

Programa del curso EE-7003

Control automático de vuelo

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

| | |
|---|---|
| Nombre del curso: | Control automático de vuelo |
| Código: | EE-7003 |
| 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 10 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica |
| Requisitos: | EE-6902 Aerodinámica; EE-6903 Dinámica de vuelo |
| 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 |

2. Descripción general

El curso de *Control automático de vuelo* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: desarrollar sistemas de control automático de vuelo, aplicando conocimientos en aviónica y dinámica de vuelo.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: diseñar sistemas de control para diferentes tipos de UAVs (unmanned aerial vehicles) utilizando software especializado; implementar y probar sistemas de control en plataformas de hardware reales; aplicar conceptos de aeronavegabilidad y normativas en el diseño de sistemas de control; e integrar sistemas GPS y de comunicación en UAVs para mejorar la navegación y coordinación.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Aerodinámica, Dinámica de vuelo, Control automático, Sistemas de la aeronave, y Aviónica.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar sistemas de control de vuelo para vehículos aéreos no tripulados, aplicando conocimientos teóricos y prácticos, con un enfoque especial en la planificación de rutas, navegación y control autónomo.

Objetivos específicos

- Diseñar sistemas de control para diferentes tipos de UAVs (unmanned aerial vehicles) utilizando software especializado.
- Implementar y probar sistemas de control en plataformas de hardware reales.
- Aplicar conceptos de aeronavegabilidad y normativas en el diseño de sistemas de control.
- Integrar sistemas GPS y de comunicación en UAVs para mejorar la navegación y coordinación.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción al control automático de vuelo
 - 1.1. Historia y evolución del control automático de vuelo
 - 1.2. Conceptos básicos y terminología
 - 1.3. Familiarización con el entorno de simulación (MATLAB/Simulink)
2. Modelado dinámico de aeronaves
 - 2.1. Ecuaciones de movimiento
 - 2.2. Modelado de sistemas lineales y no lineales
 - 2.3. Implementación de modelos dinámicos básicos en simulación
3. Análisis de estabilidad y control
 - 3.1. Estabilidad estática y dinámica
 - 3.2. Análisis de modos de movimiento (longitudinal y lateral-direccional)

- 3.3. Simulación de respuestas a perturbaciones
- 4. Diseño de controladores automáticos
 - 4.1. Controladores PID
 - 4.2. Control con LQR (Regulador Cuadrático Lineal)
 - 4.3. Conceptos de control robusto
 - 4.4. Introducción al control no lineal
 - 4.5. Principios del control adaptativo
- 5. Control de trayectoria
 - 5.1. Principios del control de trayectoria
 - 5.2. Algoritmos de seguimiento de trayectorias
 - 5.3. Simulación de trayectorias de vuelo
- 6. Planificación de Trayectorias
 - 6.1. Métodos de planificación de trayectorias
 - 6.2. Optimización de rutas y evitación de obstáculos
 - 6.3. Implementación de algoritmos de planificación de trayectorias
- 7. Aeronavegabilidad y normativas
 - 7.1. Conceptos de aeronavegabilidad
 - 7.2. Normativas y regulaciones para UAVs
 - 7.3. Análisis de casos de estudio y cumplimiento normativo
- 8. Sistemas GPS y Navegación
 - 8.1. Teoría de sistemas GPS y navegación
 - 8.2. Principios de funcionamiento del GPS
 - 8.3. Integración de sistemas GPS en UAVs
 - 8.4. Implementación de navegación basada en GPS
- 9. Comunicación entre UAVs y aviones
 - 9.1. Protocolos de comunicación y enlace de datos
 - 9.2. Coordinación y control de múltiples UAVs
 - 9.3. Simulación de comunicación y coordinación entre UAVs
- 10. Pruebas y Validación
 - 10.1. Métodos de prueba y validación de sistemas de control
 - 10.2. Análisis de datos y evaluación de desempeño
 - 10.3. Realización de pruebas experimentales

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 control automático de vuelo
- Diseñaran y simularán sistemas de control automático de vuelo.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar sistemas de control de vuelo para vehículos aéreos no tripulados, aplicando conocimientos teóricos y prácticos, con un enfoque especial en la planificación de rutas, navegación y control autónomo

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] B. L. Stevens y F. L. Lewis, *Aircraft Control and Simulation*. John Wiley & Sons, 2003.
[2] R. C. Nelson, *Flight Stability and Automatic Control*. McGraw-Hill, 1998.

- [3] R. W. Beard y T. W. McLain, *Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice*. Princeton University Press, 2012.
- [4] M. J. Sidi, *Spacecraft Dynamics and Control: A Practical Engineering Approach*. Cambridge University Press, 1997.
- [5] R. F. Stengel, *Flight Dynamics*. Princeton University Press, 2004.
- [6] M. V. Cook, *Flight Dynamics Principles: A Linear Systems Approach to Aircraft Stability and Control*. Butterworth-Heinemann, 2012.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Lic. Joshua Guzmán Conejo
Bachillerato en Enseñanza de Electromecánica, Universidad Técnica Nacional,
Costa Rica

Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Correo: joguzman@itcr.ac.cr Teléfono: 25509336

Oficina: 25 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago