

INGENIERÍA MECATRÓNICA EN COMPETENCIAS PROFESIONALES

ASIGNATURA DE INGENIERÍA DE CONTROL

PROPÓSITO DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA	El alumno diseñará sistemas de control a partir del cálculo de la respuesta de sistemas dinámicos para compensar las condiciones de desempeño establecidas en los sistemas mecatrónicos y robóticos.		
CUATRIMESTRE	Octavo		
TOTAL DE HORAS	75	HORAS POR SEMANA	5

UNIDADES DE APRENDIZAJE	HORAS DEL SABER	HORAS DEL SABER HACER	HORAS TOTALES
I. Criterios de estabilidad	8	2	10
II. Controladores	5	15	20
III. Métodos de diseño de control PID	5	20	25
IV. Control espacio de estados	8	12	20
TOTALES	26	49	75

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

COMPETENCIA A LA QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

De acuerdo con la metodología de diseño curricular de la CGUTyP, las competencias se desagregan en dos niveles de desempeño: Unidades de Competencias y Capacidades.

La presente asignatura contribuye al logro de la competencia y los niveles de desagregación descritos a continuación:

COMPETENCIA: Diseñar sistemas mecatrónicos y robóticos con base en los requerimientos del proceso y la detección de áreas de oportunidad mediante metodologías, herramientas de diseño, simulación y manufactura para brindar soluciones tecnológicas innovadoras a las necesidades de los procesos productivos y servicios.

UNIDADES DE COMPETENCIA	CAPACIDADES	CRITERIOS DE DESEMPEÑO
Formular diseño de sistemas mecatrónicos y robóticos con base en los requerimientos del proceso, herramientas de diseño y simulación para atender una problemática o área de oportunidad de procesos industriales y servicios.	Elaborar diseños de sistemas mecatrónicos y robóticos mediante el cálculo y especificaciones de los elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y de control y su interacción, empleando software de diseño mecánico, electrónico y de instrumentación; con base en la normatividad aplicable, para satisfacer los requerimientos del proceso y la validación de la propuesta conceptual.	<p>Elabora proyecto de diseño de un sistema mecatrónico o robótico que incluya:</p> <p>Diseño conceptual</p> <ul style="list-style-type: none"> - Requerimientos, - Diagrama de funciones, - Metodología y conceptos - Bosquejos - Diseño seleccionado en base a una metodología <p>Diseño de detalle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cálculos de diseño y control - Selección de elementos y componentes de sistemas, mecánicos, eléctricos, electrónicos, de control, robóticos, interfaces o de visión, con especificaciones técnicas y justificación. - Diagramas y protocolos de comunicación e interacción de sistemas, mecánicos, eléctricos, electrónicos, de control, robóticos, interfaces o de visión. - Planos de manufactura y ensamble - Diagrama de flujo del sistema y pseudocódigo. - Normas y estándares de referencia.

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

UNIDADES DE COMPETENCIA	CAPACIDADES	CRITERIOS DE DESEMPEÑO
	<p>Validar diseños de sistemas mecatrónicos y robóticos a través de la construcción de prototipos y realización de pruebas funcionales y físicas con base a la normatividad aplicable para retroalimentar el diseño y garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos.</p>	<p>Construye un prototipo y documenta el proceso de construcción especificando:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de especificaciones de diseño - Procesos de manufactura empleados - Equipo, herramientas y materiales empleados - Proceso de interconexión y ensamble - Normas y estándares de referencia <p>Presenta un reporte de validación del diseño que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resultado de las pruebas de funcionabilidad y físicas bajo los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> -- Seguridad -- Desempeño sinérgico de los sistemas: electrónicos, mecánicos, de control, monitoreo, interfaces, ópticos y robóticos -- Repetibilidad -- Nivel de operabilidad -- Costo de manufactura, de operación y mantenimiento -- Dimensionamiento: geométrico y de masa -- Apariencia -- Manufacturabilidad -- Factibilidad tecnológica -- De instalación y consumo energético

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

UNIDADES DE APRENDIZAJE

UNIDAD DE APRENDIZAJE	I. Criterios de estabilidad				
PROPÓSITO ESPERADO	El alumno determinará el tipo de estabilidad de sistemas dinámicos para proponer el tipo de control a emplear en la mejora de la respuesta del sistema.				
HORAS TOTALES	10	HORAS DEL SABER	8	HORAS DEL SABER HACER	2

TEMAS	SABER DIMENSIÓN CONCEPTUAL	SABER HACER DIMENSIÓN ACTUACIONAL	SER DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA
Introducción al control de sistemas dinámicos	<p>Reconocer el procedimiento de modelado matemático de sistemas dinámicos obteniendo función de transferencia.</p> <p>Reconocer la representación en diagrama de bloques de sistemas dinámicos.</p> <p>Explicar las características de sistema de lazo abierto y lazo cerrado.</p> <p>Explicar el comportamiento de sistemas dinámicos ante perturbaciones</p> <p>Identificar las características estáticas y dinámicas de los sistemas dinámicos: error, estabilidad, linealidad, velocidad de respuesta, respuesta a la frecuencia en sistemas.</p>		<p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Responsable</p> <p>Honesto</p> <p>Hábil en el trabajo en equipo</p> <p>Solidario</p> <p>Sistemático.</p>
Criterios de estabilidad	<p>Describir los tipos de estabilidad de sistemas dinámicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estable - Críticamente estable - Inestable 	<p>Determinar el criterio de estabilidad de acuerdo al grado del polinomio del denominador de la función de transferencia.</p>	<p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Responsable</p> <p>Honesto</p> <p>Hábil en el trabajo en equipo</p> <p>Solidario</p>

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

TEMAS	SABER DIMENSIÓN CONCEPTUAL	SABER HACER DIMENSIÓN ACTUACIONAL	SER DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA
	Explicar los algoritmos de criterios de estabilidad de sistemas dinámicos: - Ubicación de polos y ceros - Routh-Hurwitz		Sistemático.

PROCESO DE EVALUACIÓN		TÉCNICAS SUGERIDAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	ESPACIO DE FORMACIÓN			MATERIALES Y EQUIPOS
EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN		AULA	TALLER	OTRO	
A partir de un caso de estudio de modelado de sistemas dinámicos, integra un portafolio de evidencias que incluya: Reporte sobre: - Gráfica de la respuesta del sistema con polos y ceros, añadiendo conclusiones sobre su estabilidad - Algoritmo computacional para la determinación de estabilidad utilizando el criterio de Routh-Hurwitz	Estudio de casos Rubrica	Análisis de casos Búsqueda y análisis de información. Ejercitación de procedimientos	x			Software de cálculo numérico Software de simulación de circuitos Equipo de cómputo

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

UNIDAD DE APRENDIZAJE	II. Controladores				
PROPÓSITO ESPERADO	El alumno evaluará la respuestas transitoria y estacionaria de sistemas dinámicos para seleccionar y diseñar controladores.				
HORAS TOTALES	20	HORAS DEL SABER	5	HORAS DEL SABER HACER	15

TEMAS	SABER DIMENSIÓN CONCEPTUAL	SABER HACER DIMENSIÓN ACTUACIONAL	SER DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA
Tipos de control	<p>Reconocer los tipos de señales de entrada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impulso - Escalón - Rampa <p>Reconocer la respuesta en el tiempo de sistemas de primero y segundo orden.</p> <p>Explicar la definición del error en estado estacionario de los sistemas de primero y segundo orden con distintas entradas.</p> <p>Explicar el comportamiento y características de los tipos de control P, I, D, PI, PD, PID.</p>	Estimar el error en estado estacionario de sistemas dinámicos.	<p>Analítico</p> <p>Ordenado</p> <p>Proactivo</p> <p>Responsable</p> <p>Honesto</p> <p>Hábil en el trabajo en equipo</p> <p>Solidario</p>
Respuesta transitoria	<p>Identificar las características de la respuesta transitoria y estacionaria de los distintos tipos de controles.</p> <p>Explicar los parámetros de respuesta transitoria y estacionaria de sistemas de primero y segundo orden: Tiempo de establecimiento, sobrepaso máximo, tiempo de asentamiento, tiempo de retardo, tiempo de levantamiento.</p>	Graficar el comportamiento y error de estado estacionario de sistemas de primero y de segundo orden con los controles P, I, PI, PD, PID.	<p>Analítico</p> <p>Ordenado</p> <p>Proactivo</p> <p>Responsable</p> <p>Honesto</p> <p>Hábil en el trabajo en equipo</p> <p>Solidario</p>

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

TEMAS	SABER DIMENSIÓN CONCEPTUAL	SABER HACER DIMENSIÓN ACTUACIONAL	SER DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA
	<p>Explicar la respuesta transitoria y estacionaria de sistemas de control P, I, PI, PD y PID ante distintos tipos de entrada.</p> <p>Explicar el proceso de graficar la respuesta transitoria y estacionaria de los distintos tipos de controles en software.</p>		

PROCESO DE EVALUACIÓN		TÉCNICAS SUGERIDAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	ESPACIO DE FORMACIÓN			MATERIALES Y EQUIPOS
EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN		AULA	TALLER	OTRO	
<p>Elabora un reporte de un caso de estudio que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gráfica de la respuesta transitoria y estacionaria de sistemas de segundo orden de lazo abierto ante entradas de impulso, escalón y rampa. - Características de las respuestas transitorias de sistemas de segundo orden: Tiempo de establecimiento, sobrepaso máximo, tiempo de asentamiento, tiempo de retardo, tiempo de levantamiento. - Gráfica de la respuesta de sistemas de segundo orden de lazo cerrado ante entradas de impulso, escalón y rampa. -Tabla comparativa de la respuesta del sistema para los diferentes controladores. - Conclusiones del tipo de control seleccionado con base en los resultados de la tabla comparativa. 	<p>Ejercicios prácticos Rubrica</p>	<p>Práctica en laboratorios. Simulación Solución de problemas.</p>		X		<p>Software de cálculo numérico Software de simulación de circuitos Equipo de cómputo Osciloscopio Generador de funciones PID industrial Tarjeta de procesamiento de datos en tiempo real (RIO) Tarjetas de adquisición y procesamiento de datos (DAQ)</p>

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

UNIDAD DE APRENDIZAJE	III. Métodos de diseño de control PID				
PROPÓSITO ESPERADO	El alumno diseñará sistemas de control PID para mejorar la respuesta de sistemas dinámicos de primero y segundo orden.				
HORAS TOTALES	25	HORAS DEL SABER	5	HORAS DEL SABER HACER	20

TEMAS	SABER DIMENSIÓN CONCEPTUAL	SABER HACER DIMENSIÓN ACTUACIONAL	SER DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA
Lugar geométrico de las raíces (LGR)	<p>Explicar el método del lugar geométrico de las raíces (LGR) y su aplicación.</p> <p>Explicar el procedimiento de diseño de compensadores basado en el lugar geométrico de las raíces en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - adelanto de fase - atraso fase - adelanto-atraso de fase <p>Explicar el método de sintonización Ziegler-Nichols en controladores PID.</p>	<p>Diseñar prototipos de controlador PID</p> <p>Sintonizar controladores PID de acuerdo a los parámetros de diseño establecidos en el lugar geométrico de las raíces.</p>	<p>Analítico</p> <p>Ordenado</p> <p>Proactivo</p> <p>Creativo.</p> <p>Responsable</p> <p>Honesto</p> <p>Hábil en el trabajo en equipo</p> <p>Solidario</p> <p>Destreza manual</p> <p>Toma de decisiones.</p> <p>Trabajo bajo presión.</p> <p>Tolerancia a la frustración.</p>
Respuesta en el dominio de la Frecuencia	<p>Definir el concepto de dominio de frecuencia.</p> <p>Explicar las técnicas de Bode y Nyquist en la identificación de la respuesta del sistema en el dominio de frecuencia y sus aplicaciones.</p> <p>Explicar el procedimiento de simulación de controladores P, PD, PI y PID.</p> <p>Explicar el procedimiento de construcción de prototipos de controladores P, PD, PI y PID.</p> <p>Explicar el procedimiento de interpretación de resultados de las respuestas de sistemas</p>	<p>Simular sistemas de control en dominio de la frecuencia.</p> <p>Construir prototipos de sistemas de control P, PD, PI y PID en dominio de la frecuencia.</p>	<p>Analítico</p> <p>Ordenado</p> <p>Proactivo</p> <p>Creativo.</p> <p>Responsable</p> <p>Honesto</p> <p>Hábil en el trabajo en equipo</p> <p>Solidario</p> <p>Destreza manual</p> <p>Toma de decisiones.</p> <p>Trabajo bajo presión.</p> <p>Tolerancia a la frustración.</p>

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

TEMAS	SABER DIMENSIÓN CONCEPTUAL	SABER HACER DIMENSIÓN ACTUACIONAL	SER DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA
	dinámicos controlados.		

PROCESO DE EVALUACIÓN		TÉCNICAS SUGERIDAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	ESPACIO DE FORMACIÓN			MATERIALES Y EQUIPOS
EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN		AULA	TALLER	OTRO	
Integra un portafolio de evidencias que incluya: <ul style="list-style-type: none"> - Prototipo de controlador PID - Resultados de la simulación del sistema de segundo orden con controlador PID - Reporte sobre el diseño y la construcción del prototipo de controlador PID que incluya: <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros de desempeño - Características de las respuestas transitorias del sistema. - Resultado de las pruebas de funcionamiento del controlador con LGR, Bode y Nyquist. - Justificación de la técnica de diseño empleada (LGR, Bode, Nyquist). - Diagramas de bloques del sistema completo. - Conclusiones. 	Lista de Cotejo Rúbrica	Aprendizaje basado en proyectos. Investigación. Simulación.		X		Software de cálculo numérico Software de simulación de circuitos Equipo de cómputo Osciloscopio Generador de funciones PID industrial Tarjeta de procesamiento de datos en tiempo real (RIO) Tarjetas de adquisición y procesamiento de datos (DAQ) Sensores de nivel, infrarrojo, de temperatura, capacitivos, de velocidad, de posición

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

UNIDAD DE APRENDIZAJE	IV. Control espacio de estados				
PROPÓSITO ESPERADO	El alumno determinará la controlabilidad y observabilidad de sistemas en espacio de estados para el diseño de observadores de sistemas MIMO.				
HORAS TOTALES	20	HORAS DEL SABER	8	HORAS DEL SABER HACER	12

TEMAS	SABER DIMENSIÓN CONCEPTUAL	SABER HACER DIMENSIÓN ACTUACIONAL	SER DIMENSIÓN SOCIOAFECTIVA
Controlabilidad	<p>Reconocer el concepto de sistema dinámico con múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO).</p> <p>Describir la propiedad de controlabilidad en sistemas representados en espacio de estados.</p> <p>Explicar el procedimiento de cálculo de la controlabilidad de sistemas.</p> <p>Explicar el procedimiento de diseño del controlador retroalimentado de estados.</p>	<p>Calcular la controlabilidad del sistema</p> <p>Diseñar controlador retroalimentado en el espacio estado.</p>	<p>Analítico</p> <p>Ordenado</p> <p>Proactivo</p> <p>Creativo.</p> <p>Responsable</p> <p>Honesto</p> <p>Hábil en el trabajo en equipo</p> <p>Solidario</p> <p>Destreza manual</p> <p>Toma de decisiones.</p> <p>Trabajo bajo presión.</p> <p>Tolerancia a la frustración.</p>
Observabilidad	<p>Describir las propiedades de observabilidad en sistemas representado en espacio de estados.</p> <p>Explicar el procedimiento de cálculo de la observabilidad de sistema.</p> <p>Explicar el procedimiento de diseño del observador.</p> <p>Explicar el proceso de simulación del observador.</p>	<p>Calcular la observabilidad de sistemas</p> <p>Diseñar observadores de sistemas</p>	<p>Analítico</p> <p>Proactivo</p> <p>Responsable</p> <p>Honesto</p> <p>Hábil en el trabajo en equipo</p> <p>Solidario</p> <p>Sistemático.</p>

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

PROCESO DE EVALUACIÓN		TÉCNICAS SUGERIDAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	ESPACIO DE FORMACIÓN			MATERIALES Y EQUIPOS
EVIDENCIA DE DESEMPEÑO	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN		AULA	TALLER	OTRO	
Integra un reporte sobre el diseño de un control en espacio estado, que incluya: <ul style="list-style-type: none"> - Cálculo de la controlabilidad del sistema. - Diseño del controlador en espacio de estados. - Cálculo de la observabilidad del sistema. - Diseño del observador del sistema. - Conclusiones. 	Lista de cotejo Rúbrica	Aprendizaje basado en proyectos. Simulación. Solución de problemas		X		Software de cálculo numérico Software de simulación de circuitos Equipo de cómputo

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTOR	AÑO	TÍTULO DEL DOCUMENTO	LUGAR DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
Ogata, Katsuhico	2010	<i>Ingeniería de control moderna</i>	México	Pearson	9788483226605
Hernández Gaviño, Ricardo	2015	<i>Introducción a los sistemas de control, Conceptos aplicaciones y simulación con MATLAB</i>	México	Pearson	9786074428421
Dorf, Richard C; Bishop, Robert H.	2005	<i>Sistemas de control moderno</i>	México	Pearson	9788420544014
Nise, Norman S.	2002	<i>Sistemas de control para ingeniería</i>	México	Grupo Editorial Patria	9789702402541
Benjamín C. Kuo	2015	<i>Sistemas de Control Automático</i>	México	Prentice Hall	9688807230

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

AUTOR	TÍTULO DEL DOCUMENTO	FECHA DE RECUPERACIÓN	VÍNCULO

Para la consulta de bibliografía adicional puede consultar la Biblioteca Digital del Espacio Común de Educación Superior Tecnológica, ubicada en el siguiente vinculo: <http://www.bibliotecacecest.mx/>

ELABORÓ:	Comité de Directores de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	REVISÓ:	Dirección Académica
APROBÓ:	C. G. U. T. y P.	FECHA DE ENTRADA EN VIGOR:	Septiembre 2017