



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

55000105 - Robotica

PLAN DE ESTUDIOS

05TI - Grado En Ingenieria En Tecnologias Industriales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	55000105 - Robotica
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Séptimo semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05TI - Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2021-22

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Jaime Del Cerro Giner	U.D. Automatica	j.cerro@upm.es	Sin horario. Pedir cita por correo electronico
Antonio Barrientos Cruz (Coordinador/a)	Un.D.Automati ca	antonio.barrientos@upm.es	Sin horario. Pedir cita por correo electrónico

Ramon Antonio Suarez Fernandez	Un.D.Automati ca	ramon.suarez@upm.es	Sin horario. Pedir cita por correo electrónico
-----------------------------------	---------------------	---------------------	--

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Coral Cuellar, William Hernan	william.coral@upm.es	Barrientos Cruz, Antonio
Parra Ricaurte, Edgar Andres	edgarandres.parra@upm.es	Barrientos Cruz, Antonio

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Fundamentos De Programacion
- Algebra
- Fisica General I
- Mecanica
- Dinamica De Sistemas
- Fundamentos De Electronica
- Fundamentos De Automatica

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE26A - Conocimientos de principios y aplicaciones de los sistemas robotizados.

CE28A - Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización industrial.

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial.

CG10 - Capacidad para generar nuevas ideas (Creatividad).

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG7 - Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la Ingeniería Industrial en sus actividades profesionales.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA18 - El conocimiento de la asignatura debe permitir abordar proyectos de automatización en los que se utilicen robots industriales así como el conocimiento de los sistemas y algoritmos que contribuyen al funcionamiento de un robot y al desarrollo de sistemas robóticos específicos

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura pretende dotar de conocimientos necesarios para **desarrollar y aplicar** robots, tanto en aplicaciones industriales como de servicio. El enfoque es teórico-práctico desarrollando los conocimientos multidisciplinares necesarios durante las clases y abordado su uso práctico mediante trabajos . La asignatura se desarrolla en buena parte mediante el **Aprendizaje Basado en Proyectos**.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción

- 1.1. Desarrollo, estado actual y tendencias de la robótica
- 1.2. Definiciones y clasificación de los robots

2. Morfología del Robot Industrial

- 2.1. Morfología mecánica del robot
- 2.2. Actuadores y Sensores para el robot
- 2.3. Elementos terminales

3. Herramientas matemáticas

- 3.1. Representación de la posición
- 3.2. Representación de la orientación. Matrices de Rotación y Cuaternios
- 3.3. Matrices de Transformación Homogénea
- 3.4. Relación y comparación entre los distintos métodos de localización espacial
- 3.5. Uso de Matlab para el modelado y simulación de robots

4. Modelado cinemático de Robots manipuladores

- 4.1. El problema cinemático directo. Métodos geométricos y mediante cambios de base. Procedimiento de Denavit Hartenberg.
- 4.2. Cinemática Inversa. Métodos geométricos y mediante MTH. Desacoplo cinemático
- 4.3. Modelo Diferencial. Matriz Jacobiana . Configuraciones singulares

5. Modelado dinámico de Robots manipuladores

- 5.1. Modelo dinámico de la estructura mecánica de un robot rígido. Formulación de Newton Euler y Formulación de Lagrange . Algoritmos computacionales
- 5.2. Modelado en el espacio de la tarea
- 5.3. Modelado de los actuadores

6. Control Cinemático de Robots manipuladores

- 6.1. Funciones del control cinemático
- 6.2. Tipos de trayectorias. Generación y muestreo de trayectorias cartesianas
- 6.3. Interpoladores de trayectoria

7. Control dinámico de Robots manipuladores

7.1. Control Monoarticular

7.2. Control Multiarticular

7.3. Aspectos prácticos de diseño del Regulador

8. Programación de Robots

8.1. Métodos de programación de robots. Clasificación

8.2. Requerimientos de un sistema de programación de robots

8.3. Ejemplo de programación de un robot industrial

9. Robots móviles

9.1. Panorama general de los Robots Móviles

9.2. Cinemática del robot con ruedas

9.3. Sensores para la Navegación

9.4. Fusión sensorial

9.5. Guiado de Robots móviles

10. El Sistema operativo ROS

10.1. Visión general. Antes y despues de ROS

10.2. Componentes: Paquetes, nodos tópicos y servicios

10.3. Gazebo. Simulacion de robots

10.4. RosBridge

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>Introducción. Objetivos y Normas de la asignatura. Desarrollo del curso Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1. Introducción. Concepto de Robot Tipos de Robots Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2. Morfología del Robot. Elementos. Configuraciones Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p>Tema 2.- Morfología. Transmisiones y Reductores Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2.- Morfología. Actuadores: Eléctricos, neumáticos, otros Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p>Tema 2.- Morfología. Sensores presencia Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2.- Morfología. Sensores Posición Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2.- Morfología. Efectores finales Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>ENTREGABLE 1 (DOCUMENTO) Diseño Conceptual y lista de componentes. Plan de Trabajo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 06:00</p>
4	<p>Temas 3.- Herramientas matemáticas. Especificación de la posición y orientación. Duración: 02:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 4.- Modelado Cinemático. Concepto. Modelo Directo. Metodos Geométricos y Cambios de base Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>ENTREGABLE 2 (VÍDEO). Construcción de un Robot. GUI Matlab con Motor DC y encoder con PID TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 15:00</p>

5	<p>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Cinemático Directo. Método DH Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Cinemático Directo con MD y con Cuaternios Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>PEC-1 Examen escrito cubriendo los temas 1 y 2 (MORFOLOGIA) ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00</p>
6	<p>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Cinemático Inverso. Métodos Geométricos. Desacoplamiento Cinemático. CCD Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Diferencial.. Jacobiana Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Diferencial.. Singularidades Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 5.- Modelado Dinámico. Formulación de Newton-Euler y de Lagrange. Obtención para Robots de 2gdl. Modelo en espacio tarea Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>ENTREGABLE 3 (VIDEO). Construcción de un Robot. Sistema electromecánico con Control eje a eje en cadena cerrada TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 25:00</p>
8	<p>Tema 6. Control cinemático. Funciones. Tipos de Trayectoria. Interpoladores. Control Diferencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 7.- Control Dinámico. Control monoarticular. Control Multiarticular. Criterios de diseño Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Esta actividad se Cancela por las restricciones derivadas de la Covid-19 Los objetivos de aprendizaje se cubren en parte con el trabajo práctico. Practica Control de posición y trayectoria de un robot Scara Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
9	<p>Visión global del sistema de control de un Robot Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 8. Programación de Robots. Programación de un robot industrial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>ENTREGABLE 4 (VIDEO) Construcción de un Robot. Control Cinemático. Línea recta TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 15:00</p>
10	<p>Tema 9. Robots móviles. Panorámica. Tipos de Ruedas Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 9.- Robots móviles. Cinemática Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 9.- Robots móviles. Sensores para</p>	<p>Actividad sujeta a las limitaciones derivadas de la Covid-19 Práctica de Programación de Robots Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>TUTORIA GRUPAL: Instalación de máquina virtual ROS y configuración del entorno de trabajo. Inicialización al</p>		

	navegación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	entorno ROS Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas		
11	<p>Tema 9 .- Robots móviles. Navegación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 9.- Robots móviles. Fusión sensorial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>PEC-2 Examen escrito 2. Temas 3 a 7 (MODELADO Y CONTROL) ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00</p>
12	<p>Tema 9.- Robots móviles. Guiado Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 10 Sistema Operativo ROS. Introducción: Creación de paquetes. Diseño de robots con Gazebo Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			<p>ENTREGA 5 FINAL (DOCUMENTO Y VIDEO) Construcción de un Robot. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00</p>
13	<p>Tema 10. Sistema Operativo ROS. Simulación de sensores Ultrasonidos, cámaras, Laser, IMU (acc y gyro), Practica de mover un robot con comandos en bucle abierto Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p>Tema 10. Sistema Operativo ROS. Navegación y Fusión: Ejemplos de paquetes de navegación (dead-reckoning, percepción), Ejemplos de paquetes de fusión sensorial (EKF, UKF, SLAM) Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
14	<p>Tema 10 Sistema Operativo ROS: Planificación: Ejemplo de la integración de un sistema completo de GNC para exploración de un entorno, utilizando RRT (mapas locales y globales) y Frontier Exploration Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>Aplicaciones de la robótica de servicios. Caso Práctico Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>			<p>Entrega Trabajo ROS TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>
15				
16				<p>PEC-3 Examen escrito: Temas 8 y 9 (Programación y Robótica móvil) ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00</p> <p>Trabajo Final (solo evaluación prueba final)</p>

				TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 50:00
17				Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	ENTREGABLE 1 (DOCUMENTO) Diseño Conceptual y lista de componentes. Plan de Trabajo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	06:00	5%	0 / 10	CG10 CG5 CG7
4	ENTREGABLE 2 (VÍDEO). Construcción de un Robot. GUI Matlab con Motor DC y encoder con PID	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	15:00	10%	0 / 10	CG1 CE26A CE28A
5	PEC-1 Examen escrito cubriendo los temas 1 y 2 (MORFOLOGIA)	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	10%	3 / 10	CG1 CE26A CE28A
7	ENTREGABLE 3 (VIDEO). Construcción de un Robot. Sistema electromecánico con Control eje a eje en cadena cerrada	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	25:00	20%	0 / 10	CG7 CE28A CG5 CG1
9	ENTREGABLE 4 (VIDEO) Construcción de un Robot. Control Cinemático. Línea recta	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	15:00	15%	0 / 10	CG1 CE26A CE28A
11	PEC-2 Examen escrito 2. Temas 3 a 7 (MODELADO Y CONTROL)	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	10%	3 / 10	CG1 CE26A CE28A
12	ENTREGA 5 FINAL (DOCUMENTO Y VIDEO) Construcción de un Robot.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	10%	0 / 10	CG5 CG1 CG7 CG10 CE26A CE28A
14	Entrega Trabajo ROS	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	02:00	10%	5 / 10	

16	PEC-3 Examen escrito: Temas 8 y 9 (Programación y Robótica móvil)	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	10%	3 / 10	CE26A CE28A
----	---	--	---------------	-------	-----	--------	----------------

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Trabajo Final (solo evaluación prueba final)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	50:00	25%	5 / 10	CG1 CG10 CE28A CG5 CG7 CE26A
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	75%	5 / 10	CG1 CE28A CE26A

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Trabajo Final (solo evaluación extraordinaria)	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	50:00	25%	5 / 10	CG5 CG1 CG7 CG10 CE26A CE28A
Examen final para evaluación extraordinaria	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	75%	5 / 10	CE28A CG1 CE26A

7.2. Criterios de evaluación

La **evaluación continua** se reparte entre un 70% por los Trabajos (60%+10%) y un 30% los exámenes

Los contenidos teóricos se evalúan en base a 3 pruebas escritas online. La puntuación de cada una es del 10%

Los contenidos prácticos se evalúan en base a dos trabajos a desarrollar. El primero de ellos, que puntúa un 60%, se desarrolla por equipos y consiste en la construcción y control de un robot. Este trabajo tiene una serie de entregas parciales distribuidas durante el curso. **La nota de grupo se distribuye de manera individual por los propios miembros del equipo de acuerdo a la estimación de los propios miembros del equipo.**

El segundo trabajo puntúa un 10% y es individual. Consiste en una implementación del control básico de un Robot móvil bajo ROS.

La **evaluación por prueba final** precisará de aprobar un examen y entregar un trabajo práctico, con una puntuación del 75% y 25% respectivamente

La **evaluación convocatoria extraordinaria** se regirá por los mismos criterios que la Evaluación por prueba final

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Fundamentos de Automática	Bibliografía	Libro de Texto
Arduino	Otros	HW (proporcionado por el alumno)
HW constructivo del robot	Otros	Motores, sensores y materiales constructivos aportados por el alumno
Matlab	Equipamiento	Licencia SW de la UPM

UR Academy	Recursos web	SW online para aprender programación de Robots https://www.universal-robots.com/es/academy/
Robots Scara Makeblock	Equipamiento	Robots tipo Scara para las prácticas y para uso libre por parte del alumno
Motores, Drivers y Sensores	Equipamiento	Pequeño HW constructivo, prestado a los alumnos para que puedan anticipar sus desarrollos
Servos de Velocidad Posición QUBE	Equipamiento	Sistemas de control de posición dotados de Motor DC , Encoder, Reductora , Cargas y SW de soporte sobre Simulink
Ordenadores	Equipamiento	Ordenadores tipo PC con USB y el SW necesario para las prácticas

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura puede ser desarrollada de dos maneras

A) Examen Final. No exige una atención continua la asignatura . Para aprobar será necesario realizar y aprobar (5/10) un trabajo teórico sobre el modelado y control cinemático de un robot (ejercicio) y superar el examen final (5/10)

B) Evaluación Continua. En este caso se debe progresar en el conocimiento de la asignatura de manera continuada durante todo el curso, para lo que se debe de **construir un robot** (simplificado a una articulación durante el curso 20-21) , desarrollado en equipo, e ir realizando entregas progresivas cuyo total suma un **60% de la nota final** , junto con un trabajo práctico sobre ROS con una contribución del **10% de la nota final**, además de realizar **3 pruebas de evaluación continua** , de carácter individual que puntúan un **10%** cada una de la nota final y en las que es preciso sacar 3 o más puntos. Dado el carácter práctico y constructivo del trabajo, esta modalidad exige una notable dedicación temporal. Pueden verse ejemplos de trabajos de cursos anteriores en estos enlaces [Curso 14-15](#), [Curso 15-16](#), [Curso 16-17](#), [Curso 19-20](#)

Si bien están previstas prácticas, de asistencia voluntaria, el desarrollo de estas queda con restricciones derivadas de la COVID-19.

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La asignatura se relaciona con el ODS8 y el ODS8

Esta asignatura contribuye al ODS-8 (Objetivo 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos), aportando conocimientos en tecnologías clave para mantener el crecimiento económico de los países y de su PIB y ayudando a conseguir niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra (meta 8.2)

También contribuye al **ODS-9** (Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación). La formación en las TIC que aporta la asignatura es de aplicación directa al desarrollo de una industria modernizada, fiable y adaptable a la relocalización del tejido industrial. haciéndola más robusta antes crisis con efectos internacionales.