TEC | Tecnológico de Costa Rica

Programa del curso EE-9302

Desarrollo de software para aplicaciones críticas

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

TEC | Tecnológico de Costa Rica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Desarrollo de software para aplicaciones críticas
Código:	EE-9302
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Electivo
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclase por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso electivo en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos
Requisitos:	EE-8808 Fundamentos de ciberseguridad
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Posibilidad de reconocimiento:	Sí
Aprobación y actualización del programa:	01/01/2026 en sesión de Consejo de Escuela 01-2026

TEC | Tecnológico de Costa Rica

2. Descripción general

El curso de *Desarrollo de software para aplicaciones críticas* es del tipo electivo y por esta razón no se incluye en los rasgos del plan de estudios.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: diseñar soluciones de software robustas aplicando estrategias de programación defensiva y tolerancia a fallos; implementar módulos funcionales utilizando herramientas y plataformas embebidas con soporte en tiempo real; verificar el comportamiento del software mediante pruebas automatizadas, análisis estático y simulación; y evaluar el cumplimiento de normas y estándares internacionales relevantes según el dominio de aplicació.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Microcontroladores, Aplicaciones de sistemas embebidos, y Automatización y digitalización industrial.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar software confiable para aplicaciones críticas, incorporando principios de diseño seguro, verificación rigurosa y cumplimiento normativo en entornos embebidos y ciberfísicos.

Objetivos específicos

- Diseñar soluciones de software robustas aplicando estrategias de programación defensiva y tolerancia a fallos.
- Implementar módulos funcionales utilizando herramientas y plataformas embebidas con soporte en tiempo real.
- Verificar el comportamiento del software mediante pruebas automatizadas, análisis estático y simulación.
- Evaluar el cumplimiento de normas y estándares internacionales relevantes según el dominio de aplicació.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a sistemas software críticos
    1.1. Clasificación de aplicaciones críticas
    1.2. Ciclo de vida del software en sistemas embebidos
2. Modelado y especificación de requisitos
    2.1. Requisitos funcionales y no funcionales
    2.2. Lenguajes de especificación formal
3. Arquitecturas y diseño seguro
    3.1. Principios de modularidad, aislamiento y redundancia
    3.2. Patrones de diseño seguros
4. Programación robusta

- 4.1. Técnicas de programación defensiva
- 4.2. Control de errores y fallos

5. Sistemas operativos en tiempo real (RTOS)
   - 5.1. Planificación, sincronización y manejo de recursos
   - 5.2. Implementación de tareas periódicas y esporádicas
6. Verificación, validación y pruebas
   - 6.1. Pruebas unitarias, de integración y de sistema
   - 6.2. Pruebas en hardware-in-the-loop (HIL)
   - 6.3. Cobertura de código y análisis estático
7. Normativas y certificación
   - 7.1. ISO 26262 (automotriz)
   - 7.2. DO-178C (aeroespacial)
   - 7.3. IEC 61508 (industrial)
8. Ciclo de certificación y documentación
   - 8.1. Casos de estudio
9. Sistemas de control de vuelo (autopilotos, gestión de potencia)
10. Sistemas médicos embebidos (bombas de infusión, marcapasos)
11. Sistemas automotrices seguros (ADAS, frenos ABS)
12. Automatización industrial con redundancia y diagnóstico
13. Análisis de fallas y mitigación: estudio de fallos históricos (Therac-25, Ariane 5, Toyota)

TEC | Tecnológico de Costa Rica

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 desarrollo de software para aplicaciones críticas
- Desarrollarán ejercicios prácticos en laboratorio utilizando RTOS y plataformas embebidas.
- Aplicarán técnicas de diseño robusto, programación defensiva y control de fallos.
- Analizarán casos de estudio reales para identificar riesgos, fallos y estrategias de mitigación.
- Evaluarán el cumplimiento de estándares internacionales.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar software confiable para aplicaciones críticas, incorporando principios de diseño seguro, verificación rigurosa y cumplimiento normativo en entornos embebidos y ciberfísicos

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 %

TEC | Tecnológico de Costa Rica

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] P. A. Laplante, *Real-Time Systems Design and Analysis*, 4th. Wiley, 2011, ISBN: 9780470768648.

[2] N. Storey, *Safety-Critical Computer Systems*. Addison-Wesley, 1996, ISBN: 9780201178199.

[3] M. Wolf, *Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design*, 3rd. Morgan Kaufmann, 2012, ISBN: 9780123884367.

[4] International Organization for Standardization, *ISO 26262: Road vehicles – Functional safety*, Available at `https://www.iso.org/standard/68383.html`, 2018.

[5] RTCA, Inc. and EUROCAE, *DO-178C: Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification*, Available at `https://www.rtca.org`, 2011.

[6] International Electrotechnical Commission, *IEC 61508: Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*, Available at `https://webstore.iec.ch/publication/22273`, 2010.

8. Persona docente

El curso será impartido por: