



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 Ingeniería en Tecnologías Industriales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - 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.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

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	2020-21

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

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

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

2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Julio Salvador Lora Millan	julio.lora@csic.es	Centro de Automática y Robótica CSIC-UPM

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.

CG6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.

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. Implantación del Robot industrial
 - 9.1. Diseño y control de una célula robotizada
 - 9.2. Características a considerar en la selección de un robot
 - 9.3. Seguridad en instalaciones robotizadas
- 10. Aplicaciones de los robots
 - 10.1. Aplicaciones de los Robots industriales Manipuladores. Clasificación y características
 - 10.2. Robots de servicio para uso profesionales
 - 10.3. Características de los Robots de servicio personal
- 11. Robots móviles
 - 11.1. Panorama general de los Robots Móviles
 - 11.2. Cinemática del robot con ruedas
 - 11.3. Sensores para la Navegación
 - 11.4. Fusión sensorial

11.5. Guiado de Robots móviles

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>Formación de grupos de trabajo. Explicación del trabajo y modo de trabajo Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas</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. Componentes. Eslabones y Articulaciones Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p>Tema 2.- Morfología. Configuraciones Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2.- Morfología. Transmisiones y Reductores Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2.- Morfología. Actuadores: Neumáticos, Hidráulicos Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>ENTREGABLE 1 Planificación TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p>
3	<p>Tema 2.- Morfología. Actuadores: Motores DC y BL Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2.- Morfología. Actuadores: Motores MPP Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2.- Morfología. Sensores presencia Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2.- Morfología. Sensores Posición Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			

	<p>Tema 2.- Morfología. Efectores finales Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p>Temas 3.- Herramientas matemáticas. Especificación de la posición y orientación. Duración: 01:15 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>REVISION TRABAJO EN AULA Duración: 00:45 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p>Temas 3.- Herramientas matemáticas. MTH y Cuaternios Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>ENTREGABLE 2 Comunicación Matlab-Arduino TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 15:00</p>
5	<p>Tema 4.- Modelado Cinemático. Concepto. Modelo Directo. Metodos Geométricos y Cambios de base Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Cinemático Directo. Método DH Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</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 Directo con MD y con Cuaternios Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Cinemático Inverso. Métodos Geométricos. Desacoplamiento Cinemático. CCD Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>ENTREGABLE 3 Manejo de motor desde Arduino TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00</p>
7	<p>Tema 4.- Modelado Cinemático. Modelo Diferencial.. Jacobiana 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>			
8	<p>Tema 8. Programación de Robots. Modos de programación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 8. Programación de Robots. Programación de un robot industrial 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>		<p>ENTREGABLE 4. Manejo de motor desde Matlab TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00</p>

9	<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>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>
10	<p>Tema 11. Robots móviles. Panorámica. Tipos de Ruedas Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 11.- Robots móviles. Cinemática Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 11.- Robots móviles. Guiado Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Esta actividad de Cancela por las restricciones derivadas de la Covid-19</p> <p>Práctica de Programación de Robots Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>ENTREGABLE 5 Identificación dinámica de la articulación TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 05:00</p>
11	<p>Tema 11.- Robots móviles. Sensores para navegación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 11.- Robots móviles. Navegación.Filtrado Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>ENTREGABLE 6 Control en Velocidad TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 10:00</p>
12	<p>Tema 9. Implantación del Robot. Layouts. Criterios Selecccion Duración: 01:15 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>REVISION TRABAJO EN AULA Duración: 00:45 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p>Tema 9. Implantación del Robot. Seguridad. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>ENTREGABLE 7 Control de Posición TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 08:00</p>
13	<p>Tema 10. Aplicaciones de la robótica industrial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 10. Aplicaciones de la robótica Charla empresa Robots de servicio Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>Tema 10. Aplicaciones de la robótica de servicios Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>ENTREGABLE 8 Generación de Trayectorias TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 05:00</p>

14	<p>Tema 10. Aplicaciones de la robótica de servicios. Caso Práctico Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 10. Caso práctico Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p>Cierre del Curso Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			<p>ENTREGA 9 Documentación Final y demostración TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 05:00</p>
15				<p>PEC3 Examen escrito : Temas 8 a 11 (APLICACION y R.MOVIL) ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 01:00</p>
16				<p>Trabajo Final (solo evaluacion prueba final) TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 50:00</p>
17				<p>Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p>

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
2	ENTREGABLE 1 Planificación	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	02:00	3%	0 / 10	CG7 CG10 CG5
4	ENTREGABLE 2 Comunicación Matlab-Arduino	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	5%	3 / 10	CG1 CE26A CE28A
6	ENTREGABLE 3 Manejo de motor desde Arduino	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	10%	0 / 10	CG6 CG7 CE28A CG5 CG1
8	ENTREGABLE 4. Manejo de motor desde Matlab	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	10%	0 / 10	
9	PEC-2 Examen escrito 2. Temas 3 a 7 (MODELADO Y CONTROL)	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	15%	3 / 10	CG1 CE26A CE28A
10	ENTREGABLE 5 Identificación dinámica de la articulación	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	05:00	5%	0 / 10	CG5 CG1 CG6 CG7 CG10 CE26A CE28A
11	ENTREGABLE 6 Control en Velocidad	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	10:00	5%	0 / 10	CG5 CG1 CG6 CE26A CE28A

12	ENTREGABLE 7 Control de Posición	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	08:00	10%	0 / 10	CG5 CG6 CG7 CE26A CE28A
13	ENTREGABLE 8 Generación de Trayectorias	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	05:00	10%	0 / 10	CG5 CG1 CG6 CG7 CE26A
14	ENTREGA 9 Documentación Final y demostración	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	05:00	7%	5 / 10	CG6 CG7 CG10 CE26A CE28A CG5 CG1
15	PEC3 Examen escrito : Temas 8 a 11 (APLICACION y R.MOVIL)	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 CG6 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 CG6 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 el Trabajo y un 30% los exámenes

Los contenidos teóricos se evalúan en base a 3 pruebas escritas online. La puntuación de cada una es proporcional a la dimensión de la materia cubierta (5%, 15% y 10% de la nota final)

Los contenidos prácticos se evalúan en base a un trabajo por equipos a desarrollar a lo largo del curso (construir y controlar un robot, simplificado al control de una articulación durante el curso 20-21) con entregas parciales , cada una con su porcentaje. 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.**

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 **70% de la nota final** , además de realizar **23 pruebas de evaluación continua** , de carácter individual que puntúan un **5%** , un **15%** y un **10%** 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 2 prácticas, de asistencia voluntaria, orientadas al desarrollo del trabajo programación de robots, dada las restricciones de presencialidad originadas en este curso 20-21 por la COVID, estas se cancelan. Los objetivos cubiertos por estas se trasladan, en lo posible, a las actividades realizadas durante el trabajo práctico.

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 de crisis con efectos internacionales.