



### DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL CURSO

<b>DEPARTAMENTO:</b>	Departamento de Electrónica			
<b>ACADEMIA A LA QUE PERTENECE:</b>	Control Automático			
<b>NOMBRE DE LA MATERIA:</b>	Control Moderno			
<b>CLAVE DE LA MATERIA:</b>	ET303			
<b>CARÁCTER DEL CURSO:</b>	Optativa Abierta			
<b>TIPO DE CURSO:</b>	Curso			
<b>No. DE CRÉDITOS:</b>	8			
<b>No. DE HORAS TOTALES:</b>	48	<b>Presencial</b>	12	<b>No presencial</b>
<b>ANTECEDENTES:</b>	Teoría de Control II			
<b>CONSECUENTES:</b>	Sistemas No Lineales, Robótica			
<b>CARRERAS EN QUE SE IMPARTE:</b>	Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica			
<b>FECHA DE ULTIMA REVISIÓN:</b>	<b>23 de Julio de 2013</b>			

### PROPÓSITO GENERAL

La Materia de Control Moderno trata de los sistemas de control lineales utilizando la técnica de variables de estado. La importancia de esta materia en el desarrollo del Ingeniero electrónico es vital, ya que en la actualidad, gran parte de los sistemas de control tanto lineales como no lineales, sistemas eléctricos y electrónicos, químicos, bioquímicos, etc., se describen en variables de estado.

### OBJETIVO TERMINAL

El alumno analizará y diseñará sistemas lineales de control en tiempo continuo basados en la teoría de control moderna, utilizando herramientas de álgebra lineal, ecuaciones diferenciales y dinámica de sistemas

### CONOCIMIENTOS PREVIOS

El alumno deberá conocer las técnicas de control clásicas en el dominio de la frecuencia tales como el manejo adecuado de la transformada de Laplace a sí como su inversa, los diagramas de Bode, Lugar geométrico de las raíces y el diseño de compensadores. También será necesario el dominio de algunos conceptos la materia de Álgebra Lineal tales como multiplicación de matrices, Inversa de una matriz, vectores y valores propio de una matriz, polinomio y ecuación característica de una matriz, etc.

### HABILIDADES Y DESTREZAS A DESARROLLAR

El alumno será capaz de modelar sistemas lineales en su representación en variables de estado. Una vez que pueda describir el modelo del sistema a controlar, el alumno será capaz de desarrollar sistemas de control mediante técnicas en variables de



estado diseñando controladores, observadores de estado y reguladores para seguimiento tanto de señales de referencia constante como para señales de referencia variable.

### ACTITUDES Y VALORES A FOMENTAR

Auto gestión del Conocimiento. Disposición a la investigación y su aplicación a la búsqueda de soluciones y optimizaciones. Trabajo de colaboración por equipo. Respeto y cuidado del entorno, disposición por los procesos de mejora continua, sentido de responsabilidad social, compromiso con la continuidad y asistencia, puntualidad orden y disciplina.

### METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Método	Método tradicional de exposición	Método Audiovisual	Aula Interactiva	Multimedia	Desarrollo de proyecto	Dinámicas	Estudio de casos	Otros (Especificar) Simulación Investigación
%	50	25			10			15

### CONTENIDO TEMÁTICO

<b>MODULO 1. MODELADO DE SISTEMAS CON VARIABLES DE ESTADO.</b>		<b>22</b>	<b>HRS</b>
<i>OBJETIVO DEL MODULO</i>			
<i>El alumno describirá y empleará las ecuaciones en variables de estados para sistemas lineales continuos invariantes en el tiempo, analizando también su relación con el dominio de la frecuencia.</i>			
<b>1.1</b>	<b>Repaso de Algebra Lineal</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: repasar los conceptos mas importantes de algebra lineal, con el fin de recordar dichos conocimientos indispensables para el inicio del estudio de variables de estado.</i>			
<b>1.2</b>	<b>Concepto de variable de estado y la ecuación de estados</b>	<b>1</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: conocer el concepto de variable de estado así como la forma más común de la ecuación de estados en sistemas lineales.</i>			
<b>1.3</b>	<b>Modelado en Variables de Estado</b>	<b>12</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: Aprender a modelar sistemas con el concepto de variables de estado.</i>			
<b>1.3.1</b>	<b>Modelado de Sistemas Eléctricos</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: Aprender a modelar sistemas eléctricos que utilizan componentes pasivos tales como resistencias, capacitores e inductores e identificar las variables de estado más comunes en este tipo de sistemas.</i>			
<b>1.3.2</b>	<b>Modelado de Sistemas Electrónicos</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: Aprender a modelar sistemas que utilizan componentes electrónicos tales como amplificadores</i>			



		<i>operacionales, Transistores BJT y transistores FET.</i>		
<b>1.3.3</b>	<b>Modelado de Sistemas Mecánicos Lineales</b>		<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a modelar sistemas mecánicos constituidos por masas, resortes y amortiguadores cuyo movimiento es de traslación o rotación y resultan en un modelo lineal.</i>		
<b>1.3.4</b>	<b>Modelado de Sistemas Electromecánicos</b>		<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a modelar sistemas mecánicos que además cuentan con componentes eléctricos tales como motores de CD y electroimanes.</i>		
<b>1.3.5</b>	<b>Modelado de Sistemas No Lineales</b>		<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a modelar sistemas no lineales en variables de estado, tales como el péndulo invertido, el pendubot y el sistema de levitación magnética.</i>		
<b>1.3.6</b>	<b>Linealización de sistemas No Lineales</b>		<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender los conceptos básicos de la linealización de sistemas no lineales con el fin de poder aplicar los conceptos que se utilizan en sistemas lineales.</i>		
<b>1.4</b>	<b>Solución de la Ecuación de Estados</b>		<b>7</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender la forma de obtener la solución a la ecuación de estados por diversos métodos entre ellos el de Sylvestre, el de la transformada de Laplace y el computacional.</i>		
<b>1.4.1</b>	<b>Solución por Transformada de Laplace</b>		<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a resolver la ecuación de estados por el método de la transformada de Laplace.</i>		
<b>1.4.2</b>	<b>Solución por el método de Sylvestre</b>		<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a resolver la ecuación de estados por el método de Sylvestre.</i>		
<b>1.4.3</b>	<b>Solución por el Método Computacional (WMaple o MatLab)</b>		<b>1</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender como resolver la ecuación de estados utilizando un programa computacional tal como el WMaple o el MatLab.</i>		
<b>1.4.4</b>	<b>Propiedades de la Matriz Exponencial.</b>		<b>1</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Conocer algunas propiedades de la matriz exponencial, la cual es la base para la solución de la ecuación de estados</i>		
<b>1.4.5</b>	<b>Relación entre variables de estado y Función de transferencia.</b>		<b>1</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Conocer la relación existente entre la representación en variables de estado y la función de transferencia para poder aplicarla en la solución de la ecuación de estado.</i>		



<b>MODULO 2. FORMAS CANÓNICAS, CONTROLABILIDAD Y OBSERVABILIDAD.</b>		<b>18</b>	<b>HRS</b>
<i>OBJETIVO DEL MODULO</i> <i>Conocer las diferentes formas canónicas que existen para representar un sistema en variables de estado así como la forma de obtener éstas mediante la función de transferencia o una transformación de similitud (similaridad) entre las diferentes representaciones en variables de estado. Aprender después el concepto de controlabilidad y observabilidad de sistemas, los cuales son importantes para el diseño de controladores y observadores de estado.</i>			
<b>2.1</b>	<b>Obtención de formas canónicas a partir de la función de transferencia <math>G(s)</math></b>	<b>6</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: Conocer y Obtener las diferentes formas canónicas partiendo de la función de transferencia <math>G(s)</math></i>			
<b>2.1.1</b>	<b>Obtención de la forma canónica controlador</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: Conocer la forma canónica controlador y su justificación a partir de la función de transferencia.</i>			
<b>2.1.2</b>	<b>Obtención de la forma canónica observador</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: Conocer la forma canónica observador y su justificación a partir de la función de transferencia.</i>			
<b>2.1.3</b>	<b>Obtención de la forma canónica diagonal</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: Conocer la forma canónica diagonal y su justificación a partir de la función de transferencia.</i>			
<b>2.1.4</b>	<b>Obtención de la forma canónica de Jordan</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: Conocer la forma canónica de Jordan y su justificación a partir de la función de transferencia.</i>			
<b>2.2</b>	<b>Los conceptos de transformación de similitud, Controlabilidad y Observabilidad.</b>	<b>12</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: Aprender el concepto de transformación del espacio de estado para que al conocer el concepto de controlabilidad y observabilidad se aplique a la obtención de las formas canónicas controlador y observador.</i>			
<b>2.2.1</b>	<b>Concepto de Transformación de Similitud</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
<i>Objetivo: Conocer el concepto de transformación del espacio de estado conocida comúnmente como transformación de similitud (ó similaridad).</i>			
<b>2.2.2</b>	<b>Concepto de Controlabilidad y la matriz de Controlabilidad.</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>



		<i>Objetivo: Aprender cuando un sistema es o no es controlable, utilizando para esto la llamada matriz de controlabilidad.</i>		
	<b>2.2.3</b>	<b>La forma canónica Controlador mediante transformación de similitud</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a obtener la forma canónica controlador utilizando transformación de similitud.</i>		
	<b>2.2.4</b>	<b>Concepto de Observabilidad y la matriz de Observabilidad.</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender cuando un sistema es o no es observable, utilizando para esto la llamada matriz de observabilidad.</i>		
	<b>2.2.5</b>	<b>La forma canónica Observador mediante transformación de similitud</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a obtener la forma canónica observador utilizando transformación de similitud.</i>		
	<b>2.2.6</b>	<b>Valores Propios, Vectores Propios y Vectores Propios Generalizados</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender como se obtienen los valores propios de una matriz y su relación con los vectores propios y los vectores propios generalizados.</i>		
	<b>2.2.7</b>	<b>Obtención de la Forma Canónica Diagonal por Transformación de Similitud</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender la utilización de los vectores propios de una matriz para obtener la forma canónica diagonal utilizando transformación de similitud.</i>		
	<b>2.2.8</b>	<b>Obtención de la Forma Canónica de Jordan por Transformación de Similitud</b>	<b>1.5</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender la utilización de los vectores propios generalizados para obtener la forma canónica de Jordan.</i>		
<b>MODULO 3. DISEÑO DE CONTROLADORES EN SISTEMAS LINEALES MEDIANTE VARIABLES DE ESTADO.</b>			<b>20</b>	<b>HRS</b>
<i>OBJETIVO DEL MODULO</i>				
<i>Conocer y comprender el concepto de ubicación de los polos de un sistema lineal, aprender a realizar ésta mediante dos formulas específicas. Aprender a diseñar controladores mediante la utilización de observadores y la ubicación de polos. Aprender a modificar los controladores antes mencionados para poder seguir señales de referencia constantes y variables.</i>				
	<b>2.1</b>	<b>Retroalimentación del estado.</b>	<b>6</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Comprender en que consiste la retroalimentación del estado y su efecto sobre los polos del sistema.</i>		



	<b>2.1.1</b>	<b>Ubicación de polos utilizando la forma canónica controlador.</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Comprender mediante la forma canónica controlador el efecto de la retroalimentación del estado y su relación con el concepto de controlabilidad.</i>		
	<b>2.1.2</b>	<b>Ubicación de polos utilizando la fórmula de Bass-Gura</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Conocer la formula de Bass-Gura y aprender su aplicación a la ubicación de polos.</i>		
	<b>2.1.3</b>	<b>Ubicación de polos utilizando la fórmula de Ackermann</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Conocer la formula de Ackermann y aprender su aplicación a la ubicación de polos.</i>		
<b>2.2</b>	<b>Diseño de observadores de estado.</b>		<b>6</b>	<b>HRS</b>
	<i>Objetivo: Conocer el objetivo de un observador de estados y aprender a diseñar observadores mediante la fórmula de Bass-Gura y la fórmula de Ackermann</i>			
	<b>2.2.1</b>	<b>Diseño de observadores de estado de orden completo</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a diseñar observadores de estado de orden completo y su relación con el concepto de observabilidad.</i>		
	<b>2.2.2</b>	<b>Diseño de observadores de estado de orden reducido</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: comprender en que consiste un observador de estado de orden reducido.</i>		
	<b>2.2.3</b>	<b>Principio de separación</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Comprender el Principio de separación en sistemas lineales.</i>		
<b>2.3</b>	<b>Teoría de Regulación</b>		<b>8</b>	<b>HRS</b>
	<i>Objetivo: Aprender a realizar controladores para seguir señales de referencia constante y variable (en cuyo caso son llamados reguladores)</i>			
	<b>2.3.1</b>	<b>Diseño de controlador para seguimiento de referencia constante.</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a diseñar controladores para seguimiento de referencia constante utilizando retroalimentación del vector de estados y observadores de estado</i>		





	<b>2.3.2</b>	<b>Diseño del Regulador para referencia variable con retroalimentación del vector de estados</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a diseñar reguladores para seguimiento de referencia variable utilizando retroalimentación del vector de estados.</i>		
	<b>2.3.3</b>	<b>Diseño del Regulador para referencia variable con retroalimentación del error de seguimiento</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aprender a diseñar reguladores para seguimiento de referencia variable utilizando retroalimentación del error de seguimiento mediante el uso de observadores de estado.</i>		
	<b>2.3.4</b>	<b>Aplicación a un sistema físico con MatLab.</b>	<b>2</b>	<b>HRS</b>
		<i>Objetivo: Aplicar el conocimiento obtenido al estudio de un caso real, tal como el péndulo invertido o el sistema de levitación magnética.</i>		

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

02	Exámenes Departamentales o Parciales	50%
10	Tareas programadas	20%
	Participación, Trabajos de Investigación	10%
	Exámenes Rápidos (Quizes) y Tareas Extras	10%
	Trabajo Final	10%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>

## BIBLIOGRAFÍA

### BÁSICA

TÍTULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO DE EDICIÓN	% DE COBERTURA DEL CURSO
<i>Sistemas de control para ingeniería.</i>	Norman S. Nise	CECSA	2002.	100 %
<i>Ingeniería de Control Moderna.</i>	Katsuhiko Ogata	Pearson Education	2002	100 %

### COMPLEMENTARIA

TÍTULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO DE EDICIÓN	% DE COBERTURA DEL CURSO
<i>Sistemas de Control Automático</i>	Benjamín C. Kuo	Prentice Hall	1996	100 %
<i>Feedback Control Systems</i>	Charles L. Phillips, Royce D. Herbor	Prentice Hall	2000	100 %
<i>Modern Control Systems</i>	Richard C. Dorf Robert H. Bishop	Prentice Hall	2004	100 %



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS  
DIVISIÓN DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN**



REVISIÓN REALIZADA POR:

NOMBRE DEL PROFESOR		FIRMA
Dr. Guillermo Obregón Pulido		
Dr. Javier Lorenzo Domínguez Beltrán		

**Vo.Bo. Presidente de Academia**

--

**Vo.Bo. Jefe del Departamento**

--

lunes, 03 de noviembre de 2008