

CONTENIDOS DOCENTES DE AUTOMÁTICA EN LA UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

O. Reinoso, L.M. Jiménez
Universidad Miguel Hernández
Avda. Ferrocarril s/n 03202 Elche (Alicante) SPAIN
E-mail: o.reinoso@umh.es

Resumen

*En este trabajo se presentan las características principales de los diferentes contenidos docentes impartidos en la Universidad Miguel Hernández de Elche en relación con las materias de **Regulación Automática, Robótica y Automatización Industrial**. En el mismo se desarrollan tanto los contenidos docentes de tales materias dentro de los diferentes planes de estudio impartidos en la universidad como su ubicación y duración en las diferentes asignaturas.*

Palabras Clave: Docencia, Automática, Robótica, Automatización, Regulación.

1 INTRODUCCIÓN

La Universidad Miguel Hernández de Elche es una universidad de reciente creación (fecha), en la que se imparten diferentes titulaciones técnicas dentro de las cuales el área de conocimiento de Ingeniería de Sistemas y Automática imparte docencia en materias relacionadas con la automatización, la robótica o la regulación automática.

Básicamente la mayor parte de la docencia relacionada con las materias de Regulación Automática, Robótica y Automatización Industrial se imparten dentro de la titulación de Ingeniería Industrial. No obstante también se imparten estos contenidos en otras asignaturas de otras titulaciones como Ingeniería de Telecomunicación, Ingeniería Técnica Industrial (Especialidad Mecánica), Ingeniería Técnica de Telecomunicación (especialidad en Sistemas Electrónicos) e Ingeniería Técnica de Telecomunicación (especialidad en Sistemas de Telecomunicación).

En los siguientes apartados se revisarán de forma resumida los contenidos docentes de estas materias en las distintas asignaturas. Dado que estos contenidos se encuentran disgregados en diferentes asignaturas impartidas en varias titulaciones, con contenidos comunes en algunos casos, se ha optado

por una división de estos contenidos en bloques básicos. Sobre cada uno de estos bloques se realiza un estudio detallado de sus contenidos, en qué asignatura y curso son impartidos, y con qué alcance son tratados en cada titulación

La división realizada no intenta ser exhaustiva sino reflejar conceptos básicos que debe conocer el alumno y que aparecen diseminados en varias asignaturas de los planes de estudio de Ingeniería de la UMH.

2 CONTENIDOS DE REGULACIÓN AUTOMÁTICA

Los diferentes contenidos de regulación automática que se imparten en distintas titulaciones de la Universidad Miguel Hernández de Elche se pueden agrupar dentro de uno de los siguientes bloques:

- A. Modelado y análisis de sistemas continuos en representación externa.
- B. Modelado y análisis de sistemas discretos en representación externa.
- C. Modelado y análisis de sistemas en el espacio de estado.
- D. Estabilidad y precisión de sistemas realimentados.
- E. Diseño de reguladores continuos.
- F. Diseño de reguladores discretos.
- G. Sistemas de control en el espacio de estado.
- H. Control Avanzado.
- I. Modelado e Identificación de Sistemas

En cada uno de los siguientes apartados se concretarán los contenidos asociados a cada uno de estos bloques y de igual forma se esquematizará la ordenación temporal de cada uno de ellos en las diferentes titulaciones, así como la profundidad con la que se desarrolla cada bloque dependiendo de la titulación.

2.1 MODELADO Y ANÁLISIS DE SISTEMAS CONTINUOS EN REPRESENTACIÓN EXTERNA

Dentro de este bloque se estudian los contenidos generales que permiten modelar y analizar un sistema continuo representado por su relación entrada-salida o función de transferencia. Asimismo, se incluyen las herramientas que permiten su caracterización y análisis. De esta forma, este bloque constituye la base para caracterizar el comportamiento de los sistemas continuos en bucle abierto. En concreto dentro del mismo se detallan:

- Señales y sistemas continuos.
- Transformada de Fourier.
- Transformada de Laplace.
- Función de transferencia.
- Estabilidad de sistemas continuos.
- Criterio de Routh.
- Análisis dinámico de sistemas continuos.
- Respuesta en frecuencia. Diagramas de Bode.

2.2 MODELADO Y ANÁLISIS DE SISTEMAS DISCRETOS EN REPRESENTACIÓN EXTERNA

Este bloque de contenidos es totalmente paralelo al anterior. En el mismo se presentan las herramientas que posibilitan el estudio de los sistemas discretos mediante la representación externa a través de su función de transferencia. En concreto:

- Secuencias y sistemas discretos.
- Transformada Z.
- Función de transferencia.
- Muestreo y reconstrucción de señales.
- Modelado de sistemas muestreados.
- Función de transferencia en Z modificada.
- Estabilidad de sistemas discretos.
- Criterio de Jury.
- Análisis dinámico de sistemas discretos.
- Respuesta en frecuencia de sistemas discretos.

2.3 MODELADO Y ANÁLISIS DE SISTEMAS EN EL ESPACIO DE ESTADO

Este bloque agrupa los conocimientos básicos de modelado en espacio de estado de sistemas físicos. Se presentan las herramientas algebraicas para el estudio de sistemas continuos y discretos. Los contenidos detallados incluyen:

- Modelo de estado para sistemas continuos y sistemas discretos.
- Solución de la ecuación de estado para sistemas continuos y sistemas discretos.
- Controlabilidad
- Observabilidad

2.4 ESTABILIDAD Y PRECISIÓN DE SISTEMAS REALIMENTADOS

En este bloque se encuadran los diferentes contenidos que permiten analizar los sistemas de control tanto continuos como discretos, una vez que se tienen asentados los conocimientos que permiten caracterizar los sistemas. En el mismo se encuentran englobados los siguientes contenidos:

- Realimentación de sistemas. Control con computador.
- Precisión en sistemas continuos y discretos realimentados.
- Errores en régimen permanente.
- Estabilidad en sistemas realimentados.
- Método del lugar de las raíces.
- Análisis y estabilidad en el dominio de la frecuencia. Método de Nyquist.
- Margen de fase y margen de ganancia.

2.5 DISEÑO DE REGULADORES CONTINUOS

Dentro de este bloque se encuadran los diferentes contenidos que permiten diseñar el regulador como elemento de control que permite modificar el comportamiento de un sistema continuo realimentado. Los aspectos que se consideran dentro del mismo son:

- Acciones básicas de control.
- Reguladores P, I, PD, PI, PID.
- Diseño de reguladores continuos. Método del lugar de las raíces. Asignación de polos.
- Sintonización de reguladores
- Diseño de reguladores continuos. Método de la respuesta en frecuencia.
- Red de adelanto de fase, red de retraso de fase.

2.6 DISEÑO DE REGULADORES DISCRETOS

Este bloque es paralelo al anterior. En el mismo se encuadran los métodos de diseño de reguladores discretos. Los aspectos que se consideran dentro del mismo son:

- Discretización de reguladores continuos.
- Técnicas clásicas de control discreto. Reguladores PID.
- Síntesis y diseño de reguladores discretos.
- Asignación de polos.
- Método de Truxal.
- Tiempo mínimo y Tiempo finito.

2.7 SISTEMAS DE CONTROL EN EL ESPACIO DE ESTADO

Este bloque complementa los contenidos dedicados a modelado en espacio de estado presentando diferentes herramientas para el diseño de sistemas de control en espacio de estado de sistemas lineales. Los contenidos se subdividen en los siguientes puntos:

- Diseño de sistemas de control mediante realimentación del estado. Ubicación de polos.
- Observadores de estado.
- Sistemas de control con seguimiento de la entrada.

2.8 CONTROL AVANZADO DE SISTEMAS

En este bloque se agrupan diferentes métodos de control que permiten al alumno introducirse en el ámbito del estudio y diseño de sistemas de control más avanzado. No se entra en mucha profundidad en cada uno de los contenidos que dentro del bloque se agrupan, sino que más bien se ofrece unas ideas generales de cada uno de los mismos. Así dentro del mismo se recogen los siguientes aspectos:

- Conceptos de Control Inteligente.
- Optimización.
- Control óptimo.
- Control borroso.
- Controladores de mínima varianza.
- Control predictivo generalizado.
- Sistemas adaptativos por modelo de referencia.
- Sistemas adaptativos autosintonizados.
- Diseño de filtros.

2.9 MODELADO E IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS

Dentro de este bloque se encuentran agrupados entre otros los conceptos relativos con:

- Modelos utilizados en identificación: Paramétricos y No paramétricos.
- Métodos de estimación.
- Ruido blanco.
- Respuesta frecuencial y temporal.
- Regresión.
- Mínimos cuadrados.
- Validación del modelo.

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se presenta la ubicación de cada uno de estos bloques en cada una de las

titulaciones impartidas en la Universidad Miguel Hernández de Elche, así como las asignaturas en las que estos contenidos se desarrollan. En dichas tablas se ha reflejado con el símbolo (*) la profundidad con la que se presentan cada uno de los bloques anteriormente enunciados.

3 CONTENIDOS DE ROBÓTICA

Los diferentes contenidos de robótica que se imparten en la Universidad Miguel Hernández se pueden agrupar en los siguientes bloques:

- A. Morfología.
- B. Análisis cinemático.
- C. Análisis dinámico.
- D. Control de robots.
- E. Programación.
- F. Sistemas de visión. Transformaciones.
- G. Procesamiento de imágenes.
- H. Vision 3D.
- I. Otros sensores en robótica.

Al igual que en la sección previa se detallan a continuación los contenidos de cada uno de los bloques previos.

3.1 MORFOLOGÍA

En este bloque se encuadran los contenidos relativos a la morfología básica de los robots industriales:

- Actuadores.
- Transmisiones.
- Sensores internos y externos.
- Estructura mecánica de un robot.
- Aplicaciones de los robots.
- Instalación de un robot.

3.2 ANÁLISIS CINEMÁTICO

Dentro de este bloque se agrupan los contenidos relacionados con:

- Sistemas de representación de posición y orientación.
- Matrices de transformación homogénea. Cuaternios.
- Problema cinemático directo.
- Algoritmo de Denavit-Hartenberg.
- Cinemática inversa.
- Matriz Jacobiana.
- Singularidades.

Titulación - Asignatura	Bloques de contenidos								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Teoría de circuitos y sistemas 2º T (6T+4.5Pr)	**	**							
Autómatas y sistemas de control 3º Ob (6T+6Pr)				**	**	**			
Sistemas electrónicos y automáticos 4º T (6T+4.5Pr)			**				**		
Control avanzado de Sistemas 4º Op (9T+3Pr)								**	
Modelado e identificación de sistemas 5º Op (6T+3Pr)									**
INGENIERÍA INDUSTRIAL	**	**	**	**	**	**	**	**	**

Tabla 1: Distribución de contenidos de Regulación Automática en la Titulación de Ingeniería Industrial.

Titulación - Asignatura	Bloques de contenidos								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Autómatas y sistemas de control 2º Op (6T+6Pr)	**			*	**				
Sistemas electrónicos de control 3º T (6T+4.5Pr)		**	**	*		*	**		
INGENIERÍA TÉCNICA TELECOMUNICACIÓN (Sist. Electrónicos)	**	**	**	**	**	*	**		

Tabla 2: Distribución de contenidos de Regulación Automática en la Titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicación (Especialidad Sistemas Electrónicos).

Titulación – Asignatura	Bloques de contenidos								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Autómatas y sistemas de control 3º Op (6T+6Pr)	**			*	**				
INGENIERÍA TELECOMUNICACIÓN	**			*	**				

Tabla 3: Distribución de contenidos de Regulación Automática en la Titulación de Ingeniería de Telecomunicación.

Titulación – Asignatura	Bloques de contenidos								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Automatización industrial 3º Op (3T+3Pr)	*			*	*				
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (Esp. Mecánica)	*			*	*				

Tabla 4: Distribución de contenidos de Regulación Automática en la Titulación de Ingeniería Técnica Industrial (Esp. Mecánica).

3.3 ANÁLISIS DINÁMICO

Dentro del bloque de análisis dinámico se engloban:

- Modelo dinámico de un robot mediante la formulación de Lagrange-Euler.
- Modelo dinámico mediante la formulación de Newton-Euler.
- Modelo dinámico de los actuadores.
- Modelo dinámico en el espacio de estado.
- Dinámica directa. Método de Walker-Orin.

3.4 CONTROL DE ROBOTS

En este bloque se engloban los aspectos tanto de control cinemático como dinámico de un robot. Entre otros se encuentran:

- Control cinemático de un robot.
- Tipos de trayectorias.

- Interpolación de trayectorias.
- Control dinámico desacoplado.
- Control acoplado.

3.5 PROGRAMACIÓN

Este bloque agrupa algunos de los diferentes lenguajes de programación de robots, evaluando sus ventajas e inconvenientes:

- Características de los lenguajes de programación de robots.
- Entornos de programación.
- Lenguaje RAPID.
- Lenguaje V+.

3.6 SISTEMAS DE VISIÓN. TRANSFORMACIONES.

Dentro de este apartado se engloban todos aquellos aspectos que permiten trabajar posteriormente con las imágenes digitales desde su adquisición y almacenamiento en un computador hasta el tipo de operaciones que se pueden realizar con las imágenes:

- Sistemas de Adquisición de imágenes.
- Modelo de cámara.
- Imagen digital. Muestreo-Cuantificación.
- Características de las Imágenes Digitales.
- Operaciones en imágenes digitales.

3.7 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Dentro de este bloque se encuadran los principales procesamientos que se pueden realizar con las imágenes digitales:

- Reducción de ruido.
- Realce de imágenes.
- Detección de bordes.
- Procesamientos morfológicos.
- Segmentación.
- Descripción.

- Reconocimiento de objetos.

3.8 VISION 3D

Dentro de este bloque se presentan los aspectos relacionados con:

- Calibración de un sistema de adquisición de imágenes.
- Visión estereoscópica.
- Correspondencia.

3.9 OTROS SENSORES EN ROBÓTICA

En este bloque se engloban algunos otros sensores utilizados ampliamente en robótica:

- Sensores de ultrasonidos.
- Sensores de rango.
- Sensores de fuerza-par

En la Tabla 5 se detallan las asignaturas en las que se desarrollan los contenidos de Robótica. En la misma aparece el carácter de estas asignaturas así como su creditaje y la profundidad con la que se imparten tales contenidos.

Titulación - Asignatura	Bloques de contenidos								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Control de robots y sistemas sensoriales 4º Op (6T+6Pr)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
INGENIERÍA INDUSTRIAL	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Robótica y visión por computador Op (4.5T+1.5Pr)	*	**			**	**	*		*
INGENIERÍA TELECOMUNICACIÓN	*	**			**	**	*		*

Tabla 5: Distribución de contenidos de Robótica en las diferentes titulaciones.

4 CONTENIDOS DE AUTOMATIZACIÓN

Los diferentes contenidos de automatización que se imparten en la Universidad Miguel Hernández se pueden agrupar en los siguientes bloques:

- Autómatas programables.
- Sensores y Actuadores.
- Acondicionamiento de señal.
- Microcontroladores.
- Redes de comunicación industriales.

A continuación, se detallarán algunos de los conceptos que conforman cada uno de estos bloques.

4.1 AUTOMATAS PROGRAMABLES

Dentro de este bloque, se engloban los conceptos básicos que permiten a los alumnos utilizar el

autómata programable como elemento básico en el control de un proceso industrial:

- Arquitectura de los autómatas programables.
- Introducción al Grafset.
- Programación de autómatas programables.
- Programación del S7-200.

4.2 SENSORES Y ACTUADORES

Dentro de este bloque, se engloban entre otros los siguientes conceptos:

- Sensores todo/nada activos (magnéticos, fotocélulas, capacitivos, encoders, etc.)
- Sensores proporcionales o analógicos (ultrasonidos, fuerza, presión, temperatura, etc.)
- Actuadores industriales.
- Actuadores eléctricos.
- Actuadores neumáticos

4.3 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

Dentro de este bloque, se engloban los siguientes aspectos:

- Toma de medidas en sistemas físicos.
- Amplificación.
- Normalización.
- Filtrado.
- Sistemas de adquisición de datos.

4.4 MICROCONTROLADORES

Dentro de este bloque, se engloban los conceptos básicos que permiten a los alumnos utilizar el autómata programable como elemento básico en el control de un proceso industrial:

- Fundamentos de los microcontroladores.
- Microcontroladores tipo Von-Newmann
- Microcontrolador MC68HC11
- Microcontroladores Harvard: familia PIC.

- Ejemplos de aplicación.

4.5 REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIALES

En este bloque se encuentran los contenidos que posibilitan la interconexión y comunicación de diferentes equipos en un entorno industrial dentro de alguno de los estándares conocidos. En concreto:

- Redes de comunicación industriales.
- Programación avanzada en PLC's.
- Redes industriales (EIB, AS-i, Ethernet Industrial)
- PROFIBUS.
- HMI y SCADA

Por último en la Tabla 6 se presentan las diferentes asignaturas en las que se desarrollan los diferentes contenidos de cada uno de los bloques considerados dentro de la temática de Automatización.

Titulación - Asignatura	Bloques de contenidos				
	A	B	C	D	E
Autómatas y sistemas de control 3º Ob (6T+6Pr)	**				
Sistemas electrónicos y automáticos 4º T (6T+4.5Pr)		**	**	**	
Sistemas informáticos industriales 5º Op (4.5T+4.5Pr)					**
INGENIERÍA INDUSTRIAL	**	**	**	**	**
Autómatas y sistemas de control 3º Op.(6T.+6Pr.)	*				
Comunicaciones Industriales 5º Op.(3T.+3Pr.)					**
INGENIERÍA TELECOMUNICACIÓN	*				**
Autómatas y sistemas de control 3º Op.(6T.+6Pr.)	*				
INGENIERÍA TÉCNICA TELECOMUNICACIÓN (Sist. Electrónicos)	*				
INGENIERÍA TÉCNICA TELECOMUNICACIÓN (Sist. Telecomunic.)	*				
Automatización Industrial 3º Op. (3T.+3Pr.)	**				
Instrumentación Industrial 3º Op. (3T.+3Pr.)		*			
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (Esp. Mecánica)	**	*			

Tabla 6: Distribución de contenidos de Automatización en las diferentes titulaciones.

5 CONCLUSIONES

Se han revisado y condensado los principales contenidos en las materias de Regulación Automática, Automatización y Robótica impartidos en la Universidad Miguel Hernández de Elche en sus diferentes titulaciones. El objetivo ha sido pues plantear y clasificar los diferentes contenidos docentes impartidos en estas materias en cada una de

las titulaciones técnicas que se imparten en la Universidad Miguel Hernández clasificando éstos por su profundidad.

Referencias (10 ptos, negrita)

- [1] Reinoso O., (2001) "Organización Docente Ingeniería Industrial", *Universidad Miguel Hernández*.

- [2] Torres F., Jiménez L.M., Candelas F., (1997) "Ingeniería de Sistemas y Automática en los Nuevos Planes de Estudio", *XVIII Jornadas de Automática*.
- [3] (1997) "Plan de Estudios de Ingeniero Industrial en la Universidad Miguel Hernández", *B.O.E. 18 de diciembre de 1997 pp. 37104-37112*.
- [4] (1999) "Plan de Estudios de Ingeniero de Telecomunicación en la Universidad Miguel Hernández", *B.O.E. 7 de octubre de 1999 pp. 35898-35908*.