

Programa del curso EE-6903

## **Dinámica 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

<b>Nombre del curso:</b>	Dinámica de vuelo
<b>Código:</b>	EE-6903
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico - Práctico
<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 9 <sup>no</sup> semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
<b>Requisitos:</b>	Ninguno
<b>Correquisitos:</b>	EE-6902 Aerodinámica
<b>El curso es requisito de:</b>	<i>Énfasis en Aeronáutica:</i> EE-7003 Control automático de vuelo; EE-6906 Análisis mecánico de estructuras de la aeronave
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	No
<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 *Dinámica 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: comprender los sistemas de referencia y los ángulos de Euler para describir con precisión la actitud de la aeronave y su comportamiento en el espacio tridimensional; analizar las condiciones de equilibrio y estabilidad estática (longitudinal, lateral y direccional) mediante el estudio del trimado y las fuerzas aerodinámicas actuantes en la aeronave; resolver problemas que involucren ecuaciones de movimiento de aeronaves rígidas, tanto en su forma completa como en versiones linealizadas y de orden reducido, aplicando métodos como funciones de transferencia y representación en espacio de estados; y evaluar la dinámica longitudinal, lateral y direccional de la aeronave, identificando modos de respuesta, cualidades de vuelo y características de maniobrabilidad bajo diversas condiciones de operación.

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

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Control automático de vuelo.

## 3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

### Objetivo general

- Analizar los principios fundamentales de la dinámica de vuelo y su aplicación en el diseño y control de aeronaves.

### Objetivos específicos

- Comprender los sistemas de referencia y los ángulos de Euler para describir con precisión la actitud de la aeronave y su comportamiento en el espacio tridimensional.
- Analizar las condiciones de equilibrio y estabilidad estática (longitudinal, lateral y direccional) mediante el estudio del trimado y las fuerzas aerodinámicas actuantes en la aeronave.
- Resolver problemas que involucren ecuaciones de movimiento de aeronaves rígidas, tanto en su forma completa como en versiones linealizadas y de orden reducido, aplicando métodos como funciones de transferencia y representación en espacio de estados.
- Evaluar la dinámica longitudinal, lateral y direccional de la aeronave, identificando modos de respuesta, cualidades de vuelo y características de maniobrabilidad bajo diversas condiciones de operación.

## 4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a dinámica de vuelo
  - 1.1. Consideraciones generales

- 1.2. Cualidades de vuelo maniobrabilidad
  - 1.3. Ecuaciones de movimiento del avión
  - 1.4. Aerodinámica
  - 1.5. Simulación
- 2. Sistemas de referencia y notación
  - 2.1. Ejes de referencia terrestres
  - 2.2. Fuselaje del avión y ejes de referencia fijos
  - 2.3. Ángulos de Euler y actitud de la aeronave
  - 2.4. Transformaciones de los ejes
  - 2.5. Geometría de referencia del avión
- 3. Equilibrio estático y ajuste
  - 3.1. Equilibrio de ajuste
  - 3.2. Estabilidad estática longitudinal, lateral y direccional
  - 3.3. Cálculo de condición de ajuste de la aeronave
- 4. Ecuaciones de movimiento
  - 4.1. Ecuaciones de movimiento de aeronaves rígidas simétricas
  - 4.2. Ecuaciones linealizadas de movimiento
  - 4.3. Formas alternativas de ecuaciones de movimiento
- 5. Métodos de solución para las ecuaciones de movimiento
  - 5.1. Métodos de solución
  - 5.2. Regla de Cramer
  - 5.3. Funciones de transferencia de la respuesta de la aeronave
  - 5.4. Respuesta a controles
  - 5.5. Funciones de transferencia a respuestas de aceleración
  - 5.6. Método de estado espacio
- 6. Dinámica longitudinal, lateral y direccional
  - 6.1. Respuesta a controles
  - 6.2. Modos de estabilidad dinámica
  - 6.3. Modelos de orden reducida
  - 6.4. Respuesta de frecuencia
  - 6.5. Cualidades de vuelo maniobrabilidad
  - 6.6. Modo de excitación
- 7. Maniobrabilidad

- 7.1. Principios de maniobrabilidad
- 7.2. Dinámica de la aeronave y maniobrabilidad
- 8. Estabilidad
  - 8.1. Principios de Estabilidad
  - 8.2. Interpretación gráfica de estabilidad
- 9. Modelado de aerodinámica

## 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 sistemas de dinámica de vuelo.
- Analizarán sistemas de referencia y ángulos de Euler mediante ejercicios gráficos y simulaciones, para comprender la actitud de la aeronave en el espacio tridimensional.
- Estudiarán las condiciones de equilibrio y estabilidad estática a partir del análisis del trimado y las fuerzas aerodinámicas, aplicando estos conceptos en casos prácticos.
- Resolverán problemas utilizando ecuaciones de movimiento en modelos completos y simplificados de aeronaves, mediante funciones de transferencia y representación en espacio de estados.
- Simularán la dinámica longitudinal, lateral y direccional en distintos escenarios operativos, evaluando la respuesta de la aeronave y sus cualidades de maniobrabilidad.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante analizar los principios fundamentales de la dinámica de vuelo y su aplicación en el diseño y control de aeronaves

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] M. Cook, *Flight Dynamics Principles*, 2nd. USA: Butterworth-Heinemann, 2007.

## 8. Persona docente

El curso será impartido por:

**Dr.-Ing. Juan José Montero Jimenez**

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

**Maestría en Ingeniería Aeroespacial, ISAE-SUPAERO, Francia**

**Doctorado en Ingeniería Industrial e Informática, ISAE-SUPAERO, Francia**

Correo: [juan.montero@itcr.ac.cr](mailto:juan.montero@itcr.ac.cr) Teléfono: 25509338

Oficina: 5 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago