

Programa del curso EE-0704

## **Control automático**

Escuela de Ingeniería Electromecánica  
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1. Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Control automático
<b>Código:</b>	EE-0704
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico
<b>Obligatorio o electivo:</b>	Obligatorio
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	5
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	Curso de 8 <sup>vo</sup> semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
<b>Requisitos:</b>	EE-0504 Modelado y simulación de sistemas; EE-0503 Sistemas analógicos.
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	EE-0804 Control por eventos discretos; EE-0705 Microcontroladores.
<b>Asistencia:</b>	Libre
<b>Suficiencia:</b>	Sí
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Aprobación y actualización del programa:</b>	01/01/2026 en sesión de Consejo de Escuela 01-2026

## 2. Descripción general

El curso de *Control automático* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: diseñar e implementar sistemas de control y automatización en sistemas electromecánicos integrando modelado y simulación.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender el concepto de sistema de control, el de lazo de control realimentado y definir la función de sus componentes; analizar el control por realimentación frente al control en bucle abierto y las acciones básicas de control por realimentación; aplicar métodos en el dominio de la frecuencia de análisis y síntesis de controladores de sistemas realimentados; y sintonizar sistemas de control discretos en autómatas programables.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Ecuaciones diferenciales, y Modelado y simulación de sistemas.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Microcontroladores, Robótica, y Automatización y digitalización industrial.

## 3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

### Objetivo general

- Diseñar e implementar sistemas de control automático en sistemas electromecánicos integrando modelado y simulación.

### Objetivos específicos

- Comprender el concepto de sistema de control, el de lazo de control realimentado y definir la función de sus componentes.
- Analizar el control por realimentación frente al control en bucle abierto y las acciones básicas de control por realimentación.
- Aplicar métodos en el dominio de la frecuencia de análisis y síntesis de controladores de sistemas realimentados.
- Sintonizar sistemas de control discretos en autómatas programables.

## 4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a los sistemas de control
  - 1.1. Conceptos básicos: Lazo abierto, Lazo cerrado, Realimentación, Estabilidad
  - 1.2. Objetivos: Análisis de sistemas y Diseño de controladores
  - 1.3. Ejemplos de sistemas de control
  - 1.4. Definición de dominios de frecuencia y tiempo
2. Análisis de sistemas en el dominio temporal
  - 2.1. Entradas del sistema
  - 2.2. Sistemas de primer orden

- 2.3. Sistemas de segundo orden
- 2.4. Sistemas de orden superior
- 2.5. Tipo de sistemas
- 2.6. Estabilidad
- 2.7. Diseño de controladores en el dominio temporal
- 2.8. Diseño de controladores mediante el lugar de raíces
- 2.9. Compensación de adelanto
- 2.10. Compensación de retraso
- 2.11. Compensación de retraso-adelanto
- 3. Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia
  - 3.1. Representación de Funciones de Transferencia en el Dominio de la frecuencia
  - 3.2. Diagrama de Bode
  - 3.3. Diagrama Polar
  - 3.4. Lugar de las raíces.
  - 3.5. Criterio de Estabilidad de Nyquist
  - 3.6. Estabilidad Relativa: márgenes de fase y de ganancia
  - 3.7. Especificaciones en frecuencia de los sistemas: ancho de banda, resonancia
  - 3.8. Sistemas de segundo orden. Relación respuesta temporal y en frecuencia
  - 3.9. Respuesta en frecuencia en Lazo Cerrado. Diagrama de Nichols
  - 3.10. Determinación Experimental de Funciones de Transferencia: método, casos especiales, consideraciones prácticas
- 4. El controlador PID
  - 4.1. Estructura del controlador: Elementos básicos, propiedades y diferentes representaciones
  - 4.2. Controlador Proporcional, definición, usos y propiedades
  - 4.3. Controlador Integral, definición, usos y propiedades
  - 4.4. Controlador Derivativo, definición, usos y propiedades
  - 4.5. Controladores PI, PD, PID, definición, usos y propiedades
  - 4.6. Implementación Digital
  - 4.7. Forma incremental
  - 4.8. Errores de cuantización
  - 4.9. Utilización del PID
  - 4.10. PIDs comerciales

- 4.11. Métodos de sintonía experimentales y analíticos
- 5. Análisis y diseño de sistemas de control en el espacio de estados
  - 5.1. Representación en espacio de estado
  - 5.2. Transformación de modelos
  - 5.3. Controlabilidad y Observabilidad
  - 5.4. Diseño de controladores en espacio de estados
  - 5.5. Diseño de servo sistemas en espacio de estados
  - 5.6. Observadores de estado
  - 5.7. Diseño de reguladores y controladores con observadores
- 6. Implementación real de los sistemas de control
  - 6.1. Control Analógico: circuitos electrónicos de control, filtrado analógico de ruido
  - 6.2. Transformada z
  - 6.3. Control Digital: estructura, discretización del controlador, periodo de muestreo, aliasing, filtrado digital del ruido
  - 6.4. Diseño de sistemas de control en tiempo discreto con métodos convencionales

## II parte: Aspectos operativos

**5. Metodología** En este curso, se utilizará el enfoque sistémico-complejo para la ejecución de las sesiones magistrales y se integrará la investigación práctica aplicada para las asignaciones extraclase. Esta última se implementará mediante técnicas como el estudio de casos, el aprendizaje basado en proyectos, el modelado y la simulación.

**Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:**

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre conceptos de control automático.
- Desarrollarán sistemas de control automático en tiempo continuo o discreto

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante diseñar e implementar sistemas de control automático en sistemas electromecánicos integrando modelado y simulación

Si un estudiante requiere apoyos educativos, podrá solicitarlos a través del Departamento de Orientación y Psicología.

## 6. Evaluación

La evaluación se distribuye en los siguientes rubros:

- Pruebas parciales: evaluaciones formales que miden el nivel de comprensión y aplicación de los conceptos clave del curso. Generalmente cubren una parte significativa del contenido visto hasta la fecha y pueden incluir problemas teóricos y prácticos.
- Pruebas cortas: evaluaciones breves y frecuentes que sirven para comprobar el dominio de temas específicos. Suelen ser de menor peso en la calificación final y permiten reforzar el aprendizaje continuo.
- Act. aprendizaje activo: actividad diseñada para que los estudiantes se involucren de manera directa y práctica en la construcción de su conocimiento, a través de la resolución de problemas, la discusión y la aplicación de conceptos teóricos en contextos reales o simulados.

Pruebas parciales (2)	60 %
Pruebas cortas (5)	25 %
Act. aprendizaje activo (4)	15 %
Total	100 %

De conformidad con el artículo 78 del Reglamento del Régimen Enseñanza-Aprendizaje del Instituto Tecnológico de Costa Rica y sus Reformas, en este curso la persona estudiante tiene derecho a presentar un examen de reposición si su nota luego de redondeo es 60 o 65.

## 7. Bibliografía

- [1] N. S. Nise, *Control Systems Engineering*, 7th. John Wiley & Sons Inc., 2015.
- [2] K. Ogata, *Modern Control Engineering*. Prentice Hall, 2010.
- [3] K. Ogata, *Sistemas de control en tiempo discreto*, 2nd. Pearson Educación, 2002.
- [4] F. Golnaraghi y B. Kuo, *Automatic Control Systems*, 9th. John Wiley & Sons, 2009.
- [5] J. Wilkie, M. Johnson y K. Reza, *Control Engineering: An introductory course*. Springer, 2002.

## 8. Persona docente

El curso será impartido por:

**Dr.-Ing. Luis Diego Murillo Soto**

Máster en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica

Máster en computación. Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Técnico en Electrónica. COVAO

Correo: [lmurillo@itcr.ac.cr](mailto:lmurillo@itcr.ac.cr) Teléfono: 25509347

Oficina: 7 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago