



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

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..... | 2  |
| 5. Descripción de la asignatura y temario.....   | 3  |
| 6. Cronograma.....                               | 6  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 8  |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 10 |
| 9. Otra información.....                         | 11 |

## 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 Tecnica Superior De Ingenieros Industriales |
| <b>Curso académico</b>                     | 2021-22  |

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

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

## 2.3. Profesorado externo

| Nombre                      | Correo electrónico        | Centro de procedencia |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Alejandro Rodriguez Barroso | alejandro.rbarroso@upm.es | ETSI Industriales     |

## 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

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

## 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.

## 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 acerca de Dinámica Analítica (Dinámica de Euler Lagrange, de Newton Euler),
- Cinemática básica de robots (metodo de Denavit-Hartenberg, formula de Rodrigues)
- Regulación Automática,
- Control de Sistemas no Lineales (criterio de estabilidad de Lyapunov, etc.),
- Matlab y Simulink.
- Los estudiantes deben descargar el paquete Matlab 2021a o más reciente y CAD INVENTOR 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 numero 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. Robots móviles
- 1.3. Robots especiales
- 1.4. Accionamientos de potencia

### 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 presencial en aula  | Actividad presencial 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><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |                                     |                |  |
| 2   | <b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-1: Desarrollo de mecanismos robóticos seriales</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral         |                                     |                |  |
| 3   | <b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-2: Desarrollo de mecanismos robóticos seriales</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral         |                                     |                |  |
| 4   | <b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-3: Desarrollo de mecanismos robóticos seriales</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral         |                                     |                | <b>PEC-1: Diseño de robots-1</b><br>ET: Técnica del tipo Prueba Telemática<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 02:00 |
| 5   | <b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-3: Desarrollo de mecanismos robóticos móviles</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral          |                                     |                |  |
| 6   | <b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-4: Desarrollo de mecanismos robóticos móviles</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral          |                                     |                |  |
| 7   | <b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-5: Desarrollo de mecanismos robóticos móviles</b><br>Duración: 02:00<br>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><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |  | <b>PEC-2: Diseño de robots-2</b><br>ET: Técnica del tipo Prueba Telemática<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 02:00  |
| 9  | <b>Desarrollo de mecanismos multi-articulados, configuración y ejemplos prácticos-7: Accionamientos de potencia y control-1</b><br>Duración: 02:00<br>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><br>Duración: 02:00<br>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><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral     |  |  |   |
| 12 | <b>Control no-lineal de robots seriales: Control de posición</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |  |  |   |
| 13 | <b>Control no-lineal de robots seriales: Control de movimiento</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |  |  | <b>PEC-3: Control de sistemas articulados</b><br>ET: Técnica del tipo Prueba Telemática<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 02:00   |
| 14 | <b>Control no-lineal de robots seriales: Control de dinámica inversa</b><br>Duración: 02:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas   |  |  |   |
| 15 |  |  |  |   |
| 16 |  |  |  |   |
| 17 |  |  |  | <b>Examen final</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 02:00<br><br><b>E. Teórico 55%, práctico 45% (en computador)</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación sólo prueba final<br>Presencial<br>Duración: 03:00 |

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               |
|------|--|--|------------|----------|-----------------|-------------|--------------------------------------|
| 4    | PEC-1: Diseño de robots-1              | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | Presencial | 02:00    | 15%             | 4 / 10      | CT11<br>CT02<br>CE01<br>CG06<br>CB10 |
| 8    | PEC-2: Diseño de robots-2              | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | Presencial | 02:00    | 15%             | 4 / 10      | CT11<br>CT02<br>CE01<br>CG06<br>CB10 |
| 13   | PEC-3: Control de sistemas articulados | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | Presencial | 02:00    | 15%             | 4 / 10      | CT11<br>CT02<br>CE01<br>CG06<br>CB10 |
| 17   | Examen final                           | EX: Técnica del tipo Examen Escrito    | Presencial | 02:00    | 55%             | 5 / 10      | CT11<br>CT02<br>CE01<br>CG06<br>CB10 |

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

| Sem | Descripción                                  | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas               |
|-----|--|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|--------------------------------------|
| 17  | E. Teórico 55%, práctico 45% (en computador) | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00    | 100%            | 5 / 10      | CT11<br>CT02<br>CE01<br>CG06<br>CB10 |

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción                          | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas               |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|--------------------------------------|
| Examen final, convocatorias de julio | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00    | 100%            | 5 / 10      | CT11<br>CT02<br>CE01<br>CG06<br>CB10 |

## 7.2. Criterios de evaluación

El alumno puede optar por cualquiera de los dos métodos de evaluación (evaluación continua o única), debiendo indicarlo a través de la encuesta disponible en Moodle en el plazo establecido. Si no se rellena dicha encuesta se entiende que el alumno ha optado por la solo prueba final (evaluación única)

De acuerdo a las normativas que están vigentes en su momento, las evaluaciones incluido el examen final de enero, serán realizadas de manera presencial. No obstante si algunas evaluaciones son telemáticas, el estudiante debe prever las condiciones suficientes y necesarias (conexión remota, cámara, entorno verificable del sitio de la evaluación, etc.) para que su evaluación sea eficaz. Cualquier aspecto que afecte la evaluación telemática, considerando además las normativas expedidas por la autoridades académicas de la universidad en relación a las evaluaciones en línea, exámenes, etc., deberá ser comunicado con suficiente antelación al coordinador de la asignatura.

### La evaluación continua consiste en:

45% Pruebas de evaluación continua presencial: 3 PEC's (La nota mínima de este 45% será de 4,00, que resulta de la media de las tres PEC's)

55% Examen final de Enero (nota mínima 5,0). El examen final será presencial, pero dadas las circunstancias excepcionales causadas por el COVID-19, este examen podría ser realizado telemáticamente lo cual será informado oportunamente por las autoridades académicas de la universidad

### La evaluación solo prueba final consiste en:

50% Examen final parte teórica (nota mínima 5,0). El examen final será presencial, pero dadas las circunstancias excepcionales causadas por el COVID-19, este examen podría ser realizado telemáticamente lo cual será informado oportunamente por las autoridades académicas de la universidad

50% Examen final parte práctica en computador (nota mínima 4,0) [Nota: esta parte de la evaluación es equivalente al conjunto de las "prácticas" de la evaluación continua]. El examen final en principio será presencial, pero dadas las circunstancias excepcionales causadas por el COVID-19, este examen podría ser realizado telemáticamente lo cual será informado oportunamente por las autoridades académicas de la universidad

**La evaluación extraordinaria de julio consiste en:**

55% Examen final parte teórica (nota mínima 5,0)

45% Examen final parte práctica en computador (nota mínima 4,0) [Nota: esta parte de la evaluación es equivalente al conjunto de las "tareas+prácticas" de la evaluación continua]

Liberación de cada una de las Partes de la Evaluación

**UNICAMENTE** para estudiantes de evaluación continua:

La nota correspondiente a cada una de las partes obligatorias de la evaluación continua de las practicas y tareas, puede guardarse para la siguiente convocatoria dentro del mismo curso académico siempre y cuando dicha nota media sea igual o superior a cinco (5).

## 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. Loría                         | 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 ó telemática (en línea) utilizando las aplicaciones Microsoft Teams o ZOOM. Cual de estos medios, se comunicarán con oportunamente.

La impartición de las clases magistrales en línea, implican que los estudiantes además de las transparencias y material docente deberán poder seguir y realizar ejercicios cortos usando el paquete Matlab-Simulink. 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 contaran con un guion que se dará con suficiente antelación.

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

El examen final será presencial.