

Programa del curso EE-6808

Metrología aeronáutica

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:	Metrología aeronáutica
Código:	EE-6808
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclase por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
Requisitos:	EE-0706 Elementos de máquinas
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Aeronáutica:</i> EE-6908 Seguridad aeronáutica y aeronavegabilidad
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 *Metrología aeronáutica* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: asegurar la seguridad aeronáutica y la aeronavegabilidad, aplicando normativa internacional.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: reconocer los principios de trazabilidad, incertidumbre y normativas metroológicas aplicables al entorno aeronáutico; utilizar instrumentos de medición para verificar variables físicas en componentes y sistemas de aeronaves; calibrar instrumentos empleados en la medición de variables eléctricas, térmicas, geométricas, dinámicas y de fluidos; y documentar procesos de medición y calibración siguiendo criterios de trazabilidad, exactitud y conformidad normativa.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: Estadística aplicada.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Gestión del ciclo de vida de la aeronave.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar procedimientos de medición de variables físicas y de calibración de instrumentos utilizados en sistemas aeronáuticos, conforme a normas metroológicas y regulaciones técnicas del sector aeronáutico.

Objetivos específicos

- Reconocer los principios de trazabilidad, incertidumbre y normativas metroológicas aplicables al entorno aeronáutico.
- Utilizar instrumentos de medición para verificar variables físicas en componentes y sistemas de aeronaves.
- Calibrar instrumentos empleados en la medición de variables eléctricas, térmicas, geométricas, dinámicas y de fluidos.
- Documentar procesos de medición y calibración siguiendo criterios de trazabilidad, exactitud y conformidad normativa.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Fundamentos de la metrología aeronáutica
 - 1.1. Trazabilidad, exactitud, precisión, repetibilidad e incertidumbre de medición
 - 1.2. Sistemas internacionales de referencia y patrones (NIST, BIPM, OACI)
 - 1.3. Normativas aplicables (RTCA DO-160, ISO 10012, ISO 17025, AS9100)
2. Medición geométrica aplicada a aeronaves
 - 2.1. Herramientas de medición dimensional: calibradores, micrómetros, comparadores, relojes, rugosímetros
 - 2.2. Verificación de parámetros geométricos: planeidad, perpendicularidad, paralelismo, concentricidad, entre otros

- 2.3. Técnicas avanzadas: máquinas de coordenadas (CMM), escaneo 3D, fotogrametría
- 3. Medición de variables eléctricas en aeronáutica
 - 3.1. Instrumentos de medición eléctrica: voltímetro, amperímetro, ohmímetro, megóhmetro
 - 3.2. Verificación de sensores y transductores: presión, nivel, posición, temperatura
 - 3.3. Calibración de equipos eléctricos embarcados
- 4. Termometría y pirometría aeronáutica
 - 4.1. Medición de temperatura con RTD, termopares y sensores NTC
 - 4.2. Uso de pirómetros ópticos e infrarrojos
 - 4.3. Aplicación en motores, sistemas de escape y climatización
- 5. Metrología de fluidos en sistemas aeronáuticos
 - 5.1. Medición de presión, caudal, viscosidad y densidad
 - 5.2. Instrumentos para sistemas hidráulicos, neumáticos y de combustible
 - 5.3. Verificación y ajuste de sensores de presión y caudal
- 6. Metrología de vibraciones y dinámica
 - 6.1. Medición de vibraciones con acelerómetros y sensores dinámicos
 - 6.2. Análisis modal y diagnóstico de desequilibrios
 - 6.3. Aplicación en motores, hélices y estructuras
- 7. Medición óptica y de alineación
 - 7.1. Uso de colimadores, teodolitos, sistemas láser y de interferometría
 - 7.2. Alineación de componentes y verificación óptica de geometría
 - 7.3. Aplicaciones en navegación visual y sistemas estructurales
- 8. Medición de condiciones ambientales
 - 8.1. Sensores de presión barométrica, temperatura, humedad y altitud
 - 8.2. Influencia ambiental en instrumentos de cabina y navegación
 - 8.3. Evaluación y calibración de sensores ambientales
- 9. Medición de tiempo y frecuencia
 - 9.1. Osciladores, relojes de precisión y generadores de pulso
 - 9.2. Sincronización de sistemas electrónicos y de navegación
 - 9.3. Verificación y ajuste de instrumentos dependientes del tiempo
- 10. Gestión metrológica y documentación técnica
 - 10.1. Elaboración de rutinas de calibración con trazabilidad

10.2. Lectura e interpretación de certificados de calibración

10.3. Integración de la metrología con procesos de mantenimiento aeronáutico

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:

- Aplicarán procedimientos de medición y calibración según estándares internacionales y requerimientos aeronáuticos.
- Utilizarán instrumentos manuales y digitales para verificar variables físicas en componentes estructurales y sistemas a bordo.
- Interpretarán resultados de medición, certificados de calibración y documentación técnica relevante.
- Elaborarán rutinas de calibración y registros técnicos con trazabilidad y criterios de aceptación definidos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar procedimientos de medición de variables físicas y de calibración de instrumentos utilizados en sistemas aeronáuticos, conforme a normas metrológicas y regulaciones técnicas del sector aeronáutico

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] A. S. Morris y R. Langari, *Measurement and Instrumentation: Theory and Application*, 3rd. Academic Press, 2020, ISBN: 9780128189461.
- [2] E. O. Doebelin y D. N. Manik, *Measurement Systems: Application and Design*, 6th. McGraw-Hill Education, 2017, ISBN: 9780071331769.
- [3] *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, JCGM 100:2008, Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 2008.
- [4] W. Karwowski, *Metrology: The Science of Measurement*. Taylor & Francis, 2006, ISBN: 9780849375477.
- [5] I. RTCA, *DO-160G: Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment*, Radio Technical Commission for Aeronautics, Washington, D.C., 2010.
- [6] International Organization for Standardization, *ISO 10012:2003 – Measurement Management Systems - Requirements for Measurement Processes and Measuring Equipment*, 2003. dirección: <https://www.iso.org/standard/37261.html>.
- [7] C. N. de Metrología (CENAM), *Manual de Metrología Dimensional*. 2018. dirección: <https://www.cenam.mx/publicaciones/ManualMetrologiaDimensional.pdf>.
- [8] C. W. de Silva, *Vibration Monitoring, Testing, and Instrumentation*. CRC Press, 2007, ISBN: 9781420053229.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Oscar Monge Ruiz
LLENAR

Correo: omonge@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago