                                                                                                               |
| Prácticas con apoio das TIC               | Utilizaranse ferramentas informáticas para resolver problemas e exercicios e aplicar os coñecementos obtidos nas clases de teoría. O estudantado terá que resolver exercicios similares para adquirir as capacidades necesarias.                                                    |

## Atención personalizada

| Metodoloxías                              | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resolución de problemas                   | A profesora atenderá personalmente as dúbidas e consultas do estudantado. Atenderanse dúbidas en forma presencial, en especial nas clases de problemas e laboratorio e en titorías, como de forma non presencial, polos sistemas telemáticos dispoñibles para a asignatura. |
| Lección maxistral                         | A profesora atenderá personalmente as dúbidas e consultas do estudantado. Atenderanse dúbidas en forma presencial, en especial nas clases de problemas e laboratorio e en titorías, como de forma non presencial, polos sistemas telemáticos dispoñibles para a asignatura. |
| Resolución de problemas de forma autónoma | A profesora atenderá personalmente as dúbidas e consultas do estudantado. Atenderanse dúbidas en forma presencial, en especial nas clases de problemas e laboratorio e en titorías, como de forma non presencial, polos sistemas telemáticos dispoñibles para a asignatura. |

| Avaliación                            |                                                                                                                                                                                          |               |                                       |    |     |    |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|----|-----|----|
|                                       | Descrición                                                                                                                                                                               | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |    |     |    |
| Resolución de problemas               | Realizarase unha proba escrita para cada unha das partes da materia para avaliar a resolución de exercicios e/ou problemas de forma autónoma. Cada proba terá un peso do 20%.<br><br>RA1 | 40            | A2                                    | B2 | C32 | D3 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               | A3                                    |    |     | D4 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               | A5                                    |    |     | D5 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               |                                       |    |     | D6 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               |                                       |    |     | D8 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               |                                       |    | D11 |    |
| Prácticas con apoio das TIC           | Asistencia e realización correcta das prácticas mediante programas informáticos.<br><br>RA1, RA2                                                                                         | 20            | A3                                    | B2 | C32 | D4 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               | A5                                    |    |     | D5 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               |                                       |    |     | D8 |
| Exame de preguntas de desenvolvemento | Realización dun exame final no que se recollen os contidos correspondentes ás sesións maxistras e á resolución de problemas.<br><br>RA1                                                  | 40            | A2                                    | B2 | C32 | D3 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               | A3                                    |    |     | D4 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               | A5                                    |    |     | D5 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               |                                       |    |     | D6 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               |                                       |    |     | D8 |
|                                       |                                                                                                                                                                                          |               |                                       |    | D11 |    |

### **Outros comentarios sobre a Avaliación**

A modalidade de avaliación preferente é a avaliación continua. O/a estudante ten dereito a optar pola avaliación global (o 100% da cualificación na data oficial) segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria.

En calquera convocatoria é necesario obter un 5 para aprobar a materia. Cada exame puntuará sobre 10. Para superar a asignatura é necesario realizar as prácticas de laboratorio, acadar un 5 sobre 10 nas ditas prácticas e obter un 5 sobre 10 no exame final. No caso de non acadar este mínimo nalguna das partes, a nota final que figurará na acta será a correspondente limitada a un máximo de 4.8 puntos. (\*)

A duración máxima de calquera exame será de 3 horas.

#### **Avaliación segunda oportunidade:**

Realización dun exame no que se avaliarán os resultados de aprendizaxe e a obtención das competencias sinaladas na guía docente. Debe acadar un 5 sobre 10 cun peso na cualificación final do 80%. Será de aplicación igualmente o criterio indicado en (\*).

Se o/a estudante non acada un 5 sobre 10 nas prácticas de laboratorio deberá facer unha proba adicional para superar esta parte, que representa o 20% da cualificación final.

#### **Procedemento de avaliación global (calquera convocatoria):**

Avaliación teórico-práctica: Realización dun exame no que se avaliarán os resultados de aprendizaxe e a obtención das competencias sinaladas na guía docente. Debe acadar un 5 sobre 10 cun peso na cualificación final do 80%.

Avaliación de prácticas de informática: É imprescindible realizar esta proba para superar a asignatura. Consistirá nun exame práctico sobre os temas tratados nas prácticas de informática durante o curso. Debe acadar un 5 sobre 10 para considerar a parte teórica, cun peso na cualificación final do 20%.

Será de aplicación igualmente o criterio indicado en (\*).

#### **Datos de avaliación:**

O calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta de Centro da EEAE atópase publicado na páxina web <http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames>.

#### **Compromiso ético:**

Espérase que o estudiantado presente un comportamento ético adecuado. En caso de detectar un comportamento ético non adecuado (copia, plaxio, utilización de aparellos electrónicos non autorizados, e outros) considerarase que o/a estudante non reúne os requisitos necesarios para superar a asignatura. Neste caso a cualificación global no presente curso académico será de suspenso (0.0).

Recórdase a prohibición do uso de dispositivos móbiles ou ordenadores portátiles en exercicios e prácticas dado que o Real Decreto 1791/2010, de o 30 de decembro, por o que se aproba o Estatuto de o Estudiante Universitario, establece en o seu

artigo 13.2.d), relativo a os deberes de os estudantes universitarios, o deber de :

*"Absterse da utilización ou cooperación en procedementos fraudulentos nas probas de avaliación, nos traballos que se realicen ou en documentos oficiais da universidade".*

---

## **Bibliografía. Fontes de información**

### **Bibliografía Básica**

Burden, R.; Faires, J., **Análisis Numérico**, Iberoamericana,

Kreyszig, E., **Advanced engineering mathematics**, Wiley,

LeVeque, R.J., **Finite difference methods for ordinary and partial differential equations**, Siam,

Reddy, J. N., **An introduction to the finite element method**, McGraw-Hill,

### **Bibliografía Complementaria**

Chapra, S., Canale, R., **Métodos numéricos para ingenieros**, McGraw-Hill,

Conde, L.; Winter, G., **Métodos y algoritmos básicos del álgebra numérica**, Reverté,

Grau, J. - Torres, R., **Introducción a la mecánica de fluidos y transferencia de calor con COMSOL Multiphysics**, Addlink,

Quintela, P., **Matemáticas en ingeniería con Matlab**, Universidade de Santiago de Compostela,

Taylor, R.L.; Nithiarasu, P.; Zienkiewicz, O.C., **The finite element method**, Oxford,

---

## **Recomendacións**

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

Matemáticas: Álgebra lineal/O07G410V01102

Matemáticas: Cálculo I/O07G410V01101

Matemáticas: Cálculo II/O07G410V01201

Matemáticas: Métodos matemáticos/O07G410V01301

### **Outros comentarios**

Recoméndase acudir a clase e traballar os contidos semanalmente.



| <b>DATOS IDENTIFICATIVOS</b>                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |       |              |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| <b>Aleacións e materiais compostos aeroespaciais</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |       |              |
| Materia                                              | Aleacións e materiais compostos aeroespaciais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |       |              |
| Código                                               | O07G410V01942                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |       |              |
| Titulación                                           | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |       |              |
| Descritores                                          | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                                                      | 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | OP     | 3     | 2c           |
| Lingua de impartición                                | #EnglishFriendly<br>Castelán<br>Galego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |       |              |
| Departamento                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |       |              |
| Coordinador/a                                        | Álvarez González, David                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
| Profesorado                                          | Álvarez González, David                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
| Correo-e                                             | davidag@uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
| Web                                                  | <a href="http://fatic.uvigo.es/">http://fatic.uvigo.es/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |       |              |
| Descrición xeral                                     | <p>Esta materia debe considerarse como unha continuación da Ciencia e Tecnoloxía dos Materiais cursada en segundo curso da titulación. Nela afondarase no estudo dos materiais máis empregados na industria aeroespacial. Estudaranse tanto os materiais lixeiros (alíaxes e materiais compostos) empregados no fuselaxe, ás e estabilizadores das aeronaves, como as alíaxes de altas prestacións que forman parte do sistema motopropulsor, tren de aterraxe, etc.</p> <p>Estudaranse as propiedades mecánicas e comportamento xeral e realizarase unha aproximación inicial ao proceso de selección de materiais para unha aplicación concreta.</p> <p>Materia do programa English Friendly. Os/as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliográficas para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés.</p> |        |       |              |

| <b>Resultados de Formación e Aprendizaxe</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| A2                                           | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo                                                                                                                                                                        |
| A3                                           | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                                                                                                                                                                                         |
| A5                                           | Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| C11                                          | Comprender as prestacións tecnolóxicas, as técnicas de optimización dos materiais e a modificación das súas propiedades mediante tratamentos.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| C19                                          | Coñecemento aplicado de: a ciencia e tecnoloxía dos materiais; mecánica e termodinámica; mecánica de fluídos; aerodinámica e mecánica do voo; sistemas de navegación e circulación aérea; tecnoloxía aeroespacial; teoría de estruturas; transporte aéreo; economía e produción; proxectos; impacto ambiental.                                                                                                                              |
| C30                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: As prestacións tecnolóxicas, as técnicas de optimización dos materiais utilizados no sector aeroespacial e os procesos de tratamentos para modificar as súas propiedades mecánicas.                                                                                                                                                                                                         |
| C32                                          | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os métodos de cálculo e de desenvolvemento dos materiais e sistemas da defensa; o manexo das técnicas experimentais, equipamento e instrumentos de medida propios da disciplina; a simulación numérica dos procesos físico-matemáticos máis significativos; as técnicas de inspección, de control de calidade e de detección de fallos; os métodos e técnicas de reparación máis adecuados. |
| C33                                          | Coñecemento aplicado de: aerodinámica; mecánica do voo, enxeñaría da defensa aérea (balística, mísiles e sistemas aéreos), propulsión espacial, ciencia e tecnoloxía dos materiais, teoría de estruturas.                                                                                                                                                                                                                                   |
| D3                                           | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| D4                                           | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D5                                           | Capacidade de resolución de problemas e toma de decisións                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| D8                                           | Capacidade de razoamento crítico e autocrítico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| D11                                          | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| D13                                          | Sustentabilidade e compromiso ambiental. Uso equitativo, responsable e eficiente dos recursos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| <b>Resultados previstos na materia</b> |                                       |
|----------------------------------------|---------------------------------------|
| Resultados previstos na materia        | Resultados de Formación e Aprendizaxe |

|                                                                                                                                                         |                |                          |                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|------------------------------|
| Coñecemento, comprensión e aplicación dos materiais empregados no sector aeroespacial: capacidade de identificar as súas diferenzas.                    | A3             | C11<br>C19<br>C30<br>C33 | D4<br>D8<br>D11<br>D13       |
| Coñecemento, comprensión e aplicación dos materiais utilizados no sector aeroespacial: ferramentas para a determinación do comportamento e propiedades. | A3<br>A5       | C11<br>C32<br>C33        | D4<br>D5<br>D8<br>D11        |
| Coñecemento, comprensión e aplicación dos materiais empregados no sector aeroespacial: métodos de fabricación e optimización.                           | A2<br>A3<br>A5 | C11<br>C19<br>C32<br>C33 | D3<br>D4<br>D5<br>D11<br>D13 |

## Contidos

| Tema                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tema 1.- Características xerais dos materiais empregados na industria aeroespacial | Requisitos de deseño, acreditación e certificación e evolución dos materiais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Tema 2.- Aliaxes Lixeiras: Aliaxes de Aluminio. Aliaxes de Magnesio e Berilio      | Aliaxes de aluminio: Procesado e tratamentos térmicos. Clasificación. Principais aliages de aluminio para aplicacións aeroespaciais. Aliaxes de Mg para aplicacións aeroespaciais. Aliaxes de Berilio. Principais aplicación aeroespaciais.                                                                                                                                                             |
| Tema 3.- Aceiros para aplicacións aeroespaciais.                                   | Aceiros de alta resistencia de temple e revenido. Aceiros PH. Aceiros inoxidables. Aceiros de moi alta resistencia mecánica. Aceiros maraging.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Tema 4.- Aliaxes de Titanio                                                        | Introdución ás aliages de Titanio: metalurxia física e procesado. Propiedades das aliages de Titanio. Aplicacións aeroespaciais das aliages de Ti. Esponxa de titanio.                                                                                                                                                                                                                                  |
| Tema 5.- Superaliages, aliages especiais.                                          | Superaliages de base níquel e de base cobalto. Intermetálicos estruturais: aluminuros de titanio, de níquel e de ferro. Aliages con Memoria de forma. Aliages superplásticas. Aplicacións aeroespaciais. Materiales compuestos de matriz metálica                                                                                                                                                       |
| Tema 6.- Materiais compostos de matriz polimérica.                                 | Características xerais. Fibras e Matrices: F. de carbono. Fibras cerámicas (de vidro, Boro). Fibras orgánicas (aramida, polietileno) Fibras metálicas. Matrices termoestables, resinas (epoxi, poliésteres, fenólicas). Preimpregnados.. Núcleos sandwich. Materiales compuestos de matriz termoplástica. Laminados metálicos reforzados con fibra (FML) Procesos de fabricación. Adhesivos Estruturais |
| Tema 7.- Materiais Cerámicos de aplicación na industria aeroespacial.              | Características xerais. Materiais cerámicos UHT: boruros, carburos, nitruros. Aplicacións (TBC's, sistemas de propulsión, escudos térmicos). Materiais compostos de matriz cerámica.                                                                                                                                                                                                                    |
| Tema 8.- Selección de Materiais                                                    | Introdución ao proceso de selección de materiais. Método Ashby (CES Edupack). Mapas de selección de materiais.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## Planificación

|                               | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|-------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Actividades introductorias    | 1             | 0                  | 1            |
| Lección maxistral             | 46            | 115.5              | 161.5        |
| Traballo tutelado             | 1             | 20                 | 21           |
| Saídas de estudo              | 8             | 0                  | 8            |
| Prácticas de laboratorio      | 14            | 2                  | 16           |
| Resolución de problemas       | 5             | 5                  | 10           |
| Exame de preguntas obxectivas | 2             | 0                  | 2            |
| Presentación                  | 0.5           | 3                  | 3.5          |
| Cartafol/dossier              | 1             | 1                  | 2            |

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

## Metodoloxía docente

| Descrición                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Actividades introductorias Presentación da materia. Descrición da metodoloxía e probas de avaliación. Asignación de grupos |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral        | Exposición por parte do profesor/a dos contidos fundamentais da materia. Intercalaranse actividades participativas no seu desenvolvemento.<br><br>Os coñecementos adquiridos polo estudantado avaliaríase a través dun exame escrito realizado segundo o calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta de Centro da EEAE, publicado na páxina web.<br><a href="http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames">http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames</a><br><br>Dita proba consta de preguntas obxectivas e de resposta curta e tipo test. |
| Traballo tutelado        | O alumnado desenvolverá un traballo en grupos reducidos que seleccionará entre os temas propostos polo profesorado.<br>Esta actividade será valorada a través da defensa pública do traballo, mediante unha rúbrica coñecida.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Saídas de estudo         | Visitas en grupo reducido realizada a algunha das empresas do sector aeronáutico.<br>No caso de non ser posible a realización de ditas visitas, serán substituídas por conferencias impartidas por especialistas do sector.<br>Esta actividade será avaliada mediante un informe que se incorporará ao cartafol do estudante.                                                                                                                                                                                                                               |
| Prácticas de laboratorio | Actividades para a aplicación práctica dos coñecementos adquiridos nas sesións teóricas.<br>Desenvólvese en laboratorio e con equipamento especializado. Serán avaliadas a través dun informe de prácticas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Resolución de problemas  | Resolución de cuestións, problemas e exercicios relacionados coa materia que serán presentados nas clases prácticas.<br>Serán avaliados mediante a resolución de autónoma de exercicios propostos que se incorporarán ao cartafol do estudante e mediante cuestionarios online ao longo do curso                                                                                                                                                                                                                                                            |

### Atención personalizada

| Metodoloxías             | Descrición                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral        | Atención que o profesorado presta de xeito individual ao alumnado para resolver as dúbidas e dificultades que atope na comprensión dos contidos da materia presentados nas clases teóricas. |
| Prácticas de laboratorio | Atención individualizada ao estudantado por parte do profesorado de prácticas para resolver as dificultades que atope no seu desenvolvemento.                                               |
| Resolución de problemas  | Tempo no que o profesor axuda ao estudantado a resolver as dificultades que poda encontrar na resolución de problemas e exercicios prácticos                                                |
| Traballo tutelado        | Tempo de atención individualizada no que o profesorado orienta ao estudantado no desenvolvemento dos traballos en grupo.                                                                    |

### Avaliación

|                               | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |            |                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|------------|------------------------------|
| Resolución de problemas       | Ao longo do curso, o estudantado realizará unha serie de cuestionarios online nos que, a través de preguntas tipo test e resolución de exercicios, deberán amosar a súa comprensión dos conceptos básicos e a rápida aplicación dos mesmos a problemas relacionados cos materiais na aeronáutica                                       | 10            | A2<br>A5                              | C30        | D4<br>D8                     |
| Exame de preguntas obxectivas | Proba escrita individual na que o alumnado deberá responder a cuestións relativas á materia presentada na aula, demostrando comprensión dos conceptos básicos, capacidade de organización da información e de relacionar conceptos                                                                                                     | 40            | A2<br>A3                              | C32        | D4<br>D8                     |
| Presentación                  | Proba na que o estudantado presenta o traballo desenvolvido en pequenos grupos en relación cun tema proposto diante do profesorado e dos compañeiros/as, demostrando o coñecemento adquirido e a súa capacidade de comunicación. Deberán responder ás preguntas formuladas.<br>A avaliación realizarase seguindo unha rúbrica coñecida | 30            | A2<br>A3<br>A5                        |            | D4<br>D5<br>D8<br>D11<br>D13 |
| Cartafol/dossier              | No cartafol do estudante recolleráanse os resumos ou cuestións relativas ás prácticas de laboratorio realizadas, así como das visitas de estudo as empresas seleccionadas. Valorarase a calidade da información, claridade de exposición e axuste a normativa, de selo caso                                                            | 20            | A3<br>A5                              | C32<br>C33 | D5<br>D8<br>D11<br>D13       |

### Outros comentarios sobre a Avaliación

A avaliación completa dos coñecementos e habilidades adquiridos polo estudantado realizarase a través de probas de Avaliación continua e un exame final escrito.

- **Avaliación continúa:** suporá un **60%** da cualificación total e constará de actividades que se desenvolverán ao longo de todo o cuadrimestre (Cuestionarios on-line: 10%; Traballo individual ou de grupo: 30%; Cartafol/ dosier: 20%). As probas presenciais realizaránse no horario lectivo.

- **O exame escrito(40%)** consta de preguntas obxectivas, preguntas curtas, e cuestións tipo test. Realizaráse nas datas fixadas no calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta de Centro da EEAE publicado na páxina web <http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames>

*Para superar a materia, será necesario acadar unha nota mínima do 40% en cada un dos tipos de avaliación. No caso de non acadarse este criterio, a máxima cualificación que poderá acadar o alumno/a é un 4/10.*

*Para a avaliación correspondente á **segunda oportunidade(xuño/xullo)** o estudante que asistia con regularidade ao curso, e teña superada a avaliación continua, poderá escoller entre manter a cualificación obtida nestas probas e realizar só o exame escrito cun valor do 40%, ou renunciar a cualificación obtida na avaliación continúa e realizar un exame que avalíe a totalidade das competencias, cun 100% da puntuación. Esta decisión deberá comunicarse na forma e no prazo establecido polo centro ou polo profesorado da materia. A mesma metodoloxía aplicarase para a convocatoria de fin de carreira.*

O/a estudante ten dereito a optar pola avaliación global segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria.

**CÓDIGO ÉTICO:** Como membros da Universidade de Vigo, agárdase que o estudiantado desta materia promova e comparta unha cultura ética e de honestidade académica. Considérase que calquera intento de obter unha vantaxe académica por medios deshonestos ou inxustos é unha falta de integridade que resulta inaceptable.

No caso de que o profesorado detecte un comportamento non ético por parte de un/unha estudante (copia no exame escrito a través de calquera método, utilización de dispositivos electrónicos se non son expresamente autorizados, **plaxio**, reutilización de traballos, etc.) o alumno será cualificado cunha nota de: Suspenso (0,0) na nota final. No caso de reincidencia, serán comunicados os feitos á dirección da EEAE para a súa consideración.

---

## **Bibliografía. Fontes de información**

### **Bibliografía Básica**

Ashby, M.; Shercliff, H.; Cebon, D., **Materials. Engineering, Science, Processing and Design**, 3ª, Elsevier, B.H., 2014

Antonio Miravete, director, **Materiales Compuestos, I y II**, 1ª, Reverté, 2007

### **Bibliografía Complementaria**

Prasad, N.E.; Wanhill, R.J.H., Editors, **Aerospace Materials and Material Technologies**, vo:1,2, 1ª, Springer, 2017

Daniel Gay, **Composite Materials**, 3ª, CRC Press, 2015

F.C, Campbell, **Manufacturing technology for Aerospace Structural Materials**, 1ª, Elsevier, 2006

Peter Morgan, **Carbon fibers and their composites**, 1ª, Taylor & Francis, 2005

---

## **Recomendacións**

### **Materias que continúan o temario**

Materiais para a industria aeroespacial/O07G410V01903

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

Aerodinámica e aeroelasticidade/O07G410V01923

Fabricación aeroespacial/O07G410V01501

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

Química: Química/O07G410V01203

Tecnoloxía aeroespacial/O07G410V01205

Ciencia e tecnoloxía dos materiais/O07G410V01304

Resistencia de materiais e elasticidade/O07G410V01405

### **Outros comentarios**

No caso de discrepancia ou inconsistencia na información contida nas distintas versións lingüísticas desta guía enténdase que prevalece a versión editada en galego.

| <b>DATOS IDENTIFICATIVOS</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |       |              |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| <b>Mecánica analítica e orbital</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |       |              |
| Materia                             | Mecánica analítica e orbital                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
| Código                              | 007G410V01943                                                                                                                                                                                                                                                            |        |       |              |
| Titulación                          | Grao en Enxeñaría Aeroespacial                                                                                                                                                                                                                                           |        |       |              |
| Descritores                         | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                            | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                                     | 6                                                                                                                                                                                                                                                                        | OP     | 3     | 2c           |
| Lingua de impartición               | #EnglishFriendly<br>Castelán                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
| Departamento                        |                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |       |              |
| Coordinador/a                       | Tommasini , Daniele                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
| Profesorado                         | Tommasini , Daniele                                                                                                                                                                                                                                                      |        |       |              |
| Correo-e                            | daniele@uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |              |
| Web                                 | http://http://aero.uvigo.es/                                                                                                                                                                                                                                             |        |       |              |
| Descrición xeral                    | Estudaranse os métodos da Mecánica Analítica Lagrangiana e Hamiltoniana, para aplicalos en particular á Mecánica Orbital dos vehículos espaciais.                                                                                                                        |        |       |              |
|                                     | Materia do programa English Friendly. Os/ as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado:<br>a) materiais e referencias bibliográficas para o seguimento da materia en inglés,<br>b) atender as titorías en inglés,<br>c) probas e avaliacións en inglés. |        |       |              |

### Resultados de Formación e Aprendizaxe

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| A2     | Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo |
| A3     | Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética                                  |
| A5     | Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía                                                                                                                          |
| B6     | Capacidade para participar nos programas de probas en voo para a toma de datos das distancias de despegamento, velocidades de ascenso, velocidades de perdas, maniobrabilidade e capacidades de aterraxe.                                                            |
| C24    | Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os sistemas das aeronaves e os sistemas automáticos de control de voo dos vehículos aeroespaciais.                                                                                                                   |
| C26    | Coñecemento aplicado de: aerodinámica; mecánica e termodinámica, mecánica do voo, enxeñaría de aeronaves (á fixa e ás rotatorias), teoría de estruturas.                                                                                                             |
| C33    | Coñecemento aplicado de: aerodinámica; mecánica do voo, enxeñaría da defensa aérea (balística, mísiles e sistemas aéreos), propulsión espacial, ciencia e tecnoloxía dos materiais, teoría de estruturas.                                                            |
| D3     | Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa                                                                                                                                                                                                           |
| D4     | Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información                                                                                                                                                                                                          |
| D5     | Capacidade de resolución de problemas e toma de decisións                                                                                                                                                                                                            |
| D6     | Capacidade de comunicación interpersoal                                                                                                                                                                                                                              |
| D8     | Capacidade de razoamento crítico e autocrítico                                                                                                                                                                                                                       |
| D11    | Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos                                                                                                                                                                                    |

### Resultados previstos na materia

| Resultados previstos na materia                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Resultados de Formación e Aprendizaxe |    |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|-----|-----|
| Coñecemento, comprensión, aplicación, análise e síntese dos métodos e técnicas da mecánica analítica; especificamente, as ecuacións de Lagrange, as ecuacións de Hamilton-Jacobi e as transformacións canónicas, o equilibrio de sistemas dinámicos e as oscilacións de 1 grao de liberdade e N graos de liberdade | A2                                    | B6 | C24 | D3  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | A3                                    |    | C26 | D4  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | A5                                    |    | C33 | D5  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                       |    |     | D6  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                       |    |     | D8  |
| Coñecemento e comprensión da dinámica de actitude dos vehículos espaciais                                                                                                                                                                                                                                          |                                       |    |     | D11 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | A2                                    | B6 | C24 | D3  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | A3                                    |    | C26 | D4  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | A5                                    |    | C33 | D5  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                       |    |     | D6  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                       |    |     | D8  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                       |    |     | D11 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-----|-----|
| Coñecemento, comprensión, aplicación, análise e síntesis dos problemas astrodinámicos relacionados co movemento do centro de masas dun vehículo espacial; en concreto, as órbitas keplerianas, as órbitas reais condicionadas polas diferentes perturbacións orbitais, as órbitas osculatrices e os métodos numéricos usuais en Astrodinámica | A2 | B6 | C24 | D3  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | A3 |    | C26 | D4  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | A5 |    | C33 | D5  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |     | D6  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |     | D8  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |     | D11 |

## Contidos

| Tema               |                                                                                                          |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mecánica Analítica | Introducción á Mecánica Lagrangiana                                                                      |
|                    | Introducción á Mecánica Hamiltoniana                                                                     |
|                    | Sistemas Dinámicos: exemplos; linealización; criterios de estabilidade de Lyapunov; integración numérica |
| Mecánica Orbital   | Movemento Kepleriano                                                                                     |
|                    | Forzas Perturbadoras: modelización; métodos numéricos para o cálculo de órbitas e parámetros orbitais    |
|                    | Dinámica de Actitude                                                                                     |

## Planificación

|                                                      | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Resolución de problemas                              | 12            | 18                 | 30           |
| Prácticas con apoio das TIC                          | 12            | 18                 | 30           |
| Lección maxistral                                    | 26            | 39                 | 65           |
| Exame de preguntas de desenvolvemento                | 1.25          | 0                  | 1.25         |
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | 0             | 22.5               | 22.5         |
| Exame de preguntas de desenvolvemento                | 1.25          | 0                  | 1.25         |

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

## Metodoloxía docente

|                             | Descrición                                                                                                               |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resolución de problemas     | Solucionaránse problemas de mecánica analítica e orbital coa participación do estudantado                                |
| Prácticas con apoio das TIC | O estudantado solucionará numericamente problemas de mecánica orbital na aula de informática coa supervisión do profesor |
| Lección maxistral           | O docente expoñdrá a teoría en leccións maxistras                                                                        |

## Atención personalizada

| Metodoloxías                                         | Descrición                                                                                |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resolución de problemas                              | Cada alumno/a participará na resolución de problemas coa axuda do docente.                |
| Prácticas con apoio das TIC                          | Cada alumno/a participará na resolución de problemas numéricos coa axuda do docente.      |
| Probas                                               | Descrición                                                                                |
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | Cada alumno/a participará na elaboración dos informes das prácticas coa axuda do docente. |

## Avaliación

|                             | Descrición                                                             | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe                     |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------|
| Resolución de problemas     | Asistencia e participación activa nas aulas de resolución de problemas | 5             | A2 B6 C24 D3<br>A3 C26 D4<br>A5 C33 D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Prácticas con apoio das TIC | Asistencia e participación activa nas prácticas de computación         | 5             | A2 B6 C24 D3<br>A3 C26 D4<br>A5 C33 D5<br>D6<br>D8<br>D11 |

|                                                      |                                                                                                          |    |                |    |                   |                                   |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------|----|-------------------|-----------------------------------|
| Exame de preguntas de desenvolvemento                | Primeiro exame parcial de preguntas de desenvolvemento en relación ás competencias e contidos da materia | 30 | A2<br>A3<br>A5 | B6 | C24<br>C26<br>C33 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas | Informe sobre a metodoloxía e os resultados das prácticas de cálculo numérico                            | 30 | A2<br>A3<br>A5 | B6 | C24<br>C26<br>C33 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |
| Exame de preguntas de desenvolvemento                | Segundo exame parcial de preguntas de desenvolvemento en relación ás competencias e contidos da materia  | 30 | A2<br>A3<br>A5 | B6 | C24<br>C26<br>C33 | D3<br>D4<br>D5<br>D6<br>D8<br>D11 |

### Outros comentarios sobre a Avaliación

As probas de avaliación continua realizaranse dentro do horario lectivo.

Na avaliación continua, as prácticas e as probas son obrigatorias e liberatorias. Mentras as prácticas non son recuperables, os alumnos que non haxan podido realizar o primeiro parcial ou o haxan suspendido poderán volver a facelo no día do exame final, no cal tamén realizarase o segundo parcial.

O/a estudante ten dereito a optar pola avaliación global segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria. Para os e as alumnos/as que haxan solicitado á avaliación global en tempo e forma á escola, a avaliación farase enteiramente co exame (100% neste caso).

Para a segunda oportunidade aplicaranse os mesmos criterios que para a primeira.

No caso da convocatoria fin de carreira, a avaliación farase enteiramente co exame (100% neste caso).

O calendario de probas de avaliación aprobado oficialmente pola Xunta de Centro da EEAE atópase publicado na páxina web <http://aero.uvigo.es/gl/docencia/exames>

O data do primeiro parcial comunicárase ao principio de curso.

### Bibliografía. Fontes de información

#### Bibliografía Básica

Howard Curtis, **Orbital Mechanics for Engineering Students 3rd Edition**, 3ª, Elsevier, 2014

H. Schaub, J. L. Junkins, **Analytical Mechanics of Space Systems**, AIAA Education Series, 2009

Oliver Montenbruck; Eberhard Gill, **Satellite Orbits: Models, Methods and Applications**, Springer; HAR/CDR edition (September 2, 2011), 2011

J. E. Prussing, B. A. Conway, **Orbital Mechanics**, 2ª, Oxford University Press, 2012

A. E. Roy, **Orbital Motion, Fourth Edition**, 4ª, CRC Press,

William T. Thomson, **Introduction to Space Dynamics**, Dover Publications, 1985

D. A. Vallado, **Fundamentals of Astrodynamics and Applications**, Springer, 2007

#### Bibliografía Complementaria

D. Tommasini, **Apuntes de la asignatura**,

R.R. Bate, D.D. Mueller, J.E. White, **Fundamentals of Astrodynamics (Dover Books on Aeronautical Engineering) Revised ed. Edition**,

P.C. Hughes, **Spacecraft Attitude Dynamics**, Dover Publications, 2004

### Recomendacións

#### Materias que se recomenda ter cursado previamente

Física: Física I/O07G410V01103

Informática: Informática/O07G410V01104

Matemáticas: Álgebra lineal/O07G410V01102

Matemáticas: Cálculo I/O07G410V01101

Matemáticas: Cálculo II/O07G410V01201

