

PROGRAMA DE ESTUDIOS

LABORATORIO DE CONTROLADORES

TECNÓLOGO EN AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA

SÉPTIMO SEMESTRE
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR



ceti
CENTRO DE ENSEÑANZA
TÉCNICA INDUSTRIAL



Laboratorio de Controladores. Programa de Estudios. Tecnólogo en Automatización y Robótica. Séptimo Semestre, fue editado por el Centro de Enseñanza Técnica Industrial de Jalisco.

MARIO DELGADO CARRILLO
Secretario de Educación Pública

TANIA RODRÍGUEZ MORA
Subsecretaria de Educación Media Superior

JUDITH CUÉLLAR ESPARZA
Directora General del Centro de Enseñanza Técnica Industrial

ÁNGEL EDUARDO ZAMORA ACEVEDO
Director Académico del Centro de Enseñanza Técnica Industrial

Segunda edición, 2025.

D. R. © CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA INDUSTRIAL. ORGANISMO PÚBLICO DESCENTRALIZADO FEDERAL.

Nueva Escocia No. 1885, Col. Providencia 5ª sección, C. P. 44638, Guadalajara, Jalisco.

Distribución gratuita.
Prohibida su venta.



ÍNDICE

06

I. IDENTIFICACIÓN DEL CURSO

07

II. UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

08

III. DESCRIPTORES DE LA ASIGNATURA

10

IV. DESARROLLO DE LA ASIGNATURA

15

V. RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS Y
OTRAS FUENTES DE CONSULTA

PRESENTACIÓN

El rediseño curricular del modelo educativo del tecnólogo, articula los tres componentes del Marco Curricular Común de la Educación Media Superior: I) El fundamental; II) El ampliado; y III) El profesional, ahora laboral, conservando este último, el enfoque basado en competencias, bajo una nueva propuesta que impulsa al CETI a mantener una estrecha vinculación con el sector productivo. El planteamiento del proceso educativo surge a partir del campo profesional, lo que permite diseñar la situación didáctica desde una problemática que pone en juego e integra las competencias del estudiantado para la transformación laboral y el aprendizaje significativo dejando a un lado, la idea del empleo.

En este sentido, la presente asignatura plantea desde su propia construcción, un proyecto integrador que va orientando el perfil de egreso y que hace explícito los conocimientos, destrezas, habilidades, actitudes y valores que las y los estudiantes aplican en los procedimientos técnicos específicos.

A lo largo de la UAC de Laboratorio de Controladores, las y los estudiantes se adentrarán en el estudio de la dinámica de los sistemas de control, comprendiendo los principios que determinan su estabilidad y la importancia de aplicar criterios de estabilidad para garantizar un funcionamiento confiable. Se abordarán las acciones de compensación en el dominio del tiempo, con el fin de que analicen cómo modificar la respuesta de un sistema mediante ajustes que mejoren su desempeño dinámico. Asimismo, se estudiarán las acciones de compensación con enfoque geométrico, explorando herramientas gráficas que permitan interpretar y diseñar soluciones de control de manera visual e intuitiva.

Integrarán sensores, actuadores y microcontroladores con sistemas de control aplicados a diferentes prototipos, con el propósito de observar de manera experimental cómo influyen los criterios y técnicas de compensación en la estabilidad y el comportamiento de un sistema. A través de prácticas y proyectos, se fomentará el análisis crítico, la creatividad y el pensamiento sistémico, preparándolos para enfrentar retos en la automatización, la robótica y la innovación tecnológica.

I. IDENTIFICACIÓN DEL CURSO

CARRERA:

TECNÓLOGO EN AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.

Modalidad	Asignatura	Clave
-----------	------------	-------

Presencial	Laboratorio de Controladores	
------------	------------------------------	--

Semestre	Academia	Línea de Formación
----------	----------	--------------------

Séptimo	Control y Robótica	Control y Robótica
---------	--------------------	--------------------

Créditos	Horas Semestre	Horas Semanales
----------	----------------	-----------------

7.2	72	4
-----	----	---

Horas Teoría	Horas Práctica
--------------	----------------

2	2
---	---

Fecha de elaboración	Fecha de última actualización
----------------------	-------------------------------

Junio 2025	Agosto 2025
------------	-------------

II. UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

ÁMBITOS DE TRANSVERSALIDAD

Relación con asignaturas respecto a Marco Curricular Común de Educación Media Superior (MCCEMS).

Asignaturas vinculadas / Séptimo semestre

CURRÍCULUM FUNDAMENTAL	Inglés VII.	Les permite desarrollar habilidades de comunicación en inglés técnico, esenciales para la comprensión de libros especializados en la teoría de control.
---------------------------	-------------	---

Asignatura previa / Sexto semestre

CURRÍCULUM LABORAL	Teoría de Control.	-Reconoció el formalismo matemático para el análisis e interpretación de los sistemas de control. -Aplicó conceptos de modelado, análisis y síntesis para la modificación del comportamiento dinámico de los sistemas.
-----------------------	--------------------	--

Asignatura posterior / Octavo semestre

CURRÍCULUM LABORAL	-Les permite verificar de forma práctica los fundamentos necesarios para la modificación del comportamiento dinámico de los sistemas. -Obtiene las bases del análisis de estabilidad y diseño de compensadores para su desarrollo y aplicación en la clase de Control de Procesos.	Control de Procesos.
-----------------------	--	----------------------

III. DESCRIPTORES DE LA ASIGNATURA

1. META DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Evalúa la estabilidad y características dinámicas de los sistemas mediante el pensamiento lógico-matemático para diseñar elementos compensadores que mejoren su desempeño.

2. COMPETENCIAS LABORALES DE LA ASIGNATURA

- Comprende los enfoques de estabilidad para identificar características del comportamiento de los sistemas en su entorno específico, aplicando un enfoque lógico-matemático formal y pensamiento crítico.
- Analiza las propiedades de estabilidad de los sistemas para la interpretación de su comportamiento físico en el contexto del control automático, mediante técnicas algebraicas y geométricas con precisión y rigor metodológico.
- Implementa algoritmos de programación para compensar sistemas dinámicos en entornos de control automático, aplicando enfoques geométricos con creatividad y rigor técnico.
- Implementa algoritmos de programación para compensar sistemas dinámicos en entornos de control automático, mediante enfoques de frecuencia con adaptabilidad y rigor técnico.

3. PRODUCTO INTEGRADOR

- Puente de motores de DC compensado.
- Reporte técnico del producto integrador.



3.1 Descripción del Producto Integrador

- Construye un arreglo de múltiples (mínimo 2, máximo 4) motores de corriente directa.
- Los motores deben ir acompañados de un compensador integrado en una tarjeta de desarrollo (Arduino, *raspberry*, etc.)
- El compensador debe calcular la velocidad de cada motor, y adaptar la alimentación de forma que, al cerrar el lazo del sistema, cada motor desarrollará una velocidad constante y simétrica con respecto a los demás motores.
- Deberá programar un algoritmo de compensación dentro de la tarjeta de desarrollo para poder medir, calcular, interpretar y modificar la velocidad de los motores.
- Es requisito acompañar al producto integrador de un reporte escrito donde se detalle el desarrollo de este, así como los resultados obtenidos.

3.2 Formato de entrega

- Prototipo funcional físico.
- Reporte en formato digital.

IV. DESARROLLO DE LA ASIGNATURA

UNIDAD 1. CRITERIOS DE ESTABILIDAD.

Procesos	Contenidos	Recursos	Productos	Evaluación e instrumentos de evaluación
Define la estabilidad usando los diferentes enfoques teóricos existentes para la comprensión del comportamiento de los sistemas.	-Introducción a la estabilidad. -Formalismo de Lyapunov de estabilidad. -Estabilidad en términos del sistema. -Estabilidad en términos de la relación salida/ entrada.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y Simulink. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	Entregable: Diagrama de flujo del funcionamiento empírico de un sistema (de su entorno) y texto descriptivo de su funcionamiento.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Claridad del ejemplo. -Claridad de la representación. -Pertinencia e interpretación de los conceptos de estabilidad. -Creatividad del ejemplo. -Corrección del documento.
Comprende el formalismo del estado estable a partir de su análisis y simulación, para distinguir el régimen de trabajo de los sistemas físicos.	-Definición del estado transitorio y estado estable. -Determinación del estado estable. -Teorema del valor final. -Teorema del valor inicial.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y Simulink. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	Entregable: Ejercicios resueltos sobre determinación y simulación del estado estable.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Complejidad del procedimiento. -Corrección de resultados. -Corrección del documento.
Opera la técnica de análisis de estabilidad mediante los polos del sistema para la determinación del estado estable.	-Determinación práctica de polos y ceros del sistema. -Técnicas de construcción numérica de la respuesta en el tiempo. -Identificación de tipos de respuestas por tipos de polos. -Relación de estabilidad y teorema del valor final.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y Simulink. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	-Entregable: Aplicación de MatLab (<i>script</i>) que, mediante datos proporcionados por un usuario, determina los polos y la respuesta en el tiempo de un sistema (el usuario entrega como datos los coeficientes que componen al modelo)	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Funcionalidad de aplicación. -Documentación. -Legibilidad de código. -Claridad de reporte. -Documentación de desarrollo. -Corrección de desarrollo. -Corrección del documento.

Procesos	Contenidos	Recursos	Productos	Evaluación e instrumentos de evaluación
			del sistema analizado). -Reporte de desarrollo, como documento digital. Desarrollará un reporte técnico donde documente las etapas de desarrollo, pruebas y resultado final de su aplicación.	
Opera la técnica de análisis de estabilidad usando el teorema de Ruth para evitar el cálculo exhaustivo de polos del sistema.	-Teorema de Ruth. -Estructura y construcción de tablas de Ruth. -Casos especiales de tablas de Ruth. -Criterio de Ruth-Hurwitz.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y Simulink. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	-Entregable: Aplicación de MatLab (<i>script</i>) que, mediante datos proporcionados por un usuario, determina el rango de ganancia que mantiene estable a un sistema (el usuario entrega como datos los coeficientes que componen al modelo del sistema analizado). -Reporte de desarrollo, como documento digital. - Desarrollará un reporte técnico donde documente las etapas de desarrollo, pruebas y resultado final de su aplicación.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Funcionalidad de aplicación. -Documentación. -Legibilidad de código. -Claridad de reporte. -Documentación de desarrollo. -Corrección de desarrollo. -Corrección del documento.

Procesos	Contenidos	Recursos	Productos	Evaluación e instrumentos de evaluación
Opera la técnica de análisis de estabilidad, utilizando el trazado e interpretación del lugar geométrico de las raíces para la interpretación del comportamiento dinámico de los sistemas.	-Definición del Lugar Geométrico de las Raíces (LGR). -Técnicas básicas para trazado del LGR. -Técnicas avanzadas para trazado del LGR. -Simulación e interpretación del LGR.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y <i>Simulink</i> -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	Entregable: Ejercicios resueltos sobre trazado y simulación del LGR.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Complejidad del procedimiento. -Corrección de resultados. -Corrección del documento. -Calidad de trazado. -Corrección de la simulación.
Opera la técnica de análisis de estabilidad, utilizando el trazado e interpretación de las trazas de Bode para el análisis de la respuesta en frecuencia de los sistemas.	-Definición de la respuesta en frecuencia. -Definición de las trazas de Bode. -Técnicas para determinación de trazas de Bode. -Criterio de estabilidad de la respuesta en frecuencia. -Simulación e interpretación de trazas de Bode.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y <i>Simulink</i>. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	Entregable: Ejercicios resueltos sobre trazado y simulación de trazas de Bode.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Complejidad del procedimiento. -Corrección de resultados. -Corrección del documento. -Calidad de trazado. -Corrección de la simulación.

PP 1. Portafolio de prácticas y actividades del primer parcial.

UNIDAD 2. ACCIONES DE COMPENSACIÓN DE DOMINIO DE TIEMPO.

Procesos	Contenidos	Recursos	Productos	Evaluación e instrumentos de evaluación
Reconoce el concepto de compensador mediante su ecuación dinámica, a fin de definir los requisitos de control de los sistemas.	-Concepto de compensador. -Tipos de compensación de dominio de tiempo. -Análisis e implementación de compensación <i>ON-OFF</i>.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y <i>Simulink</i>. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	Entregable: Prototipo físico de movimiento (balancín), compensado a partir de la integración de un algoritmo <i>ON-OFF</i> para sus actuadores. Reporte de desarrollo, prueba y resultados de prototipo, como documento digital.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Funcionalidad de prototipo. -Funcionalidad del compensador. -Grado de integración. -Corrección de implementación. -Claridad de reporte. -Documentación de desarrollo. -Corrección de desarrollo. -Corrección del documento.

Procesos	Contenidos	Recursos	Productos	Evaluación e instrumentos de evaluación
Implementa compensadores P, PI y PID, mediante el algoritmo de Ruth-Hurwitz, para la mejora del desempeño de los sistemas.	-Compensación P y reducción del error. -Compensación I y su relación con el estado estable. -Compensación D y su relación con el estado transitorio. -Análisis e implementación de compensador PI. -Análisis e implementación de compensador PID.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y Simulink. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	-Entregable: Ejercicios resueltos donde determina el rango de estabilidad, la expresión de error y la ganancia proporcional que minimiza el error en estado estable de diferentes sistemas. -Entregable: Prototipo físico de movimiento (balancín), compensado a partir de la integración de un algoritmo PI y PID para sus actuadores. -Reporte de desarrollo, pruebas y resultado, como documento digital.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Complejidad del procedimiento. -Corrección de resultados. -Corrección del documento. -Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Funcionalidad de prototipo. -Funcionalidad del compensador. -Grado de integración. -Corrección de implementación. -Claridad de reporte. -Documentación de desarrollo. -Corrección de desarrollo. -Corrección del documento.
Opera los criterios de calibración más utilizados en la industria, a partir de las reglas de Ziegler-Nichols, para la formulación de compensación PID.	-Reglas de Ziegler-Nichols. -Segundo método de Ziegler-Nichols. -Primer método de Ziegler-Nichols. -Diseño de compensadores PID asistidos por computadora.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y Simulink. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	-Método de Ziegler-Nichols. -Entregable: Reporte de análisis y síntesis de un caso de estudio de compensación PID.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Complejidad del procedimiento. -Corrección de resultados. -Corrección del documento. -Corrección de desempeño. -Pertinencia de simulaciones. -Pertinencia de comparativa.

PP 2. Portafolio de prácticas y actividades del segundo parcial.

UNIDAD 3. ACCIONES DE COMPENSACIÓN DE ENFOQUE GEOMÉTRICO.

Procesos	Contenidos	Recursos	Productos	Evaluación e instrumentos de evaluación
Implementa compensadores de diseño de adelanto, utilizando el lugar geométrico de las raíces para mejorar el comportamiento transitorio de los sistemas.	-Tipos de sistemas. -Constantes de error estático. -Polos dominantes. -Compensador de adelanto. -Desempeño del régimen transitorio.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y Simulink. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	-Compensación de adelanto. -Entregable: Reporte de análisis y síntesis de un caso de estudio de compensación de adelanto.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Complejidad del procedimiento. -Corrección de resultados. -Corrección del documento. -Corrección de desempeño. -Pertinencia de simulaciones. -Pertinencia de comparativa.
Implementa compensadores de diseño de atraso, utilizando el lugar geométrico de las raíces, para mejorar el comportamiento de estado estable de los sistemas.	-Compensador de atraso. -Desempeño del régimen de estado estable.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y Simulink. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	-Compensación de atraso. -Entregable: Reporte de análisis y síntesis de un caso de estudio de compensación de atraso.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Complejidad del procedimiento. -Corrección de resultados. -Corrección del documento. -Corrección de desempeño. -Pertinencia de simulaciones. -Pertinencia de comparativa.
Implementa compensadores de diseño de adelanto-atraso, utilizando el lugar geométrico de las raíces, para mejorar el comportamiento global de los sistemas.	-Compensador de adelanto-atraso. -Compensación por cancelación de polos. -Diseño asistido por computadora.	-Material audiovisual y multimedia. -Internet (multimedia, blogs, plataformas, etc.) -Presentaciones digitales. -Software MatLab y Simulink. -Pintarrón. -Proyector. -Bibliografía.	-Compensación de adelanto-atraso. -Entregable: Reporte de análisis y síntesis de un caso de estudio de compensación de adelanto-atraso.	-Rúbrica que evalúe el cubrimiento porcentual de los siguientes aspectos: -Complejidad del procedimiento. -Corrección de resultados. -Corrección del documento. -Corrección de desempeño. -Pertinencia de simulaciones. -Pertinencia de comparativa.

PP 3. Portafolio de prácticas y actividades del tercer parcial.

PF. Puente de motores de DC compensado.

V. RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS Y OTRAS FUENTES DE CONSULTA DE LA ASIGNATURA

Recursos Básicos

- Kuo, B. C. (1996). *Sistemas de Control Automático*. Pearson Educación.
- Ogata, K. (2003). *Ingeniería de Control Moderna*. Pearson Educación.

Recursos Complementarios

- <https://matlabacademy.mathworks.com/>
- <https://es.khanacademy.org/>
- Spivak, M. (1988). *Cálculo Infinitesimal*. Reverté.
- 1. Guía para la Construcción de Programas de Estudio, Versión 3.0, CETI Colomos.
- 2. Progresiones de aprendizaje del recurso sociocognitivo Pensamiento Matemático.
- 3. Progresiones de aprendizaje del recurso sociocognitivo Ciencias Naturales Experimentales y Tecnología.

Fuentes de Consulta Utilizadas

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (30 de septiembre de 2019). Ley General de Educación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGE.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. (20 de septiembre de 2023). Acuerdo secretarial 17/08/22 y 09/08/23. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5699835&fecha=25/08/2023
- Gobierno de México. (7 de septiembre de 2023). Propuesta del Marco Curricular Común de la Educación Media Superior. <https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/propuestaMCCEMS>

AGRADECIMIENTOS

El Centro de Enseñanza Técnica Industrial, agradece al cuerpo docente por su participación en el diseño curricular:

Alfonso Pérez González.

Miguel Flores Zepeda.

José Manuel Gómez Ávila.

Luis Antonio Yáñez Martínez.

Equipo Técnico Pedagógico:

Miguel Ángel Romo Martínez.

Cynthia Isabel Zatarain Bastidas.

Ciara Hurtado Arellano.

Rodolfo Alberto Sánchez Ramos.

Janeth Poleth Álvarez Duarte.

Raquel Abigail Díaz Díaz.



Laboratorio de Controladores.
Programa de Estudios
Tecnólogo en Automatización y Robótica
Séptimo Semestre



Gobierno de
México

