CONTROL Y PROGRAMACIÓN DE ROBOTS
GUÍA DOCENTE CURSO 2017-18

Titulación:	Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática				**805G**
Asignatura:	Control y programación de robots				**640**
Materia:	Automática y control				
Módulo:	Formación obligatoria en tecnología electrónica industrial				
Modalidad de enseñanza de la titulación:	Presencial		**Carácter:**	Obligatoria	
Curso:	3	**Créditos ECTS:** 6,00	**Duración:**	Semestral	
Horas presenciales:	60,00		**Horas estimadas de trabajo autónomo:**	90,00	

Idiomas en que se imparte la asignatura:	Español
Idiomas del material de lectura o audiovisual:	Inglés, Español

DEPARTAMENTOS RESPONSABLES DE LA DOCENCIA

INGENIERÍA ELÉCTRICA					**R109**
Dirección:	C/ San José de Calasanz, 31			**Código postal:**	26004
Localidad:	Logroño		**Provincia:**	La Rioja	
Teléfono:	941299477	**Fax:** 941299478	**Correo electrónico:**	dpto.die@unirioja.es	

PROFESORADO PREVISTO

Profesor:	Elvira Izurrategui, Carlos			**Responsable de la asignatura**	
Teléfono:	941299481	**Correo electrónico:**	carlos.elvira@unirioja.es		
Despacho:	109	**Edificio:**	EDIFICIO DEPARTAMENTAL	**Tutorías:**	Consultar

DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS

• Modelo y control cinemáticos y dinámicos de robots industriales.
• Técnicas de programación de robots.
• Diseño y desarrollo de aplicaciones de automatización, robotización y control.

REQUISITOS PREVIOS DE CONOCIMIENTOS Y COMPETENCIAS PARA PODER CURSAR CON ÉXITO LA ASIGNATURA

Recomendados para poder superar la asignatura.

Tener conocimientos de las siguientes materias del módulo de formación obligatoria común a la rama industrial: fundamentos de ingeniería mecánica (teoría de mecanismos, ciencia de materiales, tecnología de fabricación, resistencia de materiales), fundamentos de ingeniería eléctrica, electrónica y automática (sistemas eléctricos, sistemas electrónicos, control y automatización industrial).

CONTEXTO

El carácter multidisciplinar de la Robótica, tanto en la parte de análisis y diseño requiere de sólidos conocimientos en los campos de la mecánica, la electrónica, la electrotecnia y la informática, por lo que guarda estrecha relación con las asignaturas previas pertenecientes a esos campos.
Además aporta competencias y resultados de aprendizaje propios del Pertil en Automática y Sistemas Robotizados.

COMPETENCIAS

Competencias generales

- O3. Conocimiento en materias basicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- G1. Capacidad de análisis y síntesis
- G2. Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica
- G3. Planificación y gestión del tiempo
- G6. Habilidades informáticas básicas
- G10. Capacidad crítica y autocrítica
- G11. Capacidad de adaptación a nuevas situaciones
- G12. Capacidad para generar nuevas ideas
- G13. Resolución de problemas

- G15. Trabajo en equipo

Competencias específicas

E7. Conocimiento y capacidad para el modelado y simulación de sistemas
E9. Conocimientos de principios y aplicaciones de los sistemas robotizados.

RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

• Tendrá conocimientos de principios y aplicaciones de los sistemas robotizados.

TEMARIO

TEMARIO DE AULA

1. Bloque temático I: Consideraciones básicas sobre la Robótica.

1.1 Introducción a la Robótica. Reseña histórica. Definiciones. Clasificaciones. Estructura mecánica de un robot. Características y especificaciones de un robot. Descripción de las estructuras robóticas: Estructura cartesiana, estructura cilíndrica, estructura polar, estructura articulada, estructura Scara, otras estructuras.

.

2. Bloque temático II. Herramientas físicas y matemáticas necesarias en Robótica.

2.1. Introducción. 2.2. Descripciones matemáticas espaciales de la posición, rotación y localización de un sólido. 2.3. Cambio de descripciones y transformaciones espaciales: traslaciones; rotaciones (simples, compuestas); ángulos de alabeo, cabeceo y giro; ángulos de Euler; Modelo ángulo/eje, modelos descriptivos de la orientación. 2.4. Transformaciones homogéneas: coordenadas y matrices homogéneas; significado geométrico; aplicación de la matriz homogénea al brazo, muñeca y pinza de un robot. 2.5. Grafos de transformación y movimiento. 2.6. Localización y movimientos de objetos.
2.7. Aspectos físicos y mecánicos aplicados a la robótica. Centroide y centro de masas de un sólido rígido: aplicación a eslabones con geometrías tridimensionales. 2.8. Momento de inercia de un sólido rígido; aplicación a eslabones con geometrías tridimensionales. Teorema de Steiner. 2.9. Tensor de inercia de un sólido rígido. 2.10. Cinemática vectorial (posición, velocidad y aceleración lineal) de un sólido rígido en sistemas de referencia inerciales y no inerciales. 2.11. Cinemática vectorial (posición, velocidad y aceleración angular) de un sólido rígido en sistemas de referencia inerciales y no inerciales.
2.12. Descripción vectorial de las energías mecánicas (traslacional y rotacional) de un sólido rígido. 2.13. Leyes de equilibrio estático en un sólido rígido.

.

3. Bloque temático III: Estudio de la cinemática de un robot.

3.1. El problema cinemático directo. Introducción. Planteamiento y resolución del problema cinemático directo P.C.D.: Representación de Denavit-Hartenberg; Sistemas de referencia según la notación de Denavit-Hartenber; Pasos a seguir en la resolución del P.C.D.. Estudio del P.C.D. en varios brazos y muñecas de varios robots industriales. Estudio de la ubicación de un robot en un entorno de aplicación.
3.2. El problema cinemático inverso. Introducción. Planteamiento y resolución del problema cinemático inverso P.C.I.: Estudio de la existencia y unicidad del P.C.I.; Métodos de resolución del P.C.I. (métodos genéricos y métodos particulares); Desacoplo del P.C.I.; Fases en la resolución del P.C.I.. Estudio del P.C.D. en varios brazos y muñecas de varios robots industriales.
3.3. Estudio del mapa de velocidades de un robot. Introducción. Relaciones diferenciales entre los desplazamiento infinitesimales de las articulaciones de un robot y el desplazamiento infinitesimal de su elemento terminal. Método de obtención de la matriz Jacobiana: jacobiano de velocidad lineal y jacobinao de velocidad angular. Obtención del Jacobiano de varios robots industriales. Configuraciones singulares de un robot: Desacoplo del problema; Obtención de las configuraciones singulares del brazo y de la muñeca de un robot.
3.4. Estudio de la estática de un robot. Leyes de equilibrio estático aplicadas a un eslabón. Cálculo recursivo de las ecuaciones de la estática en un robot. Resolución de sencillos ejemplos de manipuladores industriales.

.

4. Bloque temático IV. Introdución a la dinámica de un robot.

4.1. Estudio de la dinámica de un robot mediante la formulación de Newton-Euler. Introducción. Formulación recursiva de Newton-Euler: Ecuaciones dinámicas de Newton-Eulet recursivas directas e inversas. Método de obtención del modelo dinámico de un robot mediante la formulación de Newton-Euler. Resolución de sencillos ejemplos de manipuladores industriales.
4.2. Estudio de la dinámica de un robot mediante la formulación de Lagrange-Euler. Introducción. Definición de la ecuación de Lagrange. Cálculo de las energías cinética y potencial de los eslabones de un robot: Tensores de inercia y Jacobianos de los eslabones; Tensor de inercia global del robot y Fuerzas gravitacionales. Fuerzas generalizadas de un robot. Método de obtención del modelo dinámico de un robot mediante la formulación de Lagrange Euler. Resolución de sencillos ejemplos de manipuladores industriales.

.

5. Bloque temático V. Control cinemático de un robot. Planificación de trayectorias.

5.1. El control cinemático de un robot. Introducción. Relación entre el modelo cinemático de un robot y su control cinemático.Tipos de trayectorias de un robot. Generación y planificación de trayectorias: Interpoladores lineales, cúbicos, PSB,

otros.

.

6. Bloque temático VI. Introducción al control dinámico de un robot.

6.1. Introducción a la teoría de control de sistemas lineales. Introducción. Modelos matemáticos que describen el comportamiento dinámico de sistemas. Descripción del comportamiento dinámico de sistemas de 1º y 2º orden: regimen transitorio y permanente. Estudio del error en regimen permanente. Estudio de la estabilidad. Controladores PID. Estudio de un servomecanismo como elemento de control de una articulación. Modelo de estado aplicado a las ecuaciones dinámicas de un robot.

6.2. Controles dinámicos de un robot. Introducción. Controles monoarticulares y multiarticulares. Control monoarticular PID. Control monoarticular PID con prealimentación. Control monoarticular PID con prealimentación. Otros tipos de control.

.

7. Bloque temático VII. Métodos de programación de robots.

7.1. Introducción. Métodos de programación de robots: programación por guiado y programación textual. Requerimientos de un sistema de programación de robots. Características básicas de los lenguajes de programación de robots. Ejemplos de programación de un robot industrial.

.

8. Bloque temático VIII. Introducción a la tecnología de los robots.

8.1. Introducción. Actuadores utilizados en robótica: actuadores neumáticos (cilindros y motores), actuadores hidráulicos (cilindros y motores), actuadores electromecánicos (motores paso a paso, c.c., c.a., etc). Sensores utilizados en robótica: Medida de la posición lineal y angular (encorders absolutos e incrementales, resolvers); Medida de la velocidad (dinamos tacométricas); otros sensores. Transmisiones y reductoras. Elementos terminales.

.

TEMARIO DE LABORATORIO

Prácticas dirigidas a la PROGRAMACIÓN de modelos utilizados en los robots industriales
Prácticas dirigidas a la PROGRAMACIÓN de tareas básicas sobre manipuladores didácticos.
Prácticas dirigidas a la PROGRAMACIÓN de un manipulador industrial ligero.

BIBLIOGRAFÍA

Tipo:	Título
Básica	Robotics: modelling, planning and control / Bruno Siciliano...[et al.]-- New York : Springer, cop. 2009 Absys Biba
Básica	Analytical robotics and mechatronics / Wolfram Stadler-- New York : McGraw-Hill, cop. 1995 Absys Biba
Básica	Fundamentos de robótica / Antonio Barrientos...[et al.]-- 2ª ed-- Madrid : McGraw Hill/Interamericana de España, 2007 Absys Biba
Básica	Introduction to robotics : mechanics and control / John J. Craig-- 3rd ed-- Upper Saddle River (New Jersey) : Pearson Education International, [2005] Absys Biba
Básica	Robot dynamics and control / Mark W. Spong, M. Vidyasagar-- New York : John Wiley & Sons, cop. 1989 Absys Biba
Básica	Fundamentals of robotics : analysis and control / Robert J. Schilling-- Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall, cop. 1990 Absys Biba
Básica	Modelling and Control of Robot Manipulators. L. Sciavicco B. Siciliano. Springer-Verlag. ISBN: 1852332212
Básica	Introduction to robotics. Mc Kerrow P.J. Addison Wesley. ISBN: 0201182408.
Básica	Robot Manipulators. Mathematics, programming and control. Paul R. P. MIT-Press. ISBN: 026216082X
Básica	Robótica. Control, detección, visión e inteligencia. Fu K. S. Pearson Educacion. ISBN: 8476152140.
Básica	Theory of Robot Control. Carlos Canudas de Wit. Springer-Verlag. ISBN: 3540760547.
Complementaria	Fundamentos de robótica / Antonio Barrientos... [et al.]-- Madrid [etc.] : McGraw-Hill, [1997] Absys Biba
Complementaria	Introduction to Robotics : mechanics and control / John J. Craig-- 2nd ed-- Reading, Massachusetts : Addison-Wesley Publishing Company, 1989 Absys Biba
Complementaria	Robot analysis : the mechanics of serial parallel manipulators / Lung-Wen Tsai-- New York [etc.] : John Wiley & Sons, [1999] Absys Biba
Complementaria	Robots y sistemas sensoriales / Fernando Torres ... [et.al.]-- Madrid : Prentice Hall, [2002] Absys Biba
Complementaria	Theory of applied robotics : kinematics, dynamics, and control / Reza N. Jazar-- New York : Springer, [2007] Absys Biba

Recursos en Internet

Web del profesor. Guía de la asignatura "Control y programación de robots" http://www.unirioja.es/cu/celvira/ceidocen/ceiasig/cpr/
Canal de YouTube CEIAR_UR. Lista de vídeos de robótica CPR:UR (Curso 2015-16) Sesiones docentes de la asignatura. https://www.youtube.com/playlist?list=PLakW3v28u8GuaZr8HI3SmaipJJNVi5Kml
Canal de YouTube CEIAR_UR. Lista de vídeos de robótica CPR:UR (Curso 2013-14) Sesiones docentes de la asignatura. https://www.youtube.com/playlist?list=PLakW3v28u8GvV8DavBTIBtgJyqfnftPmy
Servidor CEIAR de apoyo a la docencia en la asignatura https://ceiar.unirioja.es/campusvirtual/
Servidor SAGE de apoyo a las prácticas de laboratorio de la asignatura https://gisur.unirioja.es:8000/
Campus virtual oficial de la UR (Blackboard) https://unirioja.blackboard.com/
Canal de YouTube. Lecture Collection | Introduction to Robotics. Stanford University. Lecture by Professor Oussama Khatib for Introduction to Robotics (CS223A) https://www.youtube.com/playlist?list=PL65CC0384A1798ADF
SageMathCloud collaborative computational mathematics https://cloud.sagemath.com/

METODOLOGÍA

Modalidades organizativas

Clases teóricas
Seminarios y talleres
Clases prácticas
Tutorías
Estudio y trabajo autónomo individual

Métodos de enseñanza

Método expositivo - Lección magistral
Estudio de casos
Resolución de ejercicios y problemas
Aprendizaje cooperativo

ORGANIZACIÓN

Actividades presenciales	Tamaño de grupo	Horas
Clases prácticas de aula	Reducido	4,00
Clases prácticas de laboratorio	Laboratorio	24,00
Clases teóricas y pruebas presenciales de evaluación	Grande	32,00
Total de horas presenciales		60,00

Trabajo autónomo del estudiante	Horas
Elaboración de trabajos e informes	10,00
Estudio personal	40,00
Estudios previos, y análisis posterior de resultados de las prácticas	10,00
Resolución de ejercicios y problemas.	30,00
Total de horas de trabajo autónomo	90,00

Total de horas	150,00

EVALUACIÓN

Sistemas de evaluación	Recuperable	No Recup.
Pruebas escritas	60%	
Técnicas de observación		20%
Pruebas orales		20%
Total	100%	

Comentarios

- Como parte de la evaluación continua se realizará una evaluación a lo largo del curso que aportarán el 20% de la nota final.

- En la última práctica de laboratorio se realizará una evaluación que aportará el 20% de la nota final.
- Para los estudiantes a tiempo parcial (reconocidos como tales por la Universidad), las actividades de evaluación no recuperable podrán ser sustituidas por otras, a especificar en cada caso. Esta posibilidad se habilitará siempre y cuando la causa que le impida la realización de la actividad de evaluación programada sea la que ha llevado al reconocimiento de la dedicación a tiempo parcial. Con el objetivo de planificar para el estudiante a tiempo parcial las actividades sustitutivas, éste deberá entregar al profesor responsable de la asignatura un documento acreditativo que justifique su dedicación parcial fuera de la universidad junto con su dedicación horaria.
- La **información** detallada de las **actividades académicas** de la asignatura se refleja en su **cronograma** correspondiente disponible en el servidor de apoyo a la asignatura.

Criterios críticos para superar la asignatura

Para superar la asignatura el alumno deberá alcanzar, al menos, el 40% de la calificación máxima en las pruebas escritas y la calificación final de la asignatura deberá ser igual o superior al 50%, aplicando los porcentajes indicados a cada uno de los sistemas de evaluación.
.
En caso de no superar ese 40% en las pruebas escritas, la calificación que figurará en las actas será la obtenida en estas pruebas.
.