Universidad Zaragoza

**Curso Académico: 2021/22**

# 69150 - Autonomous Robots

## Información del Plan Docente

**Año académico:** 2021/22
**Asignatura:** 69150 - Autonomous Robots
**Centro académico:** 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura
**Titulación:** 615 - Máster Universitario en Robótica, Gráficos y Visión por Computador/Robotics, Graphics and Computer Vision
**Créditos:** 6.0
**Curso:** 1
**Periodo de impartición:** Primer semestre
**Clase de asignatura:** Obligatoria
**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

El principal objetivo de la asignatura es el de dar una visión general de los principales componentes y algoritmos que existen en la actualidad para dotar de autonomía a un robot móvil. Para ello, se plantean en la asignatura objetivos de dos tipos:

1. Teóricos: Se persigue que el alumno conozca y maneje con soltura los contenidos teóricos básicos que sustentan el conocimiento que se tiene actualmente de los robots autónomos. Al finalizar la asignatura el alumno será capaz de:

- Conocer y comprender herramientas matemáticas básicas para robots autónomos.
- Diseñar y desarrollar sistemas de generación de trayectorias, planificación de movimientos y navegación de robots.

2. Prácticos: Se persigue que el alumno sepa desenvolverse con soltura en un entorno de aplicación realista que involucre al menos un robot realizando tareas de manera autónoma, aplicando y analizando el alcance práctico de los contenidos teóricos aprendidos. Al finalizar la asignatura el alumno será capaz de:

- Implementar programas en plataformas software de desarrollo robótico que permitan al robot realizar diferentes interacciones con el entorno a través de sus sensores o sus actuadores de forma autónoma.
- Conocer aspectos y problemas relacionados con el funcionamiento de robots autónomos en diferentes aplicaciones reales.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la Agenda 2030 (https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/) y determinadas metas concretas, de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia al estudiante para contribuir en cierta medida a su logro:

- Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades
    - Meta 3.6 Para 2020, reducir a la mitad el número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico en el mundo
- Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructuras
    - Meta 9.4 De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.
    - Meta 9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número

de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.

- Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles
    - Meta 11.2 De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad

### 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Dentro del conjunto de asignaturas del máster enfocadas en la rama robótica, esta asignatura es la primera que se cursa, siendo obligatoria para todos los estudiantes del máster, por lo que sirve como introducción a los aspectos básicos de modelado y caracterización de los sistemas robóticos más comunes. Dentro del bloque de asignaturas de robótica, también es la asignatura en la que se presta una mayor atención a los aspectos de movilidad asociados a los principales sistemas robóticos existentes, abarcando desde la cinemática particular de cada robot hasta las técnicas de planificación y navegación generales de más alto nivel. La comprensión de estos conceptos facilitará al estudiante el estudio del resto de asignaturas, obligatorias y optativas, de esta rama.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Cumplir con los requisitos necesarios de admisión en el máster.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

El estudiante adquirirá las siguientes **competencias básicas:**

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

El estudiante adquirirá las siguientes **competencias generales:**

- CG01 - Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador, que les permitan ser innovadores en un contexto de investigación, desarrollo e innovación.
- CG02 - Capacidad para aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.
- CG03 - Capacidad para evaluar y seleccionar la teoría científica adecuada y la metodología precisa de sus campos de estudio para formular juicios a partir de información incompleta o limitada incluyendo, cuando sea preciso y pertinente, una reflexión sobre la responsabilidad social o ética ligada a la solución que se proponga en cada caso.
- CG04 - Capacidad para predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el

desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en el que se desarrolle su actividad.

- CG05 - Capacidad para transmitir en inglés, de manera oral y escrita, de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan.
- CG06 - Haber desarrollado la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas o tecnológicas dentro su ámbito temático, en contextos interdisciplinares y, en su caso, con una alta componente de transferencia del conocimiento.
- CG07 - Capacidad para asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.
- CG08 - Poseer las aptitudes, destrezas y método necesarios para la realización de un trabajo de investigación y/o desarrollo de tipo multidisciplinar en los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador.
- CG09 - Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la resolución de problemas de los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador.
- CG10 - Capacidad para comprender, relacionar con el estado del arte y evaluar críticamente publicaciones científicas en los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador.
- CG11 - Capacidad para gestionar y utilizar bibliografía, documentación, bases de datos, software y hardware específicos de los ámbitos de la Robótica, Gráficos y/o Visión por Computador.
- CG12 - Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe

El estudiante adquirirá las siguientes **competencias específicas:**

- CE01 - Capacidad para aplicar métodos matemáticos y de inteligencia artificial para modelar, diseñar y desarrollar sistemas y aplicaciones de Robótica, Gráficos y Visión por Computador.
- CE02 - Capacidad para diseñar y desarrollar nuevos métodos y algoritmos aplicables a sistemas autónomos o de realidad virtual y aumentada.
- CE04 - Capacidad para concebir, diseñar y desarrollar software, productos y sistemas en el ámbito de la robótica.
- CE08 - Capacidad para concebir, diseñar y desarrollar sistemas de Aprendizaje Automático, y aplicarlos a problemas de robótica, gráficos y/o visión por computador.
- CE09 - Capacidad para desarrollar de forma autónoma un trabajo de iniciación a la investigación y/o desarrollo en el ámbito de la robótica, gráficos, o visión por computador, en el que se sinteticen e integren las competencias adquiridas en la titulación.
- CE13 - Capacidad para aplicar sistemas de computación de altas prestaciones o métodos numéricos o computacionales a problemas de robótica, gráficos y/o visión por computador.

### 2.2. Resultados de aprendizaje

El alumno deberá ser capaz de:

- Conocer y comprender herramientas matemáticas básicas para robots autónomos: transformaciones espaciales y robótica probabilista.
- Conocer el manejo básico de plataformas software de desarrollo robótico.
- Diseñar y desarrollar sistemas de generación de trayectorias, planificación de movimientos y navegación de robots.
- Desarrollar sistemas para navegación que integren información de diferentes sensores.
- Aplicar los conceptos y sistemas aprendidos al diseño de sistemas de navegación de robots en 2D y 3D.
- Conocer los problemas y las técnicas básicas utilizadas en sistemas multi-robot.
  Conocer aspectos y problemas relacionados con el funcionamiento de robots autónomos en diferentes aplicaciones
  reales.

### 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura capacitan al estudiante para desarrollar soluciones algorítmicas, rigurosamente formuladas, que resuelvan problemas fundamentales en el ámbito de la robótica. Desde la perspectiva investigadora, los contenidos de la asignatura harán que el estudiante sea capaz de formalizar y plantear soluciones a problemas de interés para la comunidad científica. Desde una perspectiva más aplicada, con orientación al mundo empresarial, los conocimientos adquiridos en la asignatura habilitarán al estudiante a reconocer las posibilidades y limitaciones en la utilización de robots en entornos reales, con implicaciones importantes relacionadas con la mejora en la productividad y la reducción de costes.

## 3. Evaluación

### 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación.

Evaluación Teórica (ET): Una o varias pruebas escritas u orales que demuestren que el estudiante ha adquirido los conocimientos teóricos de la asignatura.

Evaluación Práctica (EP): Entregables de prácticas y/o trabajos prácticos (laboratorio, especial e investigación) relacionados con el temario de la asignatura que demuestren que el estudiante ha adquirido las competencias prácticas de la asignatura.

Cada una de las dos evaluaciones resultará en una calificación de 0 a 10 puntos. La nota final del estudiante se calculará ponderando un 40% ET y un 60% EP,

Nota final = 0.4*ET + 0.6*EP.

Para superar la asignatura el estudiante deberá obtener una calificación mayor o igual a 5 puntos tanto en la nota de ET como en la Nota final. Si la nota de ET es menor que 5 puntos, la calificación del estudiante será el mínimo entre Nota final y 4 puntos. En otro caso, la calificación será Nota final.

## 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

### 4.1. Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

1. **Clases magistrales** por parte de los profesores.
2. **Resolución de problemas** planteados en clase y trabajos prácticos.
3. **El desarrollo de prácticas** por parte de los estudiantes y tutoradas por los profesores. En ellas aplicarán, en un entorno simulado o real, sus conocimientos teóricos, enfrentándose a las limitaciones y condicionantes que son inherentes a los sistemas reales. Todo ello redundará en una mayor comprensión, profundización y asimilación de la parte teórica de la asignatura.
4. **Estudio personal** por parte de los estudiantes.

Se debe tener en cuenta que la asignatura tiene un fuerte soporte teórico y que adicionalmente el alumno ha de comprender y asimilar su importancia en el mundo de la aplicación industrial.

### 4.2. Actividades de aprendizaje

La asignatura consta de 6 créditos ECTS que suponen una dedicación estimada por parte del alumno de 150

horas, divididas en las siguientes actividades:

- A01 - Clase magistral: 30 horas
- A02 - Resolución de problemas y casos: 6 horas
- A03 - Prácticas de laboratorio: 12 horas
- A04 - Prácticas especiales: 2 horas
- A05 - Trabajos de aplicación o investigación prácticos: 25 horas
- A06 - Tutela personalizada profesor-alumno: 5 horas
- A07 – Estudio: 65 horas
- A08 - Pruebas de evaluación: 5 horas

### 4.3. Programa

La asignatura se descompone en 7 grandes bloques:

1. Herramientas básicas: transformaciones espaciales, probabilistic robotics, plataformas robóticas
2. Robots autónomos: cinemática y dinámicas
3. Motion planning y técnicas de navegación reactiva
4. Percepción multi-sensor para robots autónomos
5. Métodos de decisión y aprendizaje para planificación y navegación
6. Sistemas multi-robot
7. Field Robotics

### 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

El calendario de la asignatura para sesiones de clases y prácticas está fijado por el Centro.

Las demás actividades relacionadas con el aprendizaje que se pueden realizar durante el curso se anunciarán con la adecuada antelación.

El calendario académico de las actividades a desarrollar en la asignatura se podrá consultar en la web del centro. El estudiante debe estar atento a las fechas detalladas de realización de prácticas y entrega de trabajos de las que será convenientemente informado tanto en clase como a través del Anillo Digital Docente.

### 4.5. Bibliografía y recursos recomendados

Introduction to autonomous mobile robots. R Siegwart, IR Nourbakhsh, D Scaramuzza
Probabilistic Robotics. S. Thrun, D. Fox and W. Burgard