



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

53001562 - Diseño Y Control De Robots

### PLAN DE ESTUDIOS

05BH - Master Universitario En Automatica Y Robotica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

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

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	53001562 - Diseño y Control de Robots
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05BH - Master Universitario en Automatica y Robotica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Roque Jacinto Saltaren Pazmiño (Coordinador/a)	Edif. CAR	roquejacinto.saltaren@upm.es	V - 15:30 - 16:30 Solicitar tutoria por correo electrónico

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

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Programación Avanzada
- Modelado Y Simulación De Sistemas
- Técnicas Avanzadas De Control Por Computador

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Regulación Automática, Teoría de Sistemas, Programación.
- Robótica

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

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.

CE01 - Capacidad para diseñar, simular y/o implementar soluciones tecnológicas que impliquen el uso de robots manipuladores y vehículos robotizados

CG06 - Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo

CT02 - Experimenta. Habilidad para diseñar y realizar experimentos así como analizar e interpretar datos

CT11 - Usa herramientas. Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA13 - Debe saber aplicar los principios básicos y avanzados de control a los robots

RA14 - Conocer y ser capaz de seleccionar y dimensionar los elementos electromecánicos de los que se compone un robot

RA12 - El alumno debe comprender la necesidad de la obtención de modelos matemáticos que definan el movimiento del robot, y disponer de técnicas para su obtención.

RA71 - RA12, RA13, RA14

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Las clases son presenciales.

Muy IMPORTANTE: En la primera clase, los estudiantes tendrán que resolver un cuestionario acerca de los conocimientos previos exigidos. De acuerdo a los resultados, los dos módulos en que se divide la asignatura serán reajustados en sus horas, pudiendo ocurrir que se imparta parcialmente el módulo de diseño.

**El desarrollo de la asignatura, se basa en que los estudiantes que se han matriculado cumplen con los requisitos y conocimientos previos recomendados y los enumerados a continuación**

- Conocimientos básicos acerca de Dinámica Analítica (Dinámica de Euler-Lagrange, de Newton Euler)
- Cinemática básica de robots (método de Denavit-Hartenberg, fórmula de Rodrigues, matrices de rotación.
- Regulación Automática, controladores PID, estabilidad, análisis en frecuencia y temporal.
- Matlab y Simulink.
- Los estudiantes deben descargar el paquete Matlab 2022a o más reciente y CAD INVENTOR 2022 del repositorio de la universidad y realizar los tutoriales básicos de este paquete de CAD. A criterio del profesor y de acuerdo con los estudiantes (que lo soliciten), el profesor podrá impartir una tutoría en un día distintos de clase sobre el uso de INVENTOR, para diseño mecánico

**Los estudiantes deben ser conscientes de las anteriores exigencias de conocimientos al matricular la asignatura, debido al número de créditos/horas de la asignatura, no existe NINGUNA posibilidad de realizar un repaso sobre los CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS.**

Debido a las horas asignadas, la asignatura de Diseño y Control de Robots, tiene un enfoque muy específico claramente orientado en su temario al diseño mecánico y de control (selección, cálculo, dimensionamiento y representación, etc.). En el caso del diseño mecánico, el diseño, selección e integración de los componentes fundamentales de un robot (10 horas). En relación al módulo de control, al igual que en el caso de diseño, los temas se desarrollarán directamente enfocados al diseño de los controladores (se utilizará la metodología basada en la definición de la ley de control y ejemplos prácticos). El profesor recomendará las lecturas complementarias de artículos científicos, libros, etc.) que son obligatorias y necesarias para complementar los aspectos aplicados del diseño de controladores.

La asignatura se divide en dos módulos:

#### 1. Módulo de modelado y diseño (15 horas)

En el módulo de diseño no se hará una introducción al estado del arte de los robots (tecnologías, tipos de robots, aplicaciones, etc), que deben haber sido estudiados en asignatura previas de robótica, por lo que se abordará directamente la discusión acerca del diseño de los componentes mecánicos fundamentales de los robots manipuladores y de servicio. El dimensionamiento, la selección de componentes y su caracterización.

Robots manipuladores: Robots seriales, Robots Paralelos ; para el diseño de este tipo de robots se utilizará un software específico desarrollado por el profesor de la asignatura basado en el método recursivo de Newton-Euler y el paquete de Multibody Dynamics Simscae de Simulink

En los siguientes tipos de robots se utilizarán los modelos cinemáticos, dinámicos y de diseño de publicaciones escogidas convenientemente.

Robots móviles: Robots con patas, Drones Submarinos, Robots con ruedas

Robots Especiales: Robots de asistencia, Robots de rehabilitación, Robots de cirugía, Exoesqueletos

#### 2. Módulo de control (10 horas)

Al igual que en el módulo de Diseño, en el módulo de Control son imprescindibles los requisitos y conocimientos previos enumerados. Los siguientes son los temas que se impartirán en el módulo de control

Dinámica de sistemas: Mecánica analítica, métodos recursivos de N-E (es un breve repaso pues **los estudiantes que cursen esta asignatura deben conocer los principios básicos de Dinámica y Cinemática de Robots**)

Control de posición: Control PD Manipuladores, control PD robots móviles

Control de movimiento: Control basado en dinámica inversa Manipuladores , control basado en dinámica inversa robots móviles

Control de fuerza: Estudio de tipos de control de fuerza e impedancia aplicados a robots manipuladores (depende de la evolución de la asignatura)

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Diseño de robots

- 1.1. Robots manipuladores seriales y paralelos
- 1.2. Manos y garras robóticas
- 1.3. Robots móviles
- 1.4. Robots especiales
- 1.5. Accionamientos de potencia
- 1.6. Diseño de un sistema robótico

### 2. Control de robots

- 2.1. Dinámica de robots (breve repaso basado en un problema propuesto que deben resolver los estudiantes)
- 2.2. Introducción al control mono-articular y control de posición
- 2.3. Control de movimiento
- 2.4. Control en el espacio del efector final

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Dinámica de sistemas multicuerpo con Simscape, definición de cuerpos sólidos, sistemas de referencia, articulaciones y restricciones.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-1: Desarrollo de mecanismos robóticos seriales</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-2: Desarrollo de mecanismos robóticos seriales</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-3: Desarrollo de mecanismos robóticos seriales</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>EP-1: Diseño de robots-1</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
5	<b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-3: Desarrollo de mecanismos robóticos móviles</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-4: Desarrollo de mecanismos robóticos móviles</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-5: Desarrollo de mecanismos robóticos móviles</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			



8	<b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-6: Desarrollo de mecanismos robóticos móviles</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>EP-2: Diseño de robots-2</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
9	<b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-7: Accionamientos de potencia y control-1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
10	<b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-8: Accionamientos de potencia y control-2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-8: Accionamientos de potencia y control-2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	<b>Control no-lineal de robots seriales: Control de posición</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
13	<b>Control no-lineal de robots seriales: Control de movimiento</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>EP-3: Control de sistemas articulados</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
14	<b>Control no-lineal de robots seriales: Control de dinámica inversa</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
15				
16				
17				<b>Evaluación Global (EG)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua 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 (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	EP-1: Diseño de robots-1	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	02:00	20%	4 / 10	CT11 CT02 CE01 CG06 CB10
8	EP-2: Diseño de robots-2	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	02:00	20%	4 / 10	CT11 CT02 CE01 CG06 CB10
13	EP-3: Control de sistemas articulados	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	02:00	20%	4 / 10	CE01 CG06 CB10 CT11 CT02
17	Evaluación Global (EG)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	CT11 CT02 CE01 CG06 CB10

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

No se ha definido la evaluación sólo por prueba final.

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Evaluación Global extraordinaria comprende dos partes. teórica (40%) y práctica con Simulink (60%) Nota aclaratoria sobre la calificación: Para poder hacer media entre las dos partes, cada parte (teórica ó práctica) debe tener una nota mínima de 4/10.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CT02 CE01 CG06 CB10 CT11

## 7.2. Criterios de evaluación

**Evaluación ordinaria.** La evaluación ordinaria comprenderá dos partes:

Evaluación progresiva (EP). (a). La evaluación progresiva (EP), comprende tres evaluaciones. EP-1, EP-2 y EP-3. Cada evaluación EP, será realizada de manera presencial en aula, utilizando el portal Moodle. (b). Cada EP implica la utilización de un ordenador portátil y el uso de Matlab. (c). Las evaluaciones EP implican evaluar contenidos acumulativos, por ejemplo, la evaluación EP-3 es acumulativa, es decir comprende también todos los contenidos teóricos y prácticos evaluados en EP anterior Evaluación Global (EG). La evaluación Global (EG). incluye todos los contenidos teóricos y prácticos vistos en la asignatura Nota final (NF). La nota final (NF) será el resultado de la siguiente fórmula  $NF = (0.2 \cdot EP-1 + 0.2 \cdot EP-2 + 0.2 \cdot EP-3) + 0.4 \cdot EG > 5.0$ . La nota final NF resultante, DEBE SER IGUAL O MAYOR a 5.0, para aprobar la evaluación de la asignatura. En el caso de que la nota evaluación global EG, sea mayor que la media aprobada de las EPs, se tomará como nota final la calificación de la EG. En caso contrario la nota final NF será la media. Caso de suspenso en una o más EPs. En el caso de suspender una o más EP (calificación 5.0 (igual o mayor que 5.0) para aprobar la evaluación. En el caso de tener una evaluación EP ó EG (cualquiera de las dos), que no cumpla la nota mínima de 4/10, se suspende la evaluación.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Transparencias	Bibliografía	El estudiante debe completar las transparencias en clase resolviendo algunas preguntas y resultados de simulaciones de modelos de control.
Paquetes Matlab y Simulink ver R2021 o más reciente	Otros	El estudiante debe descargar e instalar las licencias de estos paquetes disponibles en la universidad.

Manuales y ejemplos de Simulink-Simscape	Recursos web	El estudiante debe descargar los manuales de Simscape: Starter, Guide y Reference. De manera similar debe consultar los ejemplo en: <a href="https://es.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/17238-simscape-tutorial-exercises">https://es.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/17238-simscape-tutorial-exercises</a>
Scripts de Matlab y LabVIEW desarrollados por el profesor	Otros	El estudiante debe hacer uso intensivo de modelos de control en clase
Robótica Aplicada	Bibliografía	Libro de texto del profesor
Control of Robot Manipulators in Joint Space, R. Kelly, V. Santibañez, A. Loria	Bibliografía	Libro de texto
Robotics Modelling, Planning and Control Authors: Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., Oriolo, G.	Bibliografía	

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

#### Notas muy importantes

Los estudiantes deben utilizar la página Moodle de la asignatura, personalizada según el Grupo y/o la especialidad.

La asignatura se impartirá en base a clases magistrales de manera presencial.

La impartición de las clases magistrales, implican que los estudiantes además de las transparencias y material docente deberán poder seguir y realizar ejercicios cortos usando el paquete Matlab-Simulink R2022a. Para estos efectos, los estudiantes deberán tener instalada en su ordenador la última versión de Matlab.

Las tareas será voluntarias y no se calificarán. Las tareas contarán con un guión que se dará con suficiente antelación.

Las PEC's se basarán en una serie de cuestiones con opciones múltiples (sin marcha atrás)

La Evaluación Global (EG) será presencial.