



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Sistemas de control

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |       |              |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|
| Materia               | Sistemas de control                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |       |              |
| Código                | 007M189V01204                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |       |              |
| Titulación            | Máster Universitario en Sistemas Aéreos non Tripulados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |       |              |
| Descritores           | Creditos ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                       | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | OP     | 1     | 2c           |
| Lingua de impartición | #EnglishFriendly<br>Castelán<br>Galego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |       |              |
| Departamento          | Enxeñaría de sistemas e automática                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |              |
| Coordinador/a         | García Rivera, Matías                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |       |              |
| Profesorado           | García Rivera, Matías                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |       |              |
| Correo-e              | mgrivera@uvigo.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |       |              |
| Web                   | <a href="http://www.galiciadrones.es/">http://www.galiciadrones.es/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |       |              |
| Descrición xeral      | Adquirir coñecementos sobre vehículos aéreos non tripulados: xeometría, mecánica, hardware, control e navegación.<br>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.<br><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. |        |       |              |

## Competencias

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| A3     | Que os estudantes sexan capaces de integrar coñecementos e enfrentarse a complexidade de formular xuízos a partir dunha información que, sendo incompleta ou limitada, inclúa reflexións sobre as responsabilidades sociais e éticas vinculadas a aplicación dos seus coñecementos e xuízos.                     |
| A4     | Que os estudantes sepan comunicar as súas conclusións - e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan - a públicos especializados e non especializados dun modo claro e sen ambigüedades                                                                                                                   |
| A5     | Que os estudantes posúan as habilidades de aprendizaxe que lles permitan continuar estudando dun modo que haberá de ser en gran medida autodirixido e autónomo                                                                                                                                                   |
| B3     | Que os estudantes adquiran a capacidade para analizar as necesidades dunha empresa no ámbito dos sistemas aéreos non tripulados e determinen a mellor solución tecnolóxica para a mesma.                                                                                                                         |
| B4     | Que os estudantes adquiran o coñecemento para desenvolver sistemas aéreos non tripulados e planificar operacións específicas, dependendo das necesidades existentes e aplicar as ferramentas tecnolóxicas existentes.                                                                                            |
| B5     | Que os estudantes sexan capaces de aplicar, no ámbito dos sistemas aéreos non tripulados, os principios e metodoloxías de investigación como son as búsquedas bibliográficas, a toma de datos e o análise e interpretación de estos, así como a presentación de conclusións, de forma clara, concisa e rigurosa. |
| C1     | Coñecemento sobre os principais sistemas, dos instrumentos de abordo e da estación de control dunha aeronave non tripulada, así como a súa influencia en seguridade.                                                                                                                                             |
| C3     | Capacidade de interaccionar con outros equipos técnicos no ámbito da enxeñaría para a planificación de operacións con sistemas aéreos non tripulados.                                                                                                                                                            |
| C4     | Capacidade de desenvolver un proxecto técnico no ámbito da enxeñaría de sistemas aéreos non tripulados                                                                                                                                                                                                           |
| D6     | Capacidade de traballo en equipo                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D7     | Capacidade de organización e planificación.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| D8     | Capacidade de análise e síntese.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| D9     | Capacidade de razoamento crítico e creatividade.                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## Resultados de aprendizaxe

| Resultados previstos na materia                                                                                                                                                                                                                     | Resultados de Formación e Aprendizaxe                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| RA01: Adquirir coñecementos sobre robots aéreos non tripulados, a súa compoñentes clave, estimación de estados, mecánica básica, consideracións de deseño, axilidade e maniobrabilidade.                                                            | A3<br>A4<br>A5<br>B3<br>B4<br>B5<br>C1<br>C3<br>C4<br>D6<br>D7<br>D8<br>D9 |
| RA02: Coñecer as consideracións xeométricas e mecánicas dos robots aéreos non tripulados, transformacións, rotacións, ángulos de Euler, aplicabilidade dos cuaterniones, velocidade angular, ecuacións de movemento dun multi-rotor, linearización. | A3<br>A4<br>A5<br>B3<br>B4<br>B5<br>C1<br>C3<br>C4<br>D6<br>D7<br>D8<br>D9 |
| RA03: Comprender as bases do sistema de control e navegación, controis PID, control en 1D, 2D e 3D de multirrotores, xeración de traxectorias, ecuaciones de Euler-Lagrange e Splines.                                                              | A3<br>A4<br>A5<br>B3<br>B4<br>B5<br>C1<br>C3<br>C4<br>D6<br>D7<br>D8<br>D9 |
| RA04: Entender o funcionamento dos sistemas múltiples de control.                                                                                                                                                                                   | A3<br>A4<br>A5<br>B3<br>B4<br>B5<br>C1<br>C3<br>C4<br>D6<br>D7<br>D8<br>D9 |
| RA05: Coñecer os dispositivos sense & avoid.                                                                                                                                                                                                        | A3<br>A4<br>A5<br>B3<br>B4<br>B5<br>C1<br>C3<br>C4<br>D6<br>D7<br>D8<br>D9 |

RA06: Entender os fundamentos de sistemas embebidos en tempo real.

A3  
A4  
A5  
B3  
B4  
B5  
C1  
C3  
C4  
D6  
D7  
D8  
D9

RA07: Coñecer os diferentes controladores open hardware existentes e o seu funcionamento.

A3  
A4  
A5  
B3  
B4  
B5  
C1  
C3  
C4  
D6  
D7  
D8  
D9

## Contidos

### Tema

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Introdución a os robots aéreos non tripulados.   | Multi-rotores.                                                                                                                                                                                                                                 |
| Compoñentes clave de o voo autónomo.             | Estimación de estados.<br>Mecánica básica.<br>Consideracións de deseño.<br>Axilidade e maniobrabilidade.<br>Selección de compoñentes.                                                                                                          |
| Xeometría e mecánica.                            | Transformacións.<br>Rotacións.<br>Ángulos de Euler.<br>Cuaterniones.<br>Velocidade angular.<br>Ecuacións de Newton-Euler.<br>Eixes principais e momentos principais de inercia.<br>Ecuacións de movemento de un multi-rotor.<br>Linearización. |
| Control e navegación.                            | Control PID.<br>Control 1D, 2D e 3D de multirrotores.<br>Traxectorias.<br>Ecuacións de Euler-Lagrange.<br>Splines.                                                                                                                             |
| Control de sistemas múltiples.                   |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Dispositivos Sense & Avoid.                      |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Fundamentos de sistemas embebidos en tempo real. |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Controladores open hardware.                     |                                                                                                                                                                                                                                                |

## Planificación

|                                                  | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|--------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Lección maxistral                                | 10            | 0                  | 10           |
| Prácticas con apoio das TIC (Repetida, non usar) | 10            | 15                 | 25           |
| Resolución de problemas                          | 10            | 15                 | 25           |
| Seminario                                        | 2             | 0                  | 2            |
| Traballo tutelado                                | 8             | 72                 | 80           |
| Resolución de problemas e/ou exercicios          | 2             | 6                  | 8            |

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

## Metodoloxía docente

|                                                  | Descrición                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lección maxistral                                | Exposición por parte do profesor dos contidos sobre a materia.                                                                                                                                                             |
| Prácticas con apoio das TIC (Repetida, non usar) | Actividades de aplicación dos coñecementos a situacións concretas e de adquisición de habilidades básicas e procedimentales relacionadas coa materia. Desenvólvense a través das TIC de xeito autónomo.                    |
| Resolución de problemas                          | Actividade na que se formulan problemas relacionados coa materia. O alumnado debe desenvolver as solucións. U obxectivo é que o alumnado aplique os contidos teóricos na resolución de pequenos problemas de programación. |
| Seminario                                        | Actividade de orientación ós alumnos.                                                                                                                                                                                      |
| Traballo tutelado                                | O/A estudante, de xeito individual ou en grupo, elabora un documento sobre a temática da materia ou prepara seminarios, investigacións, memorias, ensaios, resumos de lecturas, conferencias, etc.                         |

#### Atención personalizada

| Metodoloxías                                     | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Traballo tutelado                                | Tutorías no despacho do profesor ou profesora. É recomendable acudir a estas tutorías cando aparezan dificultades no desenvolvemento do traballo tutelado, ou cando o tempo dedicado ás actividades non presenciais supere notablemente o tempo fixado na planificación.                    |
| Prácticas con apoio das TIC (Repetida, non usar) | Tutorías no despacho do profesor ou profesora. É recomendable acudir a estas tutorías cando aparezan dificultades no desenvolvemento das prácticas autónomas a través de TIC, ou cando o tempo dedicado ás actividades non presenciais supere notablemente o tempo fixado na planificación. |

#### Avaliación

|                                                  | Descrición                                                                                                                                                                                                                                                     | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |                |                |                      |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------------|
| Prácticas con apoio das TIC (Repetida, non usar) | 2 entregas de prácticas autónomas a través de TIC, a ponderación de cada entrega será do 15%.                                                                                                                                                                  | 30            | A3<br>A4<br>A5                        | B3<br>B4<br>B5 | C1<br>C3<br>C4 | D6<br>D7<br>D8<br>D9 |
| Traballo tutelado                                | 1 entrega de traballo tutelado, a ponderación de esta entrega será do 20%.                                                                                                                                                                                     | 20            | A3<br>A4<br>A5                        | B3<br>B4<br>B5 | C1<br>C3<br>C4 | D6<br>D7<br>D8<br>D9 |
| Resolución de problemas e/ou exercicios          | 2 probas sobre os contidos e competencias impartidos nas leccións magistrais e as prácticas autónomas a través de TIC. Estas probas serán de resposta curta, a ponderación de cada proba será do 25%, distribuídas durante o período de actividade presencial. | 50            | A3<br>A4<br>A5                        | B3<br>B4<br>B5 | C1<br>C3<br>C4 | D6<br>D7<br>D8<br>D9 |

#### Outros comentarios sobre a Avaliación

#### CRITERIOS DE AVALIACIÓN PARA ASISTENTES EN 1ª EDICIÓN DE ACTAS: AVALIACIÓN CONTINUA.

Para os alumnos asistentes na 1ª edición de actas (avaliación continua) realizaranse as seguintes probas e entregas:

- 1 entrega de traballo tutelado, a ponderación de esta entrega será do 20%;
- 2 entregas de prácticas autónomas a través de TIC, a ponderación de cada entrega será do 15%;
- 2 probas sobre os contidos e competencias impartidos nas leccións magistrais e as prácticas autónomas a través de TIC. Estas probas serán de resposta curta, a ponderación de cada proba será do 25%, distribuídas durante o período de actividade presencial.

Para superar a asignatura é obrigatorio que o alumno realice todas as entregas e todas as probas, e que en cada entrega e proba obteña unha nota igual ou superior a 4.0.

No caso de non realizar algunha entrega ou proba, ou obter en algunha entrega ou proba unha nota inferior a 4.0, si a puntuación global fose superior a 5, a cualificación final en actas será 4.9, suspenso.

#### CRITERIOS DE AVALIACIÓN PARA NON ASISTENTES EN 1ª EDICIÓN DE ACTAS

Para os alumnos non asistentes na 1ª edición de actas realizaranse as seguintes probas e entregas:

- 1 entrega de traballo tutelado, a ponderación de esta entrega será do 20%;
- 2 entregas de prácticas autónomas a través de TIC, a ponderación de cada entrega será do 15%;
- 1 proba sobre os contidos e competencias impartidos nas leccións magistrais e as prácticas autónomas a través de TIC. Esta proba será de resposta curta e a súa ponderación do 50%.

Para superar a asignatura é obrigatorio que o alumno realice todas as entregas e todas as probas, e que en cada entrega e proba obteña unha nota igual ou superior a 4.0.

No caso de non realizar algunha entrega ou proba, ou obter en algunha entrega ou proba unha nota inferior a 4.0, si a puntuación global fose superior a 5, a cualificación final en actas será 4.9, suspenso.

## CRITERIOS DE AVALIACIÓN PARA A 2ª EDICIÓN DE ACTAS E FIN DE CARREIRA

Empregarase o mesmo sistema de avaliación aplicado para os non asistente en 1ª edición de actas.

## XUSTIFICACIÓN DE AUSENCIA

Para poder xustificar a ausencia a unha proba é necesario un Xustificante de Ausencia ou un Parte de Consulta e Hospitalización (tamén chamado P10) emitido polo médico do SERGAS, ou un certificado emitido por un colexiado médico. Non será válido un xustificante da cita de o médico.

### Bibliografía. Fontes de información

#### Bibliografía Básica

Randal Beard, Timothy McLain, **Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice**, Princeton University Press, 2012

#### Bibliografía Complementaria

Michael Cook, **A Linear Systems Approach to Aircraft Stability and Control**, Butterworth-Heinemann, 2007

Katsuhiko Ogata, **Ingeniería de control moderna**, PRENTICE HALL, 2010

Hassan Gomaa, **Real-time software design for embedded systems**, Cambridge University Press, 2016

Plamen Angelov, **Sense and Avoid in UAS Research and Applications**, John Wiley & Sons, Ltd, 2012

<https://px4.io/>,

### Recomendacións

#### Materias que se recomenda ter cursado previamente

Operacións de sistemas aéreos non tripulados/O07M174V01102

Sensores embarcados/O07M174V01104