

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Vicerrectoría de Docencia
Dirección de Educación Superior
Facultad de Ciencias de la Electrónica



PLAN DE ESTUDIOS (PE): Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización

ÁREA: Robótica y Control

ASIGNATURA: Control Lineal y Servomecanismos

CÓDIGO: MCEA-20100

CRÉDITOS: 6

FECHA: 30 de septiembre de 2017



1. DATOS GENERALES

Nivel Educativo	Maestría
Nombre del Plan de Estudios	Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización
Modalidad Académica	Presencial
Nombre de la Asignatura	Control Lineal y Servomecanismos
Ubicación	Facultad de Ciencias de la Electrónica, Edificio FCE6, primer piso. 18 sur y Av. San Claudio, Col. Jardines de San Manuel, Ciudad Universitaria. Puebla, Puebla 72570.
Correlación:	
Asignaturas Precedentes	Ninguna
Asignaturas Consecuentes:	Control de Robots Manipuladores, Control No Lineal
Conocimientos, habilidades, actitudes, y valores previos:	<p>Conocimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelado de sistemas dinámicos; control de servomecanismos; teoría de estabilidad de Lyapunov; programación en MATLAB, C y C++, tarjetas digitales embebidas. <p>Habilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño y desarrollo de sólidos en AutoCad y SolidWork. <p>Actitudes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajar en equipo, adaptarse al grupo de alumnos e investigadores del posgrado, ser respetuoso, tolerante y tener iniciativa. <p>Valores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ser respetuoso, disciplinario y tolerante; en todo momento, actuar con ética y profesionalismo.



2. CARGA HORARIA DEL ESTUDIANTE

Concepto	Horas de Período		Total de horas por período	Créditos
	Teoría	Práctica		
Horas: teoría y práctica	90	0	90	6

16 horas corresponde a un crédito.

3. REVISIONES Y ACTUALIZACIONES

Autores	Dr. J. Fernando Reyes Cortés
Fecha de diseño	3 de noviembre 2016
Fecha de aprobación por parte de la academia del área	15 de diciembre de 2017
Fecha de aprobación por parte de CDESCUA	
Fecha de revisión del Secretario Académico	
Revisores	Academia de Posgrado
Sinopsis de la revisión y/o actualización	Se actualizó contenido y bibliografía complementaria.

4. PERFIL DESEABLE DEL PROFESOR PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA

Disciplina Profesional	Robótica y Control
Nivel Académico	Doctor en Ciencias
Experiencia Docente	18 años
Experiencia profesional	35 años



5. OBJETIVOS

Control Lineal y Servomecanismos es un curso formativo que corresponde al bloque básico, y se ubica en el primer semestre del Plan de Estudios de la Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización.

Los objetivos fundamentales del presente curso se ubican en los contextos científicos y tecnológicos; pretende proporcionar las bases teóricas fundamentales, para el análisis y diseño de sistemas lineales dinámicos bajo el enfoque de variables de estado y su potencial aplicación en servomecanismos. La naturaleza del curso es teórica-práctica, simulación y experimentos, resaltando aplicaciones donde se utilizan los conceptos teóricos, reforzando su aplicación en procesos reales con servomecanismos.

Objetivo General

Que el estudiante adquiera una formación científica sólida en la teoría de sistemas lineales dinámicos bajo el enfoque de variables de estado, de tal forma que le permita diseñar y aplicar los conceptos y bases tecnológicas en control de servomecanismos.

Para cubrir el objetivo general, se han contemplado los siguientes objetivos particulares:

Objetivos particulares

- ❶ **Introducción a sistemas lineales:** presentar las herramientas de control clásico para el análisis de sistemas lineales en el dominio de la frecuencia.
- ❷ **Fundamentos de control moderno:** que el alumno asimile la teoría fundamental de sistemas dinámicos lineales, bajo el enfoque de variables de estado (físicas, fase y canónicas): análisis de sistemas y diseño de estrategias de control.
- ❸ **Servomecanismos** que el alumno conozca la tecnología que se utiliza en servomecanismos: clasificación de actuadores, sistemas de engranes, motores de corriente directa, transmisión directa, y tipos de encoders.
- ❹ **Modelado de servomecanismos:** presentar y desarrollar los conceptos de la mecánica analítica para deducir el modelo dinámico que incluye los fenómenos físicos de sistemas mecatrónicos. Deducir sus propiedades matemáticas para diseñar esquemas de control.
- ❺ **Control de servomecanismos:** diseñar algoritmos de control mediante la técnica de moldeo de energía y su aplicación en servomecanismos.



6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ASIGNATURA

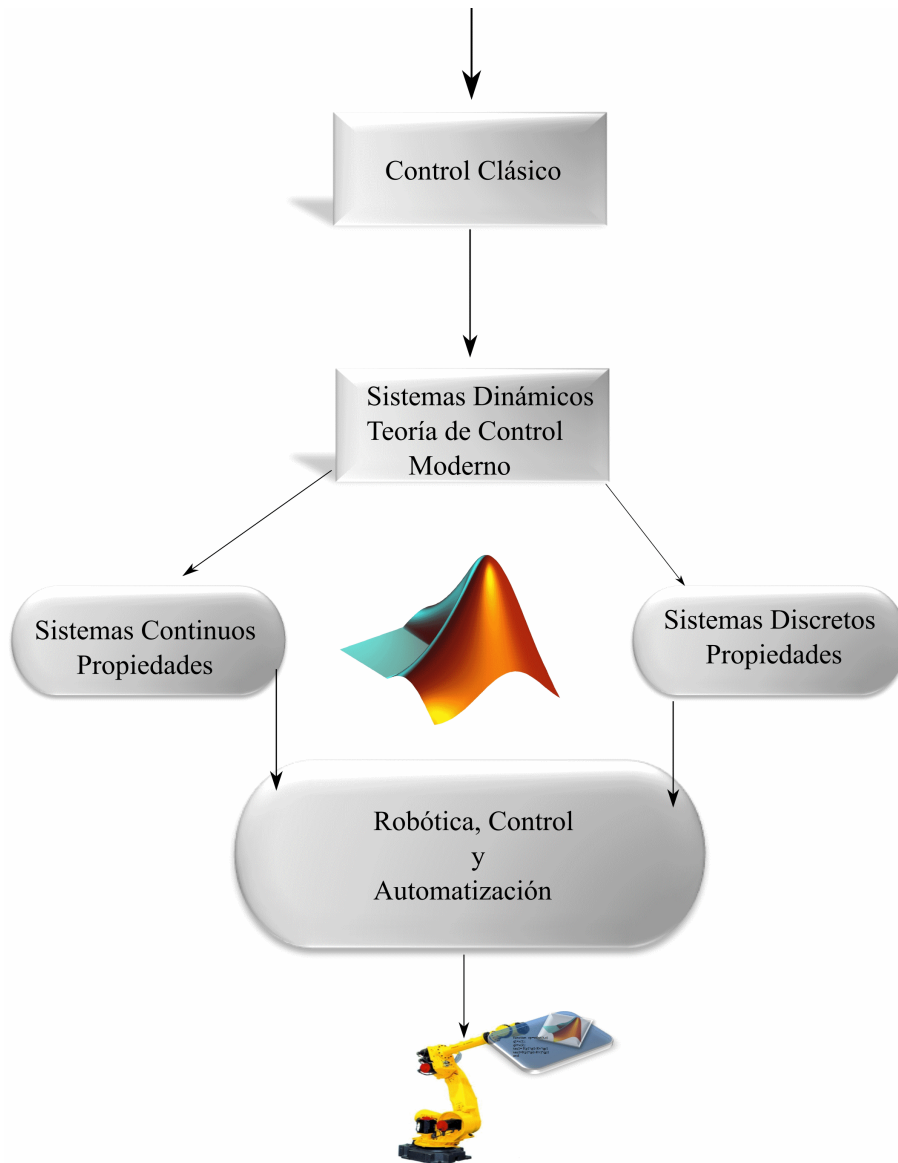


Figura 1 Representación gráfica de la asignatura de Control Lineal y Servomecanismos



7. CONTENIDO

Unidad	Objetivo específico	Contenido Temático/Actividades de aprendizaje	Bibliografía	
			Básica	Complementaria
1. Introducción a Sistemas Lineales	Presentar las herramientas de control clásico para el análisis de sistemas lineales en el dominio de la frecuencia.	1.1 Propiedades de los sistemas lineales 1.1.1 Sistemas lineales y sus propiedades 1.1.2 Transformada de Laplace como herramienta de análisis 1.1.3 Propiedades de la transformada de Laplace 1.1.4 Tablas de la transformada de Laplace 1.1.5 Transformada de Laplace en MATLAB 1.1.6 Aplicaciones de la transformada de Laplace 1.2 Control Clásico 1.2.1 Control clásico en MATLAB 1.2.2 Funciones de transferencia 1.2.3 Diagramas a bloques 1.2.4 Análisis de polos y ceros 1.2.5 Gráficas de Bode 1.2.6 Gráficas de Nyquist	Fernando Reyes, Jaime Cid y Emilio Vargas. Mecatrónica: Control y Automatización. Grupo Editor Alfaomega, 2014.	Charles E. Rohrs, James M. Melsa, y Donald G. Schultz. Sistemas de Control. McGraw-Hill, 1994. Fernando Reyes. Matlab Aplicado a Robótica y Mecatrónica. Grupo Editor Alfaomega, 2013. James L Melsa, y Donald G. Schultz. Linear Control Systems. McGraw-Hill, 1969.



Unidad	Objetivo específico	Contenido Temático/Actividades de aprendizaje	Bibliografía	
			Básica	Complementaria
2. Fundamentos de Control Moderno	Que el alumno asimile la teoría fundamental de sistemas dinámicos lineales, bajo el enfoque de variables de estado (físicas, fase y canónicas): análisis de sistemas y diseño de estrategias de control.	<p>2.1 Variables de estado</p> <p>2.1.1 Propiedades fundamentales</p> <p>2.1.2 Variables físicas</p> <p>2.1.3 Variables fase</p> <p>2.1.4 Variables canónicas</p> <p>2.2 Sistemas dinámicos continuos:</p> $\begin{cases} \dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}u(t) \\ y(t) = \mathbf{c}^T \mathbf{x}(t) \end{cases}$ <p>2.3 Sistemas dinámicos discretos:</p> $\begin{cases} \mathbf{x}_k = \Phi \mathbf{x}_{k-1} + \Gamma u_{k-1} \\ y_k = \mathbf{c}^T \mathbf{x}_k \end{cases}$ <p>2.4 Análisis de Sistemas Lineales</p> <p>2.4.1 Controlabilidad</p> <p>2.4.2 Observabilidad</p> <p>2.4.3 Formas canónicas</p> <p>2.5 Estabilidad</p> <p>2.5.1 Teoría de estabilidad de Lyapunov</p> <p>2.5.2 Estabilidad exponencial</p> <p>2.5.3 Norma \mathcal{L}</p> <p>2.6 Filtrado y observadores</p> <p>2.7 Aspectos prácticos: simulación y experimentos</p>	<p>Fernando Reyes, Jaime Cid y Emilio Vargas. Mecatrónica: Control y Automatización. Grupo Editor Alfaomega, 2014.</p> <p>Charles A. Desoer and M. Vidyasagar. Feedback Systems: Input-Output Properties. Academic Press. 1975.</p> <p>Karl J. Åström and Björn Wittenmark. Computer-Controlled Systems: Theory and Design. Third Edition. Prentice-Hall. 1997.</p> <p>Fernando Reyes, Jaime Cid y Emilio Vargas. Mecatrónica: Control y Automatización. Grupo Editor Alfaomega, 2014.</p> <p>Thomas Kailath. Linear Systems. Prentice-Hall. 1980.</p>	<p>Charles E. Rohrs, James M. Melsa, y Donald G. Schultz. Sistemas de Control. McGraw-Hill, 1994.</p> <p>Fernando Reyes y Jaime Cid. Arduino: Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías. Grupo Editor Alfaomega. 2015.</p> <p>James L Melsa, y Donald G. Schultz. Linear Control Systems. McGraw-Hill, 1969.</p> <p>Fernando Reyes. Matlab Aplicado a Robótica y Mecatrónica. Grupo Editor Alfaomega, 2013.</p>



Unidad	Objetivo específico	Contenido Temático/Actividades de aprendizaje	Bibliografía	
			Básica	Complementaria
3. Servomecanismos	Que el alumno conozca la tecnología que se utiliza en servomecanismos: clasificación de actuadores, sistemas de engranes, motores de corriente directa, transmisión directa, y tipos de encoders.	<p>3.1 Introducción a los servomecanismos</p> <p>3.2 Principios de los motores de corriente directa</p> <p>3.2 Servomotores</p> <p>3.2.1 Actuadores</p> <p>3.2.2 Servoamplificadores</p> <p>3.2.3 Sistemas de engranes</p> <p>3.2.4 Tecnología de transmisión directa</p> <p>3.3 Encoders</p> <p>3.3.1 Incrementales</p> <p>3.3.2 Absolutos</p> <p>3.4 Aspectos prácticos</p>	<p>Fernando Reyes, Jaime Cid y Emilio Vargas. Mecatrónica: Control y Automatización. Grupo Editor Alfaomega, 2014.</p> <p>Fernando Reyes, Jaime Cid y Emilio Vargas. Mecatrónica: Control y Automatización. Grupo Editor Alfaomega, 2014.</p>	<p>Fernando Reyes y Jaime Cid. Arduino: Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías. Grupo Editor Alfaomega. 2015.</p>



Unidad	Objetivo específico	Contenido Temático/Actividades de aprendizaje	Bibliografía	
			Básica	Complementaria
4. Modelado de Servomecanismos	Presentar y desarrollar los conceptos de la mecánica analítica para deducir el modelo dinámico que incluye los fenómenos físicos de sistemas mecatrónicos. Deducir sus propiedades matemáticas para diseñar esquemas de control.	4.1 Ecuaciones de Euler-Lagrange 4.2 Modelo de un motor de corriente continua 4.3 Centrifuga 4.4 Sistema masa-resorte-amortiguador 4.5 Péndulo 4.6 Robot cartesiano lineal	Fernando Reyes, Jaime Cid y Emilio Vargas. Mecatrónica: Control y Automatización. Grupo Editor Alfaomega, 2014.	James L Melsa, y Dondal G. Schultz. Linear Control Systems. McGraw-Hill, 1969.



Unidad	Objetivo específico	Contenido Temático/Actividades de aprendizaje	Bibliografía	
			Básica	Complementaria
5. Control de Servomecanismos	Diseñar algoritmos de control mediante la técnica de moldeo de energía y su aplicación en servomecanismos.	5.1 Control proporcional derivativo (PD) 5.2 Control proporcional integral derivativo (PID) 5.3 Moldeo de energía 5.4 Esquemas de control no acotados 5.4 Esquemas de control acotados 5.5 Esquemas de control saturados 5.6 Control de un péndulo	Fernando Reyes, Jaime Cid y Emilio Vargas. Mecatrónica: Control y Automatización. Grupo Editor Alfaomega, 2014.	Charles E. Rohrs, James M. Melsa, y Donald G. Schultz. Sistemas de Control. McGraw-Hill, 1994. James L Melsa, y Donald G. Schultz. Linear Control Systems. McGraw-Hill, 1969.



8. CONTRIBUCIÓN DEL PROGRAMA DE ASIGNATURA AL PERFIL DEL EGRESO

Asignatura	Perfil de egreso		
	Conocimientos	Habilidades	Actitudes y valores
Control Lineal y Servomecanismos	<p>Dominio de la teoría de sistemas dinámicos lineales</p> <p>Análisis de sistemas en variables de estado en el dominio de tiempo continuo y discreto</p> <p>Diseño de observadores y predictores de velocidad</p> <p>Diseño de nuevas estrategias de control para servomecanismos</p> <p>Control de servomecanismos</p> <p>Mejora de aspectos prácticos de control de procesos</p>	<p>Capacidad para mejorar o perfeccionar la solución de problemas del ámbito de la automatización</p> <p>Potencial para resolver y mejorar problemas teóricos y prácticos</p> <p>Armonía para trabajar en equipo</p> <p>Toma de decisiones asertivas en el planteamiento, solución y ejecución de procesos con servomecanismos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Comportamiento humanista ■ Persona ética ■ Respeto y compromiso ■ Cuidado del entorno ambiental ■ Responsable ■ Disciplinario ■ Autodidacta ■ Iniciativa ■ Formalidad ■ Dominio del lenguaje técnico del área de automatización (magnífica redacción del idioma castellano)



9. DESCRIBA CÓMO LOS EJES TRANSVERSALES CONTRIBUYAN AL DESARROLLO DE LA ASIGNATURA

Ejes transversales	Contribución con la asignatura
Formación humana y social	Compromiso y responsabilidad con los diferentes sectores de la sociedad a incrementar no sólo la calidad de vida, también a proponer propuestas para mejorar nuestro entorno.
Desarrollo de habilidades en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación	Detectar y plantear problemas del entorno social y ambiental, y su potencial solución a través de los conocimientos que adquiere con el uso de la tecnología y teoría de la automatización.
Desarrollo de habilidades del pensamiento complejo	Con el uso de las ciencias exactas (física y matemáticas) mejora el planteamiento y solución de problemáticas con impacto directo a diferentes sectores de la sociedad.
Lengua extranjera	Manejo adecuado de una segunda lengua para comunicarse y escribir documentos científicos, generalmente inglés.
Innovación y talento universitario	Uso y aplicación del conocimiento del área de automatización para mejorar o adecuar tecnología en bien de la sociedad.
Educación para la investigación	Generar prototipos científicos-didácticos que coadyuven a la enseñanza y transmisión del conocimiento en el área de la automatización.

10. ORIENTACIÓN DIDÁCTICA-PEDAGÓGICA



Estrategias y técnicas de aprendizaje-enseñanza	Recursos didácticos
Estrategia de aprendizaje	Diapositivas de cada sesión de clase, simuladores, videos de experimentos.
Estrategia de enseñanza	Actividades de aprendizaje: análisis de artículos científicos, presentación de trabajos en clase.
Ambientes de aprendizaje	Laboratorio experimental de robótica y control, desarrollo de prácticas, diseño de prototipos didácticos.
Actividades y experiencias de aprendizaje	Presentación de trabajos en foros y simposiums del área de automatización, convivencia con diversos investigadores en el ciclo de de seminarios del posgrado.

11. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios	Porcentaje
Exámenes	40 %
Actividades académicas: tareas, reportes técnicos sobre prácticas de laboratorio y simulación, ejercicios con demostraciones analíticas.	60 %
	Total: 100 %

12. REQUISITOS DE ACREDITACIÓN

De acuerdo al reglamento de procedimientos de requisitos para la admisión, permanencia y egresos de alumnos de la BUAP, en la asignatura de Control Lineal y Servomecanismos de la Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización:



Estar inscrito como alumno regular en la Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización, adscrita a la Facultad de Ciencias de la Electrónica
Tener asistencia a la asignatura como mínimo del 80 % de las sesiones
La calificación mínima aprobatoria en posgrado es de 7 (siete)
Cumplir con las actividades académicas y cargas de estudio asignadas que señalen la Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización

13. ACTA DE ACUERDOS

Se anexa copia del acta de la Academia de la Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización, así como de la CDESCUA con el Vo. Bo. del Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado.