



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

GUÍA DOCENTE

CURSO: 2010/11

12747 - ROBÓTICA

**ASIGNATURA:** 12747 - ROBÓTICA

Vinculado a : (Titulación - Asignatura - Especialidad)

1801-Ingeniería en Informática - 12747-ROBÓTICA - 00

**CENTRO:** Escuela de Ingeniería Informática

**TITULACIÓN:** Ingeniero en Informática

**DEPARTAMENTO:** INFORMÁTICA Y SISTEMAS

**ÁREA:** Arquitectura Y Tecnología de Computadores

**PLAN:** 10 - Año 199**ESPECIALIDAD:**

**CURSO:** Cr. comunes cic**IMPARTIDA:** Segundo semestre **TIPO:** Optativa

**CRÉDITOS:** 9

**TEÓRICOS:** 6

**PRÁCTICOS:** 3

## Descriptores B.O.E.

Cinemática y Dinámica. Planificación de Trayectorias. Control. Actuadores y Sensores. Programación de Robots.

## Temario

T: Clases de teoría (45 horas)

A: Clases de problemas (15 horas)

### MÓDULO I. CONCEPTOS GENERALES (6T + 0A = 6 horas)

#### Tema 1. Introducción (1T + 0A)

- 1.1. Antecedentes históricos
- 1.2. Orígenes y desarrollo de la robótica
- 1.3. Definiciones y tipos de robots
- 1.4. Automatización y robots
- 1.5. Jerarquía de niveles de un robot industrial

Bibliografía básica:

\* Capítulo 2 de [Mins-86], capítulo 1 de [Barr-97] y [Fu-88]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 1 de [Schi-90] y [Spon-89]

#### Tema 2. La estructura mecánica (1T + 0A)

- 2.1. Los elementos y las articulaciones
- 2.2. Grados de libertad
- 2.3. Clasificación de los robots atendiendo a su configuración geométrica
- 2.4. Elementos terminales
- 2.5. Especificaciones de los robots

Bibliografía básica:

\* Capítulo 2 y 9 de [Barr-97] y capítulo 2 y 5 de [Ferr-86]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 1 de [Shah-87] y capítulo 3 de [Mair-88]

### Tema 3. Elementos motores (2T + 0A)

#### 3.1. Actuadores eléctricos

##### 3.1.1. El motor de corriente continua

##### 3.1.2. El motor paso a paso

##### 3.1.3. Motores sin escobillas (brushless): construcción y control

##### 3.1.4. Elementos motores especiales

##### 3.1.5. Criterios de aplicación

#### 3.2. Actuadores neumáticos

##### 3.2.1. Elementos básicos de la instalación

##### 3.2.2. Motores neumáticos

##### 3.2.3. Cilindros neumáticos

##### 3.2.4. Criterios de aplicación

#### 3.3. Actuadores hidráulicos

##### 3.3.1. Elementos básicos de la instalación

##### 3.3.2. Motores hidráulicos

##### 3.3.3. Cilindros hidráulicos

##### 3.3.4. Criterios de aplicación

#### 3.4. Estudio comparativo

Bibliografía básica:

\* Capítulo 2 de [Barr-97], capítulos 6 y 7 de [Mair-88]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 3 de [Ferr-86] y [Ande-88]

### Tema 4. Sistemas de transmisión (1T + 0A)

#### 4.1. Funciones del sistema de transmisión

#### 4.2. Componentes básicos

##### 4.2.1. Engranajes

##### 4.2.2. Tornillos sin fin con rodamientos

##### 4.2.3. Reductores de velocidad

##### 4.2.4. Poleas y cojinetes

##### 4.2.5. Métodos de unión

##### 4.2.6. Frenos de seguridad

#### 4.3. Estudio de casos prácticos

Bibliografía básica:

\* Capítulo 2 de [Barr-97], capítulo 8 de [Mair-88]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 5 de [Ande-88]

### Tema 5. Sensores internos (1T + 0A)

#### 5.1. Introducción

#### 5.2. Interruptores de final de carrera

#### 5.3. Sensores de desplazamiento angular

- 5.3.1. Potenciómetros
- 5.3.2. Resolvers y syncros
- 5.3.3. Codificadores ópticos incrementales y absolutos
- 5.4. Sensores de desplazamiento lineal
  - 5.4.1. Reglas magnéticas
  - 5.4.2. Reglas ópticas
- 5.5. Sensores de velocidad
  - 5.5.1. Dinamos tacométricas
  - 5.5.2. Tacómetros digitales

Bibliografía básica:

\* Capítulo 2 de [Barr-97] y capítulo 4 de [Ferr-86]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 9 de [Mair-88]

## MÓDULO II. MODELADO DE ROBOTS (15T + 13A = 28 horas)

Tema 6. Herramientas matemáticas para la localización del efector final (3T + 1A)

- 6.1. Representación de la posición
  - 6.1.1. Coordenadas cartesianas
  - 6.1.2. Coordenadas cilíndricas
  - 6.1.3. Coordenadas esféricas
- 6.2. Representación de la orientación
  - 6.2.1. Matriz de rotación básica
  - 6.2.2. Matriz de rotación compuesta
  - 6.2.3. Interpretación geométrica de las matrices de rotación
  - 6.2.4. Matriz de rotación respecto de un eje
  - 6.2.5. Ángulos de Euler
  - 6.2.6. Cuaterniones
- 6.3. Matrices de transformación homogénea
  - 6.3.1. Coordenadas y matrices homogéneas
  - 6.3.2. Aplicación de las matrices homogéneas
  - 6.3.3. Interpretación geométrica de las matrices de transformación homogéneas
  - 6.3.4. Matriz de transformación homogénea compuesta
- 6.4. Comparación y relación de los métodos de localización espacial

Bibliografía básica:

\* Capítulo 3 de [Barr-97]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 2 de [Fu-88], [Shah-87] y [Spon-89]

Tema 7. Cinemática directa del robot (2T + 2A)

- 7.1. Introducción
- 7.2. Cadenas cinemáticas
- 7.3. Parámetros cinemáticos de los elementos
- 7.4. La representación Denavit-Hartenberg (D-H)
  - 7.4.1. Método sistemático para establecer los sistemas de coordenadas
  - 7.4.2. Parámetros D-H
  - 7.4.3. Algoritmo
- 7.5. Ecuaciones cinemáticas de los manipuladores
- 7.6. Ejemplos

Bibliografía básica:

\* Capítulo 3 de [Spon-89]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 4 de [Barr-97], capítulo 2 de [Fu-88] y [Schi-90]

Tema 8. Cinemática inversa del robot (1T + 3A)

8.1. Introducción

8.2. Desacoplo cinemático

8.3. Métodos de resolución

8.3.1. El método geométrico

8.3.2. El método de la transformada inversa

8.4. Ejemplos

Bibliografía básica:

\* Capítulo 4 de [Spon-89]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 4 de [Barr-97], capítulo 2 de [Fu-88] y capítulo 3 de [Schi-90]

Tema 9. Velocidades cinemáticas: El Jacobiano del manipulador (3T + 2A)

9.1. Conceptos previos

9.1.1. Matrices asimétricas

9.1.2. Velocidades y aceleraciones

9.1.3. Composición de velocidades angulares

9.2. Relaciones diferenciales: Obtención del Jacobiano del manipulador

9.3. Análisis de singularidades

9.3.1. Desacoplo de singularidades

9.3.2. Singularidades de muñeca

9.3.3. Singularidades del brazo

9.4. Ejemplos

Bibliografía básica:

\* Capítulo 5 de [Spon-89]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 4 de [Barr-97] y capítulo 5 de [Schi-90]

Tema 10. Dinámica del robot (6T + 5A)

10.1. Introducción

10.2. Formulación de Lagrange-Euler

10.2.1. Energía cinética de un manipulador

10.2.2. Energía potencial de un manipulador

10.2.3. Ecuaciones dinámicas de movimiento

10.2.4. Algoritmo computacional

10.2.5. Ejemplos

10.3. Formulación de Newton-Euler

10.3.1. Ecuaciones hacia adelante

10.3.2. Ecuaciones hacia atrás

10.3.3. Algoritmo computacional

10.3.4. Ejemplos

Bibliografía básica:

\* Capítulo 6 de [Spon-89] y [Schi-90]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 5 de [Barr-97] y [Shah-87] y capítulo 3 de [Fu-88]

### MÓDULO III. CONTROL Y PROGRAMACIÓN DE ROBOTS (9T + 2A = 11 horas)

Tema 11. Planificación de trayectorias (5T+2A)

11.1. Funciones del control cinemático

11.2. Tipos de trayectorias

11.3. Planificación de trayectorias en el espacio articular

11.3.1. Interpolación de trayectorias

11.3.2. Cálculo de trayectorias: 4-3-4, 3-5-3 y splines cúbicos

11.4. Planificación de trayectorias en el espacio cartesiano

11.4.1. Método de la matriz de transformación homogénea

11.4.2. Planificación de trayectorias en línea recta utilizando cuaterniones

Bibliografía básica:

\* Capítulo 6 de [Barr-97] y capítulo 4 de [Fu-88]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 7 de [Ferr-86]

Tema 12. Programación de robots (4T+2A)

12.1. Introducción

12.2. Clasificación de los métodos de programación de robots

12.3. Requerimientos de los sistemas de programación de robots

12.3.1. Entorno de programación

12.3.2. Modelado del entorno

12.3.3. Tipos de datos

12.3.4. Manejo de las entradas y salidas

12.3.5. Control del flujo de ejecución del programa

12.4. Programación por guiado

12.4.1. Guiado activo

12.4.2. Guiado pasivo

12.5. Programación a nivel robot

12.5.1. Fases en el desarrollo de los programas

12.5.2. Programación de una aplicación sencilla a nivel robot

12.6. Programación a nivel tarea

12.6.1. Modelado del mundo

12.6.2. Especificación de la tarea

12.6.3. Síntesis de programa

12.7. Ejemplo de programación de un robot industrial

Bibliografía básica:

\* Capítulo 8 de [Barr-97] y capítulo 9 de [Fu-88]

Bibliografía complementaria:

\* Capítulo 8 de [Ferr-86] y [Lee-86]

### MÓDULO IV. PERCEPCIÓN SENSORIAL (9T + 3A = 12 horas)

### Tema 13. Sistema sensorial externo (9T + 3A)

- 13.1. El proceso de percepción
- 13.2. Clasificación de los sensores
- 13.3. Sensores de no contacto
  - 13.3.1. Detección de proximidad
    - 13.3.1.1. Sensores inductivos
    - 13.3.1.2. Sensores capacitivos
    - 13.3.1.3. Sensores de efecto Hall
    - 13.3.1.4. Sensores ultrasónicos
    - 13.3.1.5. Sensores ópticos
  - 13.3.2. Detección de alcance
    - 13.3.2.1. Métodos de triangulación
    - 13.3.2.2. Telémetros de tiempo de vuelo
  - 13.3.3. Visión
- 13.4. Sensores de contacto
  - 13.4.1. Detección táctil
  - 13.4.2. Detección de deslizamiento
  - 13.4.3. Detección de fuerza y torsión

#### Bibliografía básica:

- \* Capítulo 6 y 7 de [Fu-88]

#### Bibliografía complementaria:

- \* [Ever-95], [Stau-87]

### MÓDULO V. APLICACIONES DE LOS ROBOTS (3T + 0A= 3 horas)

#### Tema 14. Aplicaciones de los robots (3T + 0A)

- 14.1. Introducción
- 14.2. Aspectos de diseño y control de una célula robotizada
  - 14.2.1. Disposición del robot
  - 14.2.2. El sistema de control de la célula
  - 14.2.3. La seguridad en instalaciones robotizadas
- 14.3. Clasificación de las aplicaciones robóticas
- 14.4. Aplicaciones industriales
- 14.5. Aplicaciones no industriales: Robots de servicio
- 14.6. El mercado de robots

#### Bibliografía básica:

- \* Capítulo 9 y 10 de [Barr-97]

#### Bibliografía complementaria:

- \* Capítulo 12 de [Ferr-86] y capítulo 13 de [Mair-86]

### Requisitos Previos

El perfil de la asignatura se encuadra en el segundo ciclo de la Ingeniería en Informática. Por ello, se recomienda al alumno haber superado el primer ciclo de la Ingeniería en Informática o los estudios correspondientes a una Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas/Gestión.

## Objetivos

Los conocimientos teórico-prácticos que se pretenden impartir en esta asignatura corresponden a un primer curso de robótica que tiene como principal objetivo proporcionar al alumno unos conocimientos básicos, pero al mismo tiempo sólidos, en el campo de la robótica. La asignatura se centra en el estudio de los diversos aspectos de los robots industriales o brazos manipuladores, considerados como dispositivos versátiles e indispensables en cualquier cadena de producción robotizada de hoy en día.

Los objetivos que nos planteamos alcanzar en la asignatura serán los condicionantes básicos para la posterior elaboración del temario. Por tanto, es de especial importancia una adecuada selección de los mismos con objeto de que el alumno obtenga unos conocimientos sólidos de la disciplina que le permitan no sólo enriquecer su formación desde el punto de vista académico, sino también, capacitarle para que en su vida profesional (o en estudios de postgrado) pueda afrontar trabajos que, en mayor o menor medida, puedan estar relacionados con la robótica.

Con tal consideración se ha tratado de plantear los objetivos de modo que la disciplina no sea tratada como un simple repaso de tecnologías básicas (electrónica, informática, mecánica, etc.) ni tampoco como una excesiva especialización bien, limitando el estudio de la robótica a conocer de forma profunda determinados aspectos del sistema de control o bien, tratando la robótica únicamente desde el punto de vista del usuario, sin dar una adecuada información sobre las tecnologías que la forman. Por tanto, los objetivos que planteamos a continuación tratan de alcanzar un equilibrio entre los anteriores enfoques y se orientan a proporcionar conocimientos básicos en robótica, de modo que la asignatura se adecue a lo que sería un primer curso de robótica.

Los objetivos básicos que se persiguen en la asignatura son:

1. Dar una visión general del campo de la robótica y proporcionar conocimientos básicos acerca de las características, funcionalidad, estructura y funcionamiento de los diferentes elementos básicos que componen un robot.
2. Capacitar al alumno para obtener el modelo matemático de un manipulador, con fines de control y programación, proporcionándole conocimientos básicos acerca de herramientas matemáticas y métodos científicos.
3. Dar una visión general de las funciones asociadas al control cinemático del manipulador (o planificación de trayectorias) y las técnicas analíticas utilizadas para implementarlas.
4. Obtener una visión general de los métodos de programación de los robots analizando sus ventajas e inconvenientes así como las características deseables para los mismos.
5. Introducir la percepción sensorial como vía fundamental para mejorar las prestaciones globales de un robot. Obtener una visión general de la estructura y funcionamiento de los sensores más frecuentemente utilizados.
6. Conocer aspectos básicos relacionados con la implantación de un robot industrial y las aplicaciones más frecuentes de los robots.

A continuación pasamos a comentar las principales motivaciones que nos han llevado a plantear los objetivos anteriores.

### Objetivo 1

Cuando un alumno se matricula por primera vez en la asignatura el concepto que tiene de robot es, normalmente, el que ha recibido a través de películas de ciencia ficción. En estos casos es frecuente presentar el robot como una máquina inteligente, con forma humana y con capacidades y habilidades que en muchas ocasiones superan a las del hombre. Por ello, consideramos necesario que en la primera parte del curso se presente al alumno una visión general del campo de la

robótica, desde sus orígenes hasta el estado actual, y se defina el concepto de robot industrial que será objeto de estudio durante el curso, sin que ello impida comentar las características de otros tipos de robots.

Para entonces, hemos de suponer que el alumno esté motivado y desee profundizar en aspectos más concretos de los robot industriales. Este aspecto justifica la necesidad de presentar al alumno la estructura y funcionamiento de un robot industrial desde el punto de vista de una jerarquía de niveles, estudiando la funcionalidad que ofrece cada nivel, y profundizando, posteriormente, en los múltiples aspectos relativos al manipulador o brazo mecánico que ocupa el nivel más bajo de la jerarquía y cuyo control y programación constituye el principal objetivo del resto de la materia.

#### Objetivo 2

Una formación de grado superior exige proporcionar al alumno una visión de la robótica en la que no sólo se contemple una mera descripción de la materia a nivel de usuario, sino también, las técnicas analíticas básicas implícitas en los distintos eslabones computacionales que hacen factible control de los robots. En este sentido es necesario proporcionar al alumno un método científico que le permita abordar el modelado matemático del manipulador a partir del cual, se podrán establecer, posteriormente, las distintas estrategias de control y movimiento. El logro de esta meta justifica el planteamiento de este segundo objetivo orientado, básicamente, a capacitar al alumno para obtener las ecuaciones cinemáticas y dinámicas de un manipulador.

Para cuando se haya alcanzado este objetivo el alumno sabrá cómo relacionar los valores articulares (los únicos que entiende el manipulador) y sus primeras derivadas, con las correspondientes al efector final, normalmente expresadas en coordenadas cartesianas. Asimismo, será capaz de obtener las ecuaciones que relaciona matemáticamente los pares y fuerzas que se han de aplicar a las articulaciones, los parámetros dimensionales del robot (masas, longitudes de los elementos, etc.) y la localización del robot definida por sus variables articulares y sus derivadas.

#### Objetivo 3

Una vez establecido el modelo cinemático y dinámico de un robot es necesario alcanzar un nuevo objetivo que se centra en el control cinemático del robot. Su inclusión se justifica como un último paso antes de pasar a estudiar aspectos más prácticos del robot. El logro de este objetivo se plantea desde la perspectiva de proporcionar al alumno una visión general de los procedimientos computacionales que permiten el movimiento del extremo del robot según la trayectoria espacial especificada por el usuario mediante las instrucciones del programa.

Logrado este objetivo el alumno estará en condiciones para entender cómo se implementa una instrucción de movimiento del robot, y las implicaciones que tienen en el control cinemático las especificaciones que el usuario pueda fijar para una trayectoria, tales como: velocidad, tipo de trayectoria y precisión con la que se alcanza los puntos, etc.

#### Objetivo 4

Tras los conocimientos básicos de modelado y control del robot, es necesario también abordar aspectos más prácticos de la materia con objeto de que el alumno adquiriera una visión lo más completa posible de la disciplina. En este sentido uno de los primeros aspectos a tratar es la comunicación hombre-máquina, aspecto ineludible ya que es la vía a través de la que el usuario indica al robot el conjunto de movimientos y acciones efectoras que ha de realizar para llevar a cabo una aplicación. Por otra parte, la justificación de logro de este objetivo surge del convencimiento de que la primera toma de contacto que un alumno puede tener en su vida profesional con un sistema robótico es, sin duda, a través de su lenguaje de programación. Esto constituye una buena motivación para incluir el estudio de los métodos de programación de robots como un último objetivo a alcanzar. Ello proporcionará al alumno una visión general de cómo la potencialidad de un sistema robótico viene definida, en gran parte, por el método de programación.

### Objetivo 5

Uno de los retos que siempre se ha planteado el hombre es la de construir máquinas con capacidades similares a las del ser humano. Para ello es necesario que la máquina sea capaz de percibir su entorno y en base a dicha información planifique cuáles serán sus líneas de actuación para lograr algún objetivo. Desde este punto de vista creemos interesante proporcionar al alumno unos conocimientos básicos acerca del sistema sensorial externo. La incorporación de información sensorial en un sistema robótico abre una vía muy importante y necesaria para que una máquina de alta precisión, en principio ciega y sin capacidad para reaccionar ante eventos imprevistos, sea capaz de interaccionar con su entorno de forma flexible e inteligente.

Asimismo, diremos que desde el punto de vista informático de la robótica, la utilización de sensores y el desarrollo de los correspondientes algoritmos computacionales para procesar la información que ellos suministran, es un tema de amplio interés en la comunidad científica y que en cualquier momento puede plantearse en la futura vida profesional o científica de un informático. Esto constituye una razón adicional para incluir el sistema sensorial externo dentro de los objetivos de la asignatura.

### Objetivo 6

Una vez abordados los aspectos de la morfología del robot, modelado, control, programación y el sistema sensorial externo, quedan aún aspectos prácticos importantes relacionados con la integración de los robots en los procesos productivos, y que no deberían dejarse de lado en un primer curso de robótica. No cabe duda que a la hora de llevar a la práctica la implantación de un sistema robotizado, un profesional debería tener criterio para seleccionar cuál es el robot más adecuado para su aplicación además de tener ideas generales acerca del diseño y control de una célula robotizada, e incluso, poseer algunos conocimientos generales acerca de su seguridad. Por otra parte, también consideramos enriquecedor tener una visión general de cuáles son las aplicaciones más habituales de los robots y las no tan habituales, de modo que, en un momento dado, pueda proyectar estas soluciones robotizadas en otras aplicaciones o sectores.

En resumen, podemos decir que a lo largo del curso, se proporciona al alumno principios fundamentales sobre robótica, así como, las técnicas analíticas básicas que lo capaciten para entender sin dificultad, los diversos aspectos, tanto de diseño como tecnológicos, que subyacen en la arquitectura de un robot típico industrial (normalmente en forma de brazo mecánico al que se conecta un efector final). Con ello, los alumnos tendrán una visión general de los problemas que se plantean a la hora del diseño básico de un robot, de las técnicas analíticas utilizadas para resolver los múltiples problemas que se plantean y las diferentes soluciones que se han dado a los mismos. Por tanto, cursada la asignatura, los alumnos serán capaces de entender los múltiples aspectos de funcionamiento de un robot, ser usuarios avanzados, programar aplicaciones e incluso afrontar un diseño (no sofisticado) de un robot.

## Metodología

Para alcanzar los objetivos planteados para la asignatura se propone la impartición de los conocimientos expuestos en los programas teórico y práctico en base a la realización de las siguientes actividades académicas:

### Clases de Teoría y problemas

La clase de teoría podemos considerarla como una clase a desarrollar por el profesor a alto nivel y que para su asimilación y maduración completa exige una labor posterior por parte del alumno. Por otra parte, las clases de problema constituyen un complemento a las clases de teoría donde el

alumno pone en práctica sus conocimientos asentando conceptos y conectando la teoría con la práctica. Los problemas serán planteados previamente al alumno para que intente resolverlos antes de que el profesor los resuelva en la pizarra. Para el programa propuesto se estiman un total de 60 horas de docencia repartidas entre teoría (45 horas) y problemas en pizarra (15 horas).

#### Prácticas en laboratorios

De acuerdo al Plan Docente vigente y a la organización planteada para este curso se estiman un total de 30 horas de prácticas en Laboratorio donde el alumno experimentará con sistemas reales que permita la comprobación práctica de los conocimientos adquiridos y la aplicación de los mismos a problemas reales. En este sentido, consideramos las prácticas como un elemento esencial para la formación de los alumnos. Las prácticas, de carácter obligatorio, estarán basadas en robots educativos tipo RHINO o similares, y se realizarán preferentemente durante el curso, en grupos de dos alumnos y en horario determinado por la Jefatura de Estudios del Centro. Para aprobar la asignatura es condición necesaria y no suficiente, el haber realizado y superado las prácticas.

#### Realización de trabajos tutorizados

El alumno ha de realizar un trabajo durante el curso de carácter integrador de los diferentes contenidos impartidos durante el curso y que será defendido ante el profesor de la asignatura contestando a cuantas preguntas éste le plantee.

### Criterios de Evaluación

El sistema de evaluación a utilizar en la asignatura tendrá en cuenta los conocimientos teóricos, los trabajos realizados por los estudiantes, la asistencia a las clases teórico-prácticas, la participación activa y las prácticas de laboratorio. El estudiante tendrá la posibilidad de acogerse a dos tipos de evaluaciones: uno de carácter formativo y continua y otra de tipo final o sumativa.

En el sistema de evaluación continua se tendrán en cuenta las siguientes actividades con las ponderaciones indicadas:

Asistencia a clase (mínimo 75%) (AC)..... 10%  
Participación activa del estudiante (PA) .... 10%  
Ejercicios/trabajos para casa (HW) ..... 15%  
Prácticas de laboratorio (PL) ..... 30%  
Trabajo de curso (TC) ..... 35%

La nota final F será calculada como:

$F = 0,1 \times AC + 0,1 \times PA + 0,15 \times HW + 0,3 \times PL + 0,35 \times TC$  donde HW, PL y TC han de ser  $\geq 5$ .

Aquellos alumnos que no cumplan con los requisitos para la evaluación continua se acogerán al siguiente sistema de evaluación:

Prácticas de laboratorio (PL) ..... 30%  
Trabajo de curso (TC) ..... 35%  
Examen final (EX) ..... 35%

La nota final F será calculada como:

$F = 0,3 \times PL + 0,35 \times TC + 0,35 \times EX$  donde PL, TC y EX han de ser  $\geq 5$ .

Para presentarse al examen final en cualquiera de las convocatorias será necesario haber realizado y superado el trabajo de curso y las prácticas de laboratorio.

Aquellos alumnos que hayan aprobado en la convocatoria ordinaria las prácticas y/o el trabajo de

curso se les extiende la validez de la calificación obtenida en dichas pruebas a las sucesivas convocatorias hasta que no cambie el proyecto docente de la asignatura.

## Descripción de las Prácticas

### Práctica nº 1

#### Descripción

Introducción a los sistemas robóticos educativos

#### Objetivos

Familiarizar al alumno con los robots educativos RHINO y SCORBOT. Para ello, el alumno ha de identificar todos los componentes que conforman el sistema robótico (controlador, unidad de programación y manipulador) analizando las características (eléctricas, geométricas, etc.) y modos de funcionamiento de cada uno de ellos. El alumno tendrá que entregar una memoria en la que se contesta una serie de cuestiones planteadas en el enunciado de la práctica y que le serán útiles para la realización de prácticas posteriores.

#### Material de laboratorio recomendado

Robots RHINO y SCORBOT y computadores personales PC

#### Nº horas estimadas en Laboratorio

4

#### Nº horas total estimadas para la realización de la práctica

4

### Práctica nº 2

#### Descripción

Programación en línea y arquitectura del repertorio de comandos de los robots educativos

#### Objetivos

Enseñar al alumno a programar aplicaciones mediante el método de programación más elemental de un robot, consistente en la enseñanza y repetición de puntos mediante el uso de la unidad de programación del robot (guiado activo). Asimismo, familiarizar al alumno con las utilidades software de los sistemas robóticos RHINO y SCORBOT que, ejecutándose en un computador personal, permiten mejorar el entorno de programación del robot y tener acceso a todos los comandos de bajo nivel del controlador y, así, poder tener el control absoluto del robot.

#### Material de laboratorio recomendado

Robots RHINO y SCORBOT y computador personal PC

#### Nº horas estimadas en Laboratorio

4

#### Nº horas total estimadas para la realización de la práctica

4

### Práctica nº 3

#### Descripción

Introducción a los entornos de programación de los robots

## Objetivos

Familiarizar al alumno con el entorno de programación ROBOTALK y SCORBASE que permite la programación textual de los robots educativos y por tanto, el desarrollo de programas de manipulación más complejos. El entorno de programación posibilita el uso de un lenguaje de más alto nivel al proporcionado por la unidad de programación, además de estar dotado de un conjunto de utilidades para la configuración del robot, edición y depuración de programas. En este sentido, desarrollará una aplicación consistente en la clasificación automática de piezas según su tamaño haciendo uso de la información sensorial suministrada por la pinza. Asimismo se obliga al alumno a la utilización de instrucciones orientadas a la paletización así como a ejecutar dicha tarea en distintas zonas del área de trabajo sin necesidad de reprogramar la aplicación.

## Material de laboratorio recomendado

Robots RHINO y SCORBOT y computador personal PC.

Nº horas estimadas en Laboratorio

4

Nº horas total estimadas para la realización de la práctica

4

## Práctica nº 4

### Descripción

Diseño y control de una célula robotizada

## Objetivos

En esta práctica se pretende que el alumno construya una célula robotizada, muy típica en aplicaciones industriales, basada en los brazos manipuladores, cinta transportadora y mesa giratoria. Para ello, deberá controlar los diversos dispositivos que integran la célula para obtener un funcionamiento coordinado de los mismos. La aplicación a programar consistirá, por ejemplo, en la clasificación de piezas que llegan a la zona de trabajo del robot en una cinta transportadora detectándose la presencia de las mismas, mediante sensores infrarrojos. Una vez detectadas, el programa ha de parar la cinta transportadora, coger el objeto, obtener la información sensorial que se estime oportuna para la clasificación del mismo y en base ella, construir un pallet sobre una mesa giratoria cuyo movimiento también ha de controlarse. La práctica deberá integrar el funcionamiento de los diversos dispositivos periféricos y de los robots Rhino y Scrobot. Para programar cada uno de los robots se hará uso de sus respectivas herramientas de programación como ROBOTALK Y SCORBASE. Las particularidades de funcionamiento así como posibles sofisticaciones se deja a criterio del alumno.

## Material de laboratorio recomendado

Robots RHINO y SCORBOT, computador personal PC y periféricos

Nº horas estimadas en Laboratorio

8

Nº horas total estimadas para la realización de la práctica

8

## Práctica nº 5

## Descripción

Modelado y control de los robots educativos RHINO. Diseño de un interfaz gráfico hombre-máquina.

## Objetivos

Esta práctica trata de poner en práctica los conocimientos que el alumno haya adquirido en las clases de teoría y problemas durante el curso. La práctica consiste en obtener las ecuaciones cinemáticas de cada uno de los brazos manipuladores: XR-4 y SCARA. Para ello, hará uso de los datos adquiridos en la primera práctica, datos relativos a los parámetros geométricos de cada una de las articulaciones y de los actuadores eléctricos asociados a cada una de las articulaciones. Una vez resuelta la cinemática directa e inversa el alumno programará dichas soluciones construyendo un interfaz de usuario que permita entre otras cosas: Configurar el modo de funcionamiento del controlador (tipo de robot, sistema de coordenadas, modos de funcionamiento de los motores y otros parámetros) y comprobar el funcionamiento correcto de la cinemática directa e inversa (dado los valores de las variables de articulación obtener la localización del efector final y viceversa, dada la posición y orientación con la que se quiere alcanzar un punto espacial mostrar el valor de las variables de articulación). Para ello, diseñará un entorno muy básico basado en ventanas que permita al usuario una comprobación del sistema de comunicaciones, de las soluciones cinemáticas obtenidas y del gobierno del robot.

Como práctica opcional a esta se propone modelar en el entorno Robocell del robot educativo SCORBOT, la célula diseñada en la práctica 4 y verificar su correcto funcionamiento.

## Material de laboratorio recomendado

Robot educativos RHINO Y SCORBOT, computadores personales , windows, VisualBasic, Delphi, MS Visual C++, RoboCell.

Nº horas estimadas en Laboratorio

10

Nº horas total estimadas para la realización de la práctica

10

## Bibliografía

---

### [1 Básico] Fundamentos de robótica /

*Antonio Barrientos...[et al.].*  
*, McGraw-Hill, Madrid, (2003)*  
8448108159

---

### [2 Básico] Robótica: control, detección, visión e inteligencia /

*K.S. Fu, R.C. González, C.S.G. Lee.*  
*, McGraw-Hill, Madrid, (1994)*  
8476152140

---

### [3 Básico] Robot dynamics and control /

*Mark W. Spong, M. Vidyasagar.*  
*John Wiley & Sons., New York : (1989)*  
047161243X

---

### [4 Básico] Fundamentals of robotics: analysis and control.

*Schilling, Robert J.*  
*Prentice-Hall,, Englewood Cliffs, N. J : (1990)*

---

**[5 Recomendado] Robótica industrial /Marcombo,**  
*dirigido por G. Ferraté.*

..T260:

(1986)  
8426706096

---

**[6 Recomendado] Industrial robotics /**

*Gordon M. Mair.*  
*Prentice-Hall,, New York : (1988)*  
0134632095

---

**[7 Recomendado] A robot engineering textbook /**

*Mohsen Shahinpoor.*  
*Harper & Row,, Cambridge ; Philadelphia : (1987)*  
006045931X

---

**[8 Recomendado] Robot manipulators: mathematics, programming, and control : the computer control of robot manipulators /**

*Richard P. Paul.*  
*MIT Press,, Cambridge, Mass : (1981)*  
026216082X

## Equipo Docente

**PEDRO MEDINA RODRÍGUEZ**

(COORDINADOR)

**Categoría:** TITULAR DE UNIVERSIDAD

**Departamento:** INFORMÁTICA Y SISTEMAS

**Teléfono:** 928458722 **Correo Electrónico:** [pedro.medina@ulpgc.es](mailto:pedro.medina@ulpgc.es)

**ENRIQUE FERNÁNDEZ GARCÍA**

**Categoría:** TITULAR DE UNIVERSIDAD

**Departamento:** INFORMÁTICA Y SISTEMAS

**Teléfono:** 928458721 **Correo Electrónico:** [enrique.fernandez@ulpgc.es](mailto:enrique.fernandez@ulpgc.es)

**WEB Personal:** <http://www.dis.ulpgc.es/~efernand>