

Programa del curso EE-8901

Modelado numérico y simulación computacional

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Modelado numérico y simulación computacional
Código:	EE-8901
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclase por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 9 ^{no} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos
Requisitos:	EE-0707 Sistemas térmicos; EE-8104 Ingeniería de sistemas
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos:</i> EE-9001 Taller de integración de sistemas
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	Sí
Aprobación y actualización del programa:	01/01/2026 en sesión de Consejo de Escuela 01-2026

2. Descripción general

El curso de *Modelado numérico y simulación computacional* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: modelar y simular sistemas ciberfísicos con herramientas computacionales.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales aplicadas a sistemas electromecánicos; diseñar simulaciones numéricas considerando condiciones iniciales y de frontera apropiadas; evaluar resultados de simulaciones mediante estudios de caso específicos; y validar modelos numéricos a través de comparaciones con soluciones analíticas o experimentales.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Ciencia de los materiales, Transferencia de calor, y Mecánica de fluidos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Taller de integración de sistemas.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar métodos numéricos avanzados para el modelado y simulación computacional de sistemas electromecánicos complejos.

Objetivos específicos

- Analizar ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales aplicadas a sistemas electromecánicos.
- Diseñar simulaciones numéricas considerando condiciones iniciales y de frontera apropiadas.
- Evaluar resultados de simulaciones mediante estudios de caso específicos.
- Validar modelos numéricos a través de comparaciones con soluciones analíticas o experimentales.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción al modelado computacional
 - 1.1. Rol del modelado en la ingeniería
 - 1.2. Tipos de modelos: algebraicos, diferenciales, empíricos
 - 1.3. Relación con el curso de Métodos Numéricos: repaso breve de discretización, errores, estabilidad
2. Modelado con ecuaciones diferenciales ordinarias (ODEs)
 - 2.1. Modelos dinámicos de primer y segundo orden
 - 2.2. Sistemas acoplados de ODEs
 - 2.3. Condiciones iniciales y resolución numérica en el dominio temporal
 - 2.4. Estudio de la estabilidad de soluciones y sensibilidad a parámetros

3. Introducción a ecuaciones en derivadas parciales (PDEs)
 - 3.1. Clasificación de PDEs: elípticas, parabólicas, hiperbólicas
 - 3.2. Aplicaciones típicas: transferencia de calor, vibraciones, difusiones
 - 3.3. Condiciones de frontera: Dirichlet, Neumann, mixtas
 - 3.4. Formulación del problema físico completo
4. Simulación numérica por elementos y volúmenes discretos
 - 4.1. Concepto de malla y discretización espacial
 - 4.2. Análisis de convergencia y refinamiento
 - 4.3. Simulación de fenómenos acoplados: térmico-mecánico, fluido-estructura
 - 4.4. Interpretación de resultados y validación contra modelos teóricos o experimentales
5. Casos de estudio
 - 5.1. Microbombas y microfluidos: modelado de flujos en microcanales
 - 5.2. Simulación del calentamiento en sistemas electrónicos embebidos
 - 5.3. Dinámica de fluidos y transferencia de calor en sistemas de refrigeración
 - 5.4. Modelado termomecánico de transformadores eléctricos

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre conceptos de modelado numérico y simulación computacional
- Desarrollarán prácticas en laboratorio implementando métodos numéricos específicos para resolver ODEs y PDEs aplicados a problemas reales.
- Analizarán estudios de caso específicos que integran aspectos térmicos, mecánicos y eléctricos.
- Compararán resultados numéricos con soluciones analíticas o datos experimentales para validar modelos desarrollados.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar métodos numéricos avanzados para el modelado y simulación computacional de sistemas electromecánicos complejos

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] S. C. Chapra y R. P. Canale, *Métodos numéricos para ingenieros*, 7.^a ed. México: McGraw-Hill Education, 2014, ISBN: 9786071509642.
- [2] O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor y J. Z. Zhu, *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*, 6.^a ed. Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005, ISBN: 9780750664318.
- [3] A. Quarteroni, *Numerical Models for Differential Problems*. Springer, 2007, ISBN: 9788847003932.
- [4] R. W. Pryor, *Multiphysics Modeling Using COMSOL: A First Principles Approach*. Jones & Bartlett Learning, 2012, ISBN: 9781449604452.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

M.Sc. Luis Felipe Córdoba Ramírez
Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad de Utah, Estados Unidos

Correo: lfcordova@itcr.ac.cr Teléfono: 25509347

Oficina: 22 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Frank Marín Guillén
Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

**Maestría en Ingeniería en Microsistemas, Albert-Ludwings Universitat Freiburg,
Alemania**

Correo: fmarin@itcr.ac.cr *Teléfono:* 25509380

Oficina: 31 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago