

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Ingeniería de Control
Clave de la asignatura:	EEF-2005
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Energías Renovables

¹ Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Esta asignatura aporta al perfil de egreso del(la) Ingeniero(a) en Energías Renovables las competencias necesarias que permitirá al estudiante tener la capacidad identificar, caracterizar, analizar las bases analíticas de los sistemas para el modelado matemático, análisis y control de sistemas como los encontrados en aerogeneradores. Además, posibilita al estudiante a tener nuevas herramientas para un estudio más a detalle, para el modelado y control de sistemas dinámicos.</p> <p>En esta asignatura el alumno modelará diversos sistemas, con ejemplos ilustrativos que describen sistemas realistas y complejos de ingeniería, empleando las leyes físicas que gobiernan un sistema determinado. En el análisis de comportamiento de sistemas se simularán las ecuaciones diferenciales utilizando paquetes de cómputo, tales como: MATLAB, Simulink, Scilab, entre otros. En esta asignatura se estudian las técnicas de los sistemas de control que permiten mejorar el rendimiento de sistemas energéticos, a través del modelado, análisis y control de los sistemas físicos con acoplamientos.</p> <p>Esta asignatura se relaciona con los conocimientos adquiridos en ecuaciones diferenciales, estática y dinámica, circuito eléctricos y simulación de sistemas de energías renovables</p>
Intención didáctica
<p>El contenido de la materia está dividido en seis temas. El primer tema aborda aspectos introductorios en la importancia de los esquemas de control, así como la relevancia de la retroalimentación en los procesos de control automático.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

En el segundo tema se abordan aspectos de modelado de sistemas. El modelado se introduce desde las leyes que rigen el comportamiento de sistemas físicos, observando la interacción de las diferentes variables de interés. La simplificación y representación de modelos se aborda desde la perspectiva de sistemas lineales, funciones de transferencia y diagramas de bloques.

El tercer tema introduce los sistemas de control con retroalimentación, donde se establece la importancia de la retroalimentación y las características en la respuesta obtenida en el dominio del tiempo. Además, se introducen conceptos de estabilidad.

En el cuarto tema se aborda la técnica de lugar o localización de las raíces. En este tema se dan bases para la aplicación de la metodología y su uso en el análisis de la estabilidad y diseño de controladores.

En el quinto tema se establece el comportamiento de sistemas a través de la respuesta en frecuencia. En este tema es introducido el diagrama de Bode, como herramienta para establecer la dinámica y estabilidad de sistemas.

Finalmente, el sexto tema introduce técnicas y enfoques en el diseño de controladores.

Las competencias genéricas que se desarrollan son: investigación, capacidad de análisis y síntesis, comunicación oral y escrita, toma de decisiones y solución de problemas. El desarrollo de la materia requiere de la realización de actividades en simuladores computacionales, que promuevan el desarrollo de habilidades de validación y análisis de resultados, así como el enlace de conceptos teóricos. La realización de actividades teóricas y de simulación deberá fomentar la participación del alumno para reforzar los conocimientos.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Torreón, Coahuila. México Septiembre, 2020	Profesores Investigadores del Instituto Tecnológico de La Laguna. Dr. Rodrigo Loera Palomo	Diseño y actualización de la especialidad de Energía Eólico-Solar del programa de: Ingeniería en Energías Renovables.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Analiza, define, simula e implementa modelos matemáticos de sistemas físicos, además de abordar conceptos de control para el análisis, diseño y simulación de esquemas de control automático.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Aplica técnicas de análisis y aplicación de ecuaciones diferenciales, enfocadas al modelado matemático. • Tiene conocimientos de simuladores computacionales y de programación. • Conoce conceptos sobre el comportamiento de sistemas: estática, dinámica y circuitos eléctricos.
--

6. Temario

No	Temas	Subtemas
1	Introducción a los sistemas de control	1.1 Definiciones básicas de los sistemas de control. 1.2 Importancia de la retroalimentación.
2	Modelado matemático de sistemas dinámicos	2.1 Ecuaciones diferenciales de sistemas físicos. 2.2 Linearización 2.3 La transformada de Laplace. 2.4 Función de transferencia de sistemas lineales. 2.5 Modelos de diagramas de bloques
3	Sistemas de control con retroalimentación	3.1 Sistemas de control en lazo abierto y cerrado. 3.2 Error en estado estacionario. 3.3 Característica de la respuesta transitoria y estabilidad de los sistemas de control. 3.4 Criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz
4	Método del lugar de las raíces	4.1 Concepto del lugar de las raíces. 4.2 Reglas para dibujar la localización de las raíces. 4.3 Aplicaciones del lugar de las raíces.
5	Métodos de respuesta en la frecuencia	5.1 Gráficas de la respuesta en la frecuencia. 5.2 Diagramas de Bode. 5.3 Especificaciones de comportamiento en el dominio de la frecuencia.
6	Diseño de sistemas de control con retroalimentación	6.1 Enfoque en el diseño de sistemas y diseño de controladores P, PI, PD y PID.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1: Introducción a los sistemas de control	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explica las definiciones de conceptos básicos como control en lazo abierto y lazo cerrado. • Define las señales de control, referencia, y variable manipulada en un lazo de control. <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo. • Compromiso ético. • Capacidad crítica y autocrítica <p>Competencias Sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos. <p>Capacidad para diseñar y gestionar proyectos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla ejercicios y problemas de carácter cualitativo y cuantitativo relaciona a sistemas de control en lazo abierto y lazo cerrado. • Identifica las señales de control, referencia, variable manipulada en un lazo de control.
Tema 2: Modelado matemático de sistemas dinámicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explica el modelado matemático de sistemas aplicando ecuaciones diferenciales. • Define y aplica la transformada de Laplace en problemas de modelado matemático. • Define y clasifica los sistemas mecánicos, eléctricos y mecatrónicos, así como realiza 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla ejercicios y problemas de carácter cualitativo y cuantitativo aplicando ecuaciones diferenciales. • Identifica y resuelve modelos matemáticos aplicando la Transformada de Laplace. • Explica y desarrolla la función de transferencia para sistemas lineales, así

<p>los primeros bosquejos de modelado de un sistema.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Obtiene y desarrolla la función de transferencia para sistemas lineales. ● Explica los diagramas de bloques para sistemas lineales. <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de análisis y síntesis. ● Habilidad para usar la computadora como herramienta de apoyo. <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Trabajo en equipo. ● Compromiso ético. ● Capacidad crítica y autocrítica <p>Competencias Sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos. <p>Capacidad para diseñar y gestionar proyectos.</p>	<p>como desarrolla diagramas de bloques para problemas en ingeniería.</p>
<p align="center">Tema 3: Sistemas de control con retroalimentación</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Explica y analiza los sistemas de control en lazo cerrado. ● Expone y resuelve la respuesta en estado transitorio de un sistema de control con retroalimentación. ● Se analiza el error en estado estacionario para sistemas de control en lazo cerrado. ● Identifica la respuesta transitoria y de estado estable de un sistema, así como mediante la gráfica 	<ul style="list-style-type: none"> ● Desarrolla ejercicios y problemas de carácter cualitativo y cuantitativo para sistemas en lazo cerrado, explorando la respuesta en estado transitorio del sistema en análisis. ● Identifica y resuelve el error en estado estable para sistemas de control en lazo cerrado. ● Analiza sistemas retroalimentados a partir de sistemas físicos ● Desarrolla ejercicios y problemas de carácter cualitativo y cuantitativo sobre la

<p>puede obtener la función de transferencia.</p> <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Habilidad para usar la computadora como herramienta de apoyo. <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo. • Compromiso ético. • Capacidad crítica y autocrítica <p>Competencias Sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos. <p>Capacidad para diseñar y gestionar proyectos.</p>	<p>estabilidad de sistemas lineales, con énfasis al criterio de Routh-Hurwitz.</p>
<p>Tema 4: Método del lugar de las raíces</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplica y analiza el lugar de las raíces, para sistemas de control. • Expone y resuelve el procedimiento para el lugar de las raíces. <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Habilidad para usar la computadora como herramienta de apoyo. <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo. • Compromiso ético. • Capacidad crítica y autocrítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla ejercicios de aplicación del método de lugar de las raíces. • Analiza sistemas a través de la técnica de lugar de las raíces.

<p>Competencias Sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos. <p>Capacidad para diseñar y gestionar proyectos.</p>	
<p align="center">Tema 5: Métodos de respuesta en la frecuencia</p>	
<p align="center">Competencias</p>	<p align="center">Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analiza mediante la frecuencia los sistemas retroalimentados en cuando a si estabilidad para poder obtener una idea de la corrección a realizar <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Habilidad para usar la computadora como herramienta de apoyo. <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo. • Compromiso ético. • Capacidad crítica y autocrítica <p>Competencias Sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos. <p>Capacidad para diseñar y gestionar proyectos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza sistemas en el dominio de la frecuencia aplicando: Gráficas de la respuesta en la frecuencia; Diagramas de Bode; Especificaciones de comportamiento en el dominio de la frecuencia; Diagrama de magnitud logarítmica y de fase.
<p align="center">Tema 6: Diseño de sistemas de control con retroalimentación</p>	
<p align="center">Competencias</p>	<p align="center">Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño de sistemas; diseño de controladores P, PI, PD y PID. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseña y sintoniza controladores del tipo: P, PI, PD y PID, para sistemas de una entrada y una salida, basados en funciones de transferencia.

<p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Habilidad para usar la computadora como herramienta de apoyo. <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo. • Compromiso ético. • Capacidad crítica y autocrítica <p>Competencias Sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos. <p>Capacidad para diseñar y gestionar proyectos.</p>	
--	--

8.Práctica(s)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Simulación matemática de sistemas eléctricos y mecánicos. 2. Obtención de respuesta transitoria de sistemas en lazo abierto y lazo cerrado. 3. Relación de respuestas en el dominio del tiempo con diagramas de Bode y localización de las raíces. 4. Simulación de implementación de un controlador PI en el modelo de un sistema físico.
--

9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que plantee el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentación: marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo. • Planeación: con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
--

- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

- La evaluación debe ser un proceso continuo, dinámico y flexible enfocado a la generación de conocimientos sobre el aprendizaje, la práctica docente y el programa en sí mismo.
- Debe realizarse una evaluación diagnóstica al inicio del semestre para partir de saberes previos, expectativas e intereses que tengan los estudiantes.
- Durante el desarrollo del curso debe llevarse a cabo una evaluación formativa que permita retroalimentar el proceso de aprendizaje y establecer las estrategias para el logro de los objetivos establecidos.
- Al finalizar el curso debe realizarse una evaluación sumativa que se vincula con aquellas acciones que se orientan a dar cuenta de productos, saberes, desempeños y actitudes que se deben considerar para la calificación.
- Se sugiere utilizar como herramienta de evaluación el portafolio de evidencias y como instrumento la lista de cotejo y la rúbrica.

11. Fuentes de información

1. Dorf, R.C., Bishop, R.H.: Modern Control Systems. Prentice Hall (Pearson) 2008
2. Franklin, G.F., Powell, J.D., Emami-Naeini, A.: Feedback Control of Dynamic Systems, 5th Edition, Prentice Hall (Pearson) 2006.
3. Ogata, K.: Model Control Engineering, 5th Edition, Prentice Hall, 2009
4. Ogata, K.: MATLAB for Control Engineers, 1st Edition, Prentice Hall, 2007
5. Kailath, T. Linear Systems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1980
6. Rugh, J. W. Linear System Theory. 2nd Ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1996.