



R

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

ÁREA: Mecatrónica

ASIGNATURA: Mecatrónica

CÓDIGO: MCEA-21601

CRÉDITOS: 7

FECHA: 18 de septiembre de 2019



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	Mecatrónica
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:	Mecatrónica Avanzada
Conocimientos, habilidades, actitudes, y valores previos:	Conocimientos: - Modelado cinemático y dinámico de servomecanismos; control de servomotores; teoría de estabilidad de Lyapunov; programación en MATLAB, C y C++. Habilidades: - Diseño y desarrollo de sólidos en AutoCad y SolidWork. Actitudes: - Trabajar en equipo, adaptarse al grupo de alumnos e investigadores del posgrado, autodidacta y tener iniciativa. Valores: - Ser respetuoso, disciplinario y tolerante; 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	50	40	90	7
Total	50	40	90	7
16 horas corresponde a un crédito.				

3. REVISIONES Y ACTUALIZACIONES

Autores	Dr. J. Fernando Reyes Cortés
Fecha de diseño	9 de marzo de 2018
Fecha de la última actualización:	18 de septiembre de 2019
Fecha de aprobación por parte del Comité Académico:	18 de septiembre de 2019
Fecha de aprobación por parte de la Academia del Programa:	18 de septiembre de 2019
Fecha de aprobación por parte del Secretario Académico:	
Fecha de aprobación por parte del CUA:	
Revisores:	Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño, Dra. Amparo Dora Palomino Merino, Dra. Olga Guadalupe Félix Beltrán, Dr. José Eligio Moisés Gutiérrez Arias, Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini.
Sinopsis de la revisión y/o actualización	Se actualizo el contenido de la materia de Mecatrónica Avanzada incorporando aspectos prácticos en el contenido temático como a continuación se describe: Capítulo 1 de Fuerza: se incluyen los temas de control de fuerza explícito e indirecto; también se añaden los sensores piezoeléctricos como sensores de fuerza, así como su caracterización y aplicaciones. Se incorporaron más prácticas experimentales. Capítulo 2 Control de Impedancia: se añaden nuevas arquitecturas de control no lineal para la problemática de impedancia de robots manipuladores. Así como la implementación práctica y aplicaciones en fisioterapia. Capítulo 3 Visual Servoing: se ha incorporado el tema de configuración híbrida cámara fija/cámara en mano, y el tema de procesamiento de imágenes; también, un número más grande de prácticas experimentales.



4. PERFIL DESEABLE DEL PROFESOR PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA

Disciplina Profesional	Robótica y Control
Nivel Académico	Doctor en Ciencias
Experiencia Docente	20 años
Experiencia profesional	35 años



5. OBJETIVOS

Mecatrónica es una materia optativa que pertenece al primer semestre del Plan de Estudios de la Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización de la Facultad de Ciencias de la Electrónica en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. La naturaleza del curso es teórica-práctica, con un valor de 6 créditos, 80 horas clase (40 horas de teoría y 40 horas prácticas), repartidas en 20 semanas, 4 horas por semana. Este curso pretende proporcionar al estudiante de las herramientas científicas de la mecatrónica para analizar y diseñar nuevos esquemas de control en los espacios articulares y cartesianos.

Los objetivos fundamentales del presente curso se encuentran en proporcionar las bases científicas y tecnológicos; modelado cinemático, dinámico y diseño de esquemas de control para servomecanismos. A continuación se describen los objetivos planteados en este curso de posgrado.

5.1 Objetivo General

Proporcionar a los alumnos los conocimientos teóricos y prácticos para adquirir una formación científica integral de alta calidad en el control de servomecanismos, tal que, les permita analizar, diseñar e implementar proyectos científicos, así como innovar aspectos tecnológicos de la automatización. La meta sustantiva que se pretende en el presente curso, es formar recursos humanos con conocimientos y habilidades científicos y tecnológicos sólidos en el campo de la mecatrónica, para que sean competitivos a nivel nacional e internacional, a través de la generación del conocimiento usando procesos continuos de investigación, enfocados a la innovación, desarrollo tecnológico y automatización de procesos.

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

5.2 Objetivos particulares

- Servomotores (electrónica, sensores y formas de configuración).
- Cinemática de servomecanismos.
- Dinámica de servomecanismos.
- Identificación paramétrica de servomecanismos.
- Métodos numéricos aplicados a la mecatrónica.
- Control de servomecanismos.



6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ASIGNATURA

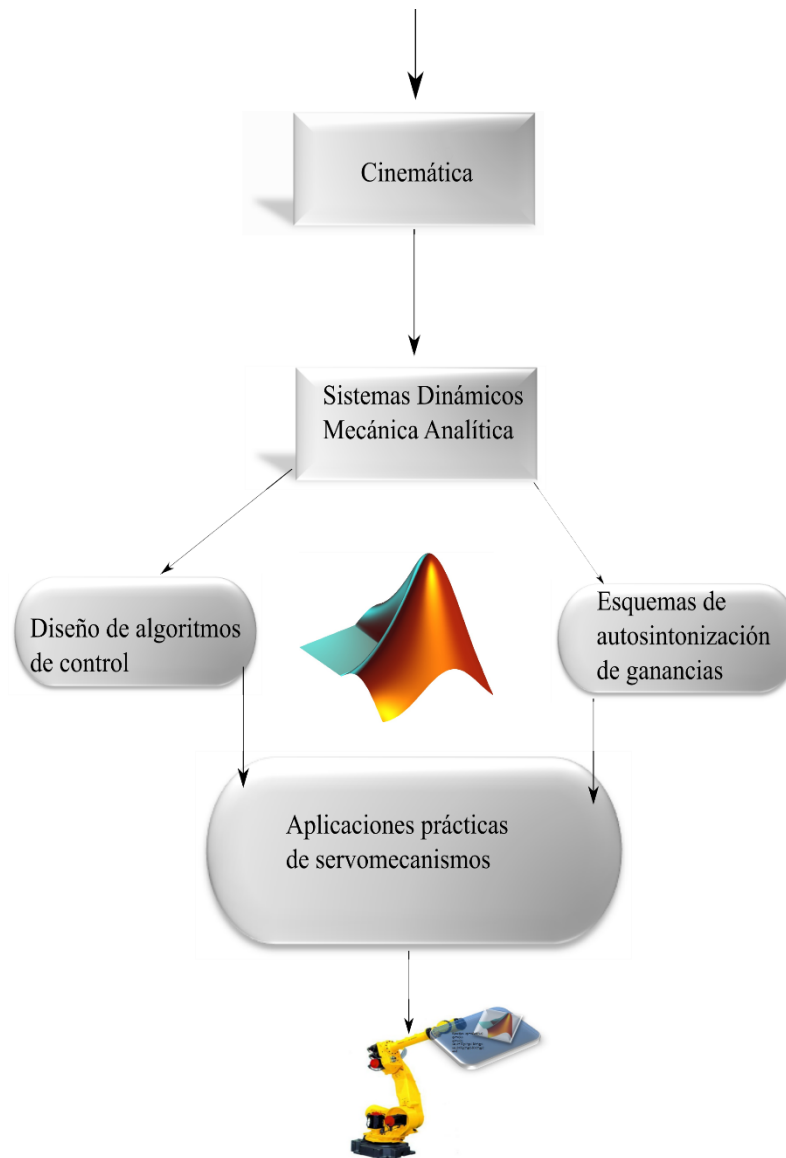


Figura 1: Representación gráfica de la asignatura de Mecatrónica.



7. CONTENIDO

Unidad	Objetivo específico	Contenido Temático/Actividades de aprendizaje	Bibliografía	
			Básica	Complementaria
1. Cinemática	Presentar la cinemática de servomecanismos; Denavit-Hartenberg y análisis cinemático diferencial.	1.1 Introducción a los servomotores 1.2 Tecnología convencional de servomotores 1.3 Tecnología de transmisión directa 1.4 Formas de configuración 1.4.1 Modo posición 1.4.2 Modo velocidad 1.4.3 Modo par	Reyes (2012)	Spong, Hutchinson and Vidyasagar. (2006)
		1.5 Preliminares matemáticos de la cinemática 1.5.1 Matrices de rotación 1.5.2 Matrices de traslación 1.5.3 Ángulos de Euler 1.5.4 Matrices de transformación homogénea	Reyes (2012)	Spong, Hutchinson and Vidyasagar. (2006)
		1.6 Cinemática inversa 1.7 Cinemática diferencial 1.8 Análisis de singularidades	Reyes (2012)	Spong, Hutchinson and Vidyasagar. (2006), Reyes (2013)



Unidad	Objetivo específico	Contenido Temático/Actividades de aprendizaje	Bibliografía	
			Básica	Complementaria
2. Dinámica	Presentar la técnica de modelado usando Mecánica Analítica.	2.1 Dinámica de servomecanismos 2.1.1 Ecuaciones de movimiento de Euler Lagrange 2.1.2 Modelo dinámico 2.1.3 Propiedades del modelo dinámico	Reyes (2012)	Kelly y Santibañez (2003), Spong, Hutchinson and Vidyasagar. (2006)
		2.2 Descripción y propiedades de los fenómenos físicos de servomecanismos 2.2.1 Efecto inercial 2.2.2 Fuerzas centrípetas y de Coriolis 2.2.3 Par gravitacional 2.2.4 Efecto de fricción 2.2.4.1 Fricción estática 2.2.4.2 Fricción viscosa 2.2.4.3 Fricción de Coulomb 2.2.4.4 Modelos dinámicos de fricción	Reyes (2012)	Kelly y Santibañez (2003)
		2.3 Modelo de energía 2.4 Modelo de Potencia	Reyes (2012)	Kelly y Santibañez (2003)
		2.5 Ejemplos de modelado dinámico en servomecanismos 2.5.1 Centrifuga 2.5.2 Péndulo 2.5.3 Robot manipulador de 2 gdl	Reyes (2012)	Kelly y Santibañez (2003), Spong, Hutchinson and Vidyasagar. (2006)
		2.6 Simulación de modelos dinámicos	Reyes (2012)	Kelly y Santibañez (2003)



Unidad	Objetivo específico	Contenido Temático/Actividades de aprendizaje	Bibliografía	
			Básica	Complementaria
3. Control de servomecanismos	Presentar la técnica de moldeo de energía para diseñar esquemas de control de servomecanismos.	3.1 Moldeo de energía 3.2 Funciones de energía potencial artificial 3.3 Ecuación en lazo cerrado 3.4 Análisis del punto de equilibrio 3.5 Diseño y análisis de esquemas de control no acotados 3.5.1 Control PD 3.5.2 Control PD exponencial 3.5.3 Control PID 3.5.4 Control $\sinh()$ 3.6 Diseño y análisis de esquemas de control acotados 3.6.1 Reguladores tipo trigonométricos 3.6.2 Regulador inversamente proporcional 3.6.3 Control signo() 3.7 Diseño y análisis de esquemas de control saturados 3.7.1 Control $\tanh()$ 3.7.2 Control $\operatorname{atan}()$ 3.7.3 Esquemas de control tipo saturados suaves	Reyes (2012)	Spong, Hutchinson and Vidyasagar. (2006)



Unidad	Objetivo específico	Contenido Temático/Actividades de aprendizaje	Bibliografía	
			Básica	Complementaria
4. Esquemas de control auto-sintonizables	Presentar las técnicas de autosintonía para ganancias proporcional y derivativa.	4.1 Algoritmos de Ziegler-Nichols 4.1.1 Método del escalón 4.2.2 Método de la frecuencia 4.2 Método del relevador 4.3 Métodos de autosintonía con funciones continuas y diferenciables 4.4 Métodos de autosintonía con dinámica auxiliar 4.4.1 Esquemas proporcionales 4.4.2 Esquemas inversamente proporcionales 4.4.3 Esquemas saturados 4.4.4 Esquemas acotados 4.5 Sintonía adaptable	Reyes (2012)	Spong, Hutchinson and Vidyasagar. (2006)



8. CONTRIBUCIÓN DEL PROGRAMA DE ASIGNATURA AL PERFIL DEL EGRESO

Asignatura	Perfil de egreso		
	Conocimientos	Habilidades	Actitudes y valores
Mecatrónica	Dominio de la teoría de sistemas dinámicos lineales y no lineales Modelado dinámico Propiedades matemáticas del modelo dinámico Identificación paramétrica Control de servomecanismos Mejora de aspectos prácticos de control de procesos	Capacidad para mejorar o perfeccionar la solución de problemas del ámbito de la automatización Potencial para resolver y mejorar problemas teóricos y prácticos Armonía para trabajar en equipo Toma de decisiones asertivas en el planteamiento, solución y ejecución de procesos con servomecanismos	■ 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 señale 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.

Bibliografía

Rafael Kelly y Víctor Santibañez. *“Control de Movimiento de Robots Manipuladores”*. Pearson Prentice-Hall. 2003.

Mark Spong, Seth Hutchinson and M. Vidyasagar. *“Robot Modeling and Control”*. John Wiley & Sons, Inc. 2006.

Fernando Reyes. *“Robótica: Control de Robots Manipuladores”*. Grupo Editor Alfaomega, 2012.

Fernando Reyes. *“MATLAB: Aplicado a Robótica y Mecatrónica”*. Grupo Editor Alfaomega, 2013.

Paquetes de cómputo empelados en el curso:

MATLAB(2017b), <http://www.mathworks.com/>

Arduino (2017), <http://www.arduino.cc/>

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA,
OPCIÓN EN AUTOMATIZACIÓN
MINUTA DE REUNIÓN
COMITÉ ACADÉMICO
REUNIÓN EXTRAORDINARIA**

Folio: CS-72a

Siendo las 11:30 horas del día 18 DE SEPTIEMBRE DE 2019 nos hacemos presentes:

Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño, Profesora Investigadora
Dr. José Eligio Moisés Gutiérrez Arias, Profesor Investigador
Dra. Amparo Dora Palomino Merino, Profesora Investigadora
Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini, Profesor Investigador
Dr. Gerardo Mino Aguilar, Secretario de Investigación
Dra. Olga Guadalupe Félix Beltrán, Coordinador Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización (MCEA)

en la Sala de Juntas de Posgrado, 1FCE6/201, Puebla, Pue., con el siguiente orden del día:

1. Pase de lista.
2. Programas de materia de las asignaturas optativas de la MCEA.
3. Asuntos generales.

Relatoría de la Reunión:

1) PASE DE LISTA. Asistieron los miembros del Comité Académico Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño, Profesora Investigadora, Dr. José Eligio Moisés Gutiérrez Arias, Profesor Investigador, Dra. Amparo Dora Palomino Merino, Profesora Investigadora, Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini, Profesor Investigador, Dra. Olga Guadalupe Félix Beltrán, Coordinadora Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización.

1. PROGRAMAS DE MATERIA DE LAS ASIGNATURAS OPTATIVAS DE LA MCEA. La Coordinadora MCEA solicita a los miembros del Comité Académico (CA) ratificar la evaluación de los programas de materia de las asignaturas del Plan de Estudios del programa de maestría, los cuales han sido sometidos a revisión, en cuanto a formato, actualización de bibliografía y, en algunos casos, modificación parcial del contenido para su actualización. La Academia del programa de maestría en Reunión Ordinaria con minuta No. de Folio ACADMCEA/1809/2019 ha aprobado la actualización de los mismos.

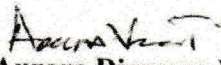
Carlos Pando

El Comité Académico aprueba la actualización de los programas de materia optativas y obligatorias presentados a la fecha.

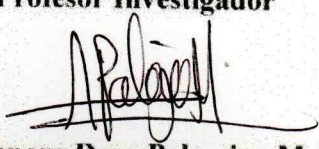
APROBADO: 5 (DIEZ) VOTOS A FAVOR, 0 (CERO) EN CONTRA Y 0 (CERO) ABSTENCIONES.

2) **ASUNTOS GENERALES:** En esta reunión no se trataron asuntos generales.

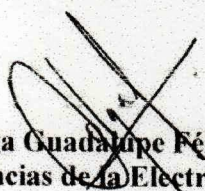
Siendo las 112:00:00 Hrs. nos retiramos y para constancia de estos hechos firmamos la presente.


Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño
Profesora Investigadora


Dr. José Eligio Moisés Gutiérrez Arias
Profesor Investigador


Dra. Amparo Dora Palomino Merino
Profesora Investigadora


Dr. Carlos Leopoldo Pando Lambruschini
Profesor Investigador


Dra. Olga Guadalupe Félix Beltrán
Coordinadora Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización