

Carrera:	Ingeniería Aeroespacial	Plan:	2023	Nº de orden:	34
Asignatura:	Instrumentos y Aviónica			Horas cat./sem.:	4
Departamento:	Ingeniería Aeroespacial			Horas reloj/año:	96
Bloque:	Tecnologías Aplicadas			Nivel:	4
Área:	Navegación y Control			RTF	-
Competencias	Genéricas		Específicas		
	CG3 – CG8		CE1.7 – CE1.9 – CE2		
Objetivos					
<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el funcionamiento y las especificaciones de los distintos sensores y medidores utilizados en el ámbito aeroespacial. • Aplicar los dispositivos electrónicos para la medición y control de magnitudes físicas en procesos aeronáuticos y aeroespaciales. • Realizar experiencias de laboratorio y simulación para corroborar teorías y resultados analíticos. 					
Contenidos que se trabajan en la actividad (Mínimo)					
<ul style="list-style-type: none"> • Medidores y traductores de: temperatura, presión, nivel, posición, velocidad, aceleración, vibración. • Controles computarizados. • Instrumentos de vuelo, de actitudes y de navegación. • Sistemas electrónicos de navegación instrumental, ADF, RMI, VOR, ILS, LOC, GPI, DME. Frecuencias características. • Sistemas electrónicos de comunicaciones de las aeronaves, VHF, HF. • Sistemas digitales de transmisión de datos, respondedores (transponders), modos operativos. • Director de vuelo, presentación ADI, HSI, modos operativos, HDG, CDI, FD, NAV, BC, APP, AA, auto pilotos. • Sistemas de posicionamiento en el espacio. • Sistemas de registro de datos de vuelo CVR, FDR. • Presentación integrada de datos de vuelo. 					
Unidades / Módulos					
<ul style="list-style-type: none"> • UNIDAD 1: Conceptos de medida, unidades, mediciones y metrología. Medición: Generalidades, conceptos y definiciones de medida y de medición. Metrología, la ciencia de la medición. Ramas de la Metrología. La necesidad de patrones de comparación. Escalas de medición (nominales, ordinales, interválicas y proporcionales). Tipos de mediciones: Absolutas, relativas, directas e indirectas. Sistemas de unidades: Su necesidad. Unidades fundamentales y derivadas. Patrones: internacionales, primarios, secundarios y de trabajo. Normativa asociada Incertidumbre en las mediciones: Error, desvío e incertidumbre. Conceptos. Tipos de errores o desvíos: Gruesos o groseros, sistemáticos y aleatorios, absolutos y relativos. Contribución a los desvíos de distintas fuentes que afectan la medición o de los datos empleados en mediciones indirectas. Estimación de la incertidumbre en las mediciones. Instrumentos de Medida: Definición de instrumento de medida. Esquema general de un Instrumento: partes componentes. Propiedades de los instrumentos. Impedancia, sensibilidad, resolución, alcance, rango de trabajo, velocidad de respuesta, exactitud Sensores, Transductores y Actuadores. Conceptos y diferencias. Mecanismos de medición (por deflexión o de cero). Instrumentos de funcionamiento a lazo abierto y a lazo cerrado (servo instrumentos). Sensores primarios, calibración. Procesamiento de la información. Procesamiento analógico y digital. Ejemplos típicos. • UNIDAD Nº2: Sensores y transductores usados en instrumentos aeronáuticos: Medición de Fuerzas: elasticidad de los materiales, muelles y elásticos. Dispositivos piezoeléctricos y piezorresistivos. 					

Medición de deformaciones y esfuerzos mecánicos: Extensómetros o galgas extensométricas piezorresistivas (strain gages).

Fuerzas y aceleraciones: Medición de Aceleraciones (Acelerómetros) y Vibraciones: Diferentes tipos, estudio de las características, Medición de vibraciones.

Presiones: Membranas, cápsulas aneroides y manométricas, fuelles, tubos de bourdon.

Detectores de Giro (Giróscopos): Giróscopos Mecánicos rotantes (eléctricos y neumáticos) momento cinético y su derivada: propiedades de los giróscopos: rigidez, precesión, nutación. Grados de Libertad. Giróscopos Ópticos: RLG (Ring Laser Gyros), FOG (Fiber Optic Gyros). Giróscopos vibratorios de estado sólido, Giróscopos por aceleración de Coriolis.

Temperaturas: Elementos bimetálicos, termocuplas y termorresistencias. Termómetros de gas seco y de vapor saturado, pirómetros ópticos.

Tiempo: Cronómetros: mecánicos de relojería, osciladores electrónicos de precisión.

Velocidades de rotación (Taquímetros): Medición directa (t) e indirecta por fenómenos físicos asociados. Taquímetros cronométricos, centrífugos y de arrastre magnético (corrientes de Foucault).

Sistemas electrónicos: sensores magnéticos de proximidad y de efecto Hall. Sensores capacitivos y luminosos. generadores taquimétricos.

Medición de posición lineal y angular (relativa o absoluta): Potenciómetros, LVDT, Transformadores angulares; codificadores de ejes; sistemas ópticos.

- **UNIDAD Nº3: Presentación de la información (Indicación), procesamiento de señal y transmisores de la información:**

Indicadores: Factores Humanos y Técnicos: Características de la vista y el oído, limitaciones y factores de diseño.

Presentación de la Información: Presentaciones cuantitativas, cualitativas y directoras.

Presentaciones cuantitativas: Escalas lineales y circulares. Líneas de base, marcas y espacios. Escalas uniformes y no uniformes. Escalas circulares y Escalas lineales: Colores: uso y convenciones.

Presentaciones cualitativas: Indicadores gráficos de posición. Marcas y símbolos, luces y otros dispositivos visuales.

Presentaciones directoras: Características. Ejemplos.

Presentaciones electrónicas: características y propiedades.

Mecanismos y dispositivos transmisores a distancia de las señales:

Servos síncronos de corriente continua: Sistema DESYN. Descripción. Principio de funcionamiento. Ventajas y errores.

Servos síncronos de corriente alterna (Autosyn): Principio general de funcionamiento, distintos tipos. Resolvers

Generadores y motores taquímetros trifásicos: Principio de funcionamiento. Características. Diferencias con los sincros de corriente alterna.

Sistemas digitales. Principios. Barras de datos.

Controles, amplificadores, conformadores y procesadores de señal.

Acondicionamiento de las señales suministradas por los sensores.

Dispositivos Electrónicos: amplificadores analógicos lineales y logarítmicos; amplificadores operacionales. Dispositivos digitalizadores y codificadores. Calculadores digitales.

Los sistemas de Control: Los instrumentos como parte de un sistema de medición y control. Sistemas de Medición y control a lazo abierto y a lazo cerrado. Conceptos fundamentales

El concepto de "Aviónica": Diferencias entre la "electrónica en los Aviones" y "Aviónica". Aviónica analógica y digital: evolución histórica. Sistemas de aviónica en las aeronaves.

Organización de la Aviónica: independiente (tradicional), Federada, Integrada. Requisitos, ventajas e inconvenientes.

Clasificación por Funciones (Comunicaciones, Navegación, Aterrizaje, Vigilancia, Registro de Datos, Presentación de la Información.).

Tipos de Sistemas: Sistemas Autónomos y Sistemas con Ayudas Externas (Radiodifundidas). Sistemas Pasivos y Sistemas Activos. Sistemas Analógicos y Sistemas Digitales.

- **UNIDAD Nº4: Introducción al Instrumental del Avión, características y disposición.**

Instrumental en las aeronaves

Sistemas coordinados de referencia. Estabilidad estática y dinámica. Parámetros por controlar. Plantas de poder (motores) y necesidad de instrumental para su operación.

Clasificación de los instrumentos de abordó;

Instrumentos de pilotaje, de navegación y de funcionamiento de los motores. Indicadores de posición de superficies de control y tren de aterrizaje. Alarmas (visibles y audibles). Instrumentos necesarios para el control del avión, del grupo motopropulsor y para control del funcionamiento y posición de las distintas partes del avión. Instrumentos y sensores necesarios para las "Cajas Negras".

Factores ergonómicos:

Zonas y ángulos de visión. Zona de visión óptima. Criterios generales para las indicaciones y disposición de los instrumentos. Disposición típica de los instrumentos de vuelo. La T básica.

Tableros de instrumentos:

Disposición y montaje de los instrumentos: Consideraciones y métodos de montaje de los instrumentos. Agrupamiento de instrumentos y división Lógica de los tableros según sus funciones. Evolución del instrumental e integración de la información. Ejemplos.

Vibraciones y amortiguación; inconvenientes y ventajas de la vibración en tableros de instrumentos.

Movimiento oscilatorio armónico, amortiguado y forzado. Amortiguación de tableros.

- **UNIDAD Nº5: Instrumentos de Vuelo.**

Instrumentos básicos de vuelo: instrumentos de actitud, de posición, de velocidad y de rumbo.

Instrumentos Indicadores de la actitud del avión.

Velocidades angulares y actitud. Inclinómetros: Péndulo y bolita. Indicadores de viraje (régimen de giro). Indicador de actitud (Horizonte artificial): Descripción, propiedades, ejemplos. Métodos de erección y errores. Directores de vuelo.

Medición de altura y velocidad.

Altimetros: altímetros barométricos y radio altímetra. Características y aplicaciones. Corrección de errores, Ajuste.

Velocímetro (anemómetro): Tubos de pitot. velocidad relativa y número de Mach. Velocidad indicada, velocidad verdadera. Indicadores de velocidad máxima. Indicadores del número de Mach.

Medición de velocidad vertical: Variómetros: Distintos tipos de variómetros, errores y corrección.

Indicadores de velocidad de pérdida.

Calculadores centrales de Datos de Aire: Función, cálculos que realizan. Diferentes tipos

Medición del rumbo.

Campo magnético terrestre: características, intensidad, inclinación y declinación magnéticas. La influencia de los elementos ferromagnéticos en el avión.

Medida del rumbo magnético: aguja imantada, características y tipos, errores y su corrección.

Girocompás y válvula de flujo (Flux Gate): Descripción. Principios de funcionamiento. Distintos tipos

Instrumentos de medida de aceleraciones del avión. Acelerómetros y medidores de "g". Tipos, características, indicación. Acelerómetros y giróscopos como base de las plataformas inerciales. Principios de funcionamiento.

- **UNIDAD Nº6: Instrumentos del Motor**

Indicadores de presión de aceite

Indicadores de temperatura de aceite

Medidores de temperatura de cabeza de cilindros.

Taquímetros y sincronizadores: Distintos tipos. Taquímetros de indicación normal o porcentual.

Sincroscopios. Sincronismo automático

Indicadores de temperatura de entrada de aire al carburador.

Medidores de presión de múltiple admisión en motores sobrealimentados.

Torquímetros y medidores de potencia; Medidores de par del motor. Medición de presión media efectiva al freno (BMEP) y determinación de la potencia al freno (BHP).

Temperatura de entrada a la turbina (TIT) y de los gases de escape (por termocuplas y por pirómetros).

Indicadores porcentuales de empuje

Indicadores de EPR (relación de presiones de motor)

Indicadores de nivel de combustible:

por flotante, por diferencia de presión, capacitivos y por ultrasonido, Descripción, Principios de funcionamiento y características.

Flujómetros o Caudalímetros. Diferentes tipos.

Disposición típica de instrumentos de motores: en motores alternativos, de turbohélice y de Reacción.

- **UNIDAD Nº7: Comunicaciones y Radioayudas para la Navegación y el Aterrizaje.**

Introducción a las Comunicaciones:

Elementos de la teoría de las comunicaciones. Elementos componentes de una comunicación

Modelo de Comunicación: Emisor, receptor, canal y mensaje. Codificador, decodificador, modulador y demodulador, deformaciones en el mensaje: distorsión, interferencia y ruido. Concepto de canal.

Ejemplos. Canales simplex y duplex. Comunicaciones analógicas y comunicaciones digitales.

Similitudes y diferencias. Conceptos de espectro de una señal, espectro electromagnético y ancho de banda (de programa y de canal). Multiplexación. FDM y TDM. Concepto

ondas electromagnéticas, antenas y radiodifusión: Las ondas electromagnéticas, principios y polarización.

La propagación radioeléctrica: Propagación por onda terrestre, celeste y reflexión ionosférica. Interferencia y ruido.

Antenas: Propiedades eléctricas (Impedancia). Diagrama de Irradiación. Apertura y Ganancia. Tipos de antenas: Loop, antenas capacitivas resonantes (dipolos, monopolos, estructuras plegadas), antenas ranuradas. Antenas resonantes cortas y largas, su efecto sobre la impedancia y el diagrama de irradiación. Formaciones (Arrays) de Antenas. Reflectores. Disposiciones típicas en los aviones: Influencia mutua, interferencia. Ejemplos de antenas aeronáuticas comerciales.

Modulación: Repaso de los conceptos de AM, FM, PM, BLU y "Spread Spectrum"(espectro distribuido). Características, ventajas y dificultades de cada tipo. Aplicación de la modulación en transmisión y recepción (secciones de RF): Concepto de sistemas homodinos y heterodinos: Conversión (osciladores locales, frecuencias intermedias, filtros). características y propiedades. Aplicaciones.

Antenas: Principios, tipos y características. Propagación de ondas libre y guiada.

Propagación guiada. Líneas de transmisión y guías de onda. Concepto

Propagación libre: Propagación en el vacío: Atenuación de espacio libre. Ecuación de la propagación de la energía.

Cable paralelo, par retorcido, cable coaxial y guías de onda (rígida y flexible). Modelo de constantes concentradas. Características de una línea de transmisión: línea balanceada y desbalanceada. Impedancia característica, ondas estacionarias. ROE. Adaptación, "stubs". Fibras ópticas (guías de onda ópticas). Concepto y particularidades. EWIS/Fibra Óptica

Generalidades sobre equipos radioeléctricos y de comunicaciones: Repaso sobre métodos de modulación y demodulación. Heterodinaje. Equipos de banda de VHF y HF, transmisores de emergencia (ELT).

Equipos para la navegación de área, aproximación y aterrizaje:

Determinación de la posición geográfica. Posición angular (theta): Radiogoniómetro automático (ADF), principio de funcionamiento (banda, modulación, radiofaros y antenas).

Diagrama en bloques, indicación, errores. Sistema VOR, principio de funcionamiento.

Diagrama en bloques. Indicación (OBI, RMI, HSI) breve descripción del sistema TACAN (uso militar).

Mediciones de distancias (rho): Sistemas DME, principio de funcionamiento, características, canales, antenas, diagramas de bloques.

Navegación de área (RNAV): Principios, calculadores, "waypoints" ., diagrama de bloques.

Radioayudas para el aterrizaje y control del espacio aéreo:

Sistema ILS/Marker: Características, principio de funcionamiento

Sistema MLS: Características, presentación de la información.

Sistema de identificación (transponders): Modos, códigos, diagramas de bloques.

Sistemas de Navegación a grandes distancias:

Sistema inercial de navegación: Principio de funcionamiento, características, plataformas estabilizadas: terrestre y galileana. Concepto de sistema strapdown, interrelación con otros sistemas del avión

Sistema GPS: Sistemas satelitales de posicionamiento. Origen del GPS, descripción y principios de funcionamiento. Características

Sistemas hiperbólicos de baja frecuencia (obsoletos): Loran-C y Omega.

- **UNIDAD Nº8: Integración y Presentación Electrónica de los Instrumentos y Sistemas del Avión.**

Sistemas digitales de transmisión de datos.

Transmisión a distancia de la Información: Transmisión en Banda Base (por medios físicos) La transmisión analógica y la transmisión digital. Similitudes y diferencias.

Transmisión de Datos: La necesidad de la transmisión de datos en forma digital para la aviónica actual.

Transmisión en paralelo o en serie: ventajas de la transmisión en serie. Códigos de Línea. Ejemplos.

Modelo de Comunicación Digital. La necesidad de una normalización: El modelo de Capas (i.e. ISO de siete capas). Las capas de comunicaciones: Física, de Enlace. De Red y de Transporte. Conceptos de Protocolos.

Estructura general de un mensaje de datos. Sistemas orientados a Bytes y Orientados a bit (HDLC).

Campos típicos (encabezamiento, dirección, datos útiles, códigos detectores -CRC- o correctores de error -FEC-). Su relación con las distintas capas. Ejemplos de Estructuras de Datos (capa de enlace):

ARINC 429, Transponder Modo "S", ELT digital (Emergency Locator Transmitter – Digital)

Ejemplos de barras digitales de Uso Actual (Características; estructura física, estructura de los datos, Codificación): Ejemplos: ARINC 429 y Williamsburg, Otros sistemas: ARINC 629, MIL 1553 B, CSDB, AFDX, etc.

Integración tradicional de la presentación de la información: Instrumentos primarios de vuelo y sistemas de aviónica; RMI, HSI, ADI (director de vuelo). Somera descripción de estos Instrumentos.

Interconexión entre diferentes sistemas. La computadora de Vuelo (FMC =Flying Management Computer). Conceptos de Aviónica independiente (tradicional), Federada o Integrada

Distribución de los instrumentos en un entorno electrónico (Glass Cockpits "):

Evolución de sistema de instrumentos: Versiones electrónicas de los instrumentos de vuelo: EFIS (EADI, EHSI). Pantallas de Navegación y Multifunción. Presentaciones 3-D (perspectiva). Modos de operación

Sistemas Electrónicos de Información de Motor: EICAS-ECAM. Características y operación.

- **UNIDAD Nº9: Piloto Automático, Directores de vuelo y aviónica Satelital**

Pilotos Automáticos y Directores de Vuelo

Generalidades, La Función Director de Vuelo y la Función Piloto Automático o Autopilotos (AA = Aircraft AutoPilot). Esquema funcional. Panel de Control de ambas funciones e Indicadores en diferentes tipos de instrumental: Presentación en ADI, HSI, modos operativos, HDG, CDI, FD, NAV, BC, APP

GNSS: Sistemas de posicionamiento Satelital (sistema GPS y sistemas similares (SATNAV): Breve Introducción. Segmentos o componentes del sistema.

El segmento espacial (constelación de satélites). Principio de funcionamiento, medición de pseudodistancias. Esquema de la determinación de la posición. Errores que afectan al sistema y su corrección: posición de los satélites en el cielo, Dilución de la precisión:

Ubicación de los satélites para óptima determinación de la posición.

Errores de tiempo: sincronización de los relojes de los satélites y de los receptores. Relojes embarcados en los satélites (relojes de alta precisión).

Errores en la velocidad de propagación. Corrección. Otros errores

Mensajes de navegación de los satélites, información que contienen. Frecuencias de Trabajo (portadoras). Encriptación de las señales. La técnica "Spread Spectrum". Modulación de las portadoras.

Receptores de usuarios (segmento terrestre). Mensajes de navegación Conversión de pseudodistancias en posiciones. corrección de la base de tiempo local.

Sistemas de aumento de la precisión: GPS diferencial (DGPS), WAAS y LAAS.

Otros sistemas (GLONASS. Galileo).

Navegación de Área (RNAV): Utilización de la información proporcionada por los sistemas de navegación: VOR, DME, GNSS "Waypoints" Geometría de Cálculo. Presentación de la información en cabina.

- **UNIDAD Nº10: Radiolocalización, sistemas de vigilancia y prevención basados en radar. Sistemas de emergencia y registro de incidentes.**

Radiolocalización y Medición de distancias y velocidades

Generalidades sobre Radares: Concepto de Radar. Radares primarios y secundarios

Medición de la distancia. La ecuación del Radar. Las antenas: tipos y características (Diagramas de Irradiación Lóbulos laterales, polarización, Ganancia).

Radares pulsados y de onda continua (CW). Dispositivos de transmisión (Coherentes y no coherentes). Reflectividad de los blancos. Longitud de onda (o Frecuencia) de utilización y características según su uso. Radares de Efecto Doppler: propiedades y ventajas.

Medición de la posición y la velocidad de los blancos. Procesamiento de los ecos. Radares Monopulso Navegación y Medición de altitud mediante técnicas de Radar: El radioaltímetro. Características, Principios de funcionamiento. modulación de las señales, antenas, Limitaciones. Navegadores Doppler. Principio de funcionamiento. Características y limitaciones Antenas Determinación de posición, velocidad y trayectoria.

Radar de Aproximación

Sistemas de Vigilancia y Prevención basados en el Radar

Radares Terrestres de Vigilancia. Características y operación. Indicadores

Radares de a bordo:

Radares Primarios Meteorológicos: Objetivo de un Radar meteorológico. Requisitos para identificación de formaciones nubosas peligrosas. Frecuencias útiles. Eliminación de ecos de objetos lejanos (montañas, colinas). Procesamiento de las señales. Radares Meteorológicos Doppler. Radares Multifrecuencia y Polarimétricos.

Detección de actividad eléctrica (lightning). Sistema "Stormscope" no basado en el radar. Uso de la polarimetría para detectar posibles fuentes de descargas.

Sistema de Radar Secundario del ATC:

Transponder en Modos A / C: Estructura de las señales de Interrogación y respuesta. Eliminación de interrogaciones falsas y de Interferencia entre respuestas ("Fruit & Garble").

Transponder modo S (selectivo): estructura de los mensajes de interrogación y respuesta. Códigos de Identificación y Método de control de errores. Funcionamiento compatible con el transponder modo A/ C: Interrogación general ("All Call") y selectiva, ciclos de operación.

Sistemas de emergencia y registro de incidentes

Sistemas de búsqueda y rescate: Transmisores de emergencia (ELT) terrestre: monitoreo de canales de comunicación analógicos (VHF)

satelital: sistemas Satnav y COSPAS-SARSAT

Sistemas de prevención y de Comunicaciones Digitales

Sistemas detectores de Microrráfagas y Cortantes de Viento ("Microbursts", "Windshear"). Naturaleza del fenómeno. Requisitos de protección. Sistemas Reactivos y Preventivos. Sistemas Reactivos: componentes; Indicador de Riesgo. Sistemas Preventivos: componentes terrestres y de a bordo: radar doppler, LIDAR, etc.

Sistema GPWS / TAWS (EGPWS): Principio de Funcionamiento. Datos de entrada y relación con otros equipos de a bordo. Modos de operación. Clases de Equipos.

TCAS / ACAS: Principios de Funcionamiento. Región de protección, Avisos de Tráfico y de Riesgo de Colisión (mandatorios). ACAS. Evolución.

Transmisores de Emergencia (ELT): - Transmisión de Sistema Analógico (VHF) y Sistema digital (UHF). El segmento espacial (satélites). Funcionamiento. Códigos de Identificación, estructura del mensaje de datos y códigos de corrección de errores. Operación.

Sistemas de registro de incidentes:

“Cajas negras”; registros de datos de vuelo (FDR) y de voces de cabina (CVR). Sistemas digitales y analógicos. Número de canales de registro y sensores. Mínimo obligatorio de datos. Requisitos de integridad de la información frente a un accidente. Balizas Localizadoras de FDR/CVR (“Pingers”). Dispositivos recolectores de datos (DFDAU). Tendencias futuras.

• **UNIDAD Nº11: Introducción a los Instrumentos y Mediciones en Naves y Vehículos Espaciales.**

Instrumentos de Navegación y Comunicación utilizados en sondas y Naves Espaciales; Principio de Funcionamiento; Tipos, clases, Normativa aplicable.

Características particulares de las mediciones en el espacio. Disposición de Instrumentos en Naves espaciales tripuladas.

Dispositivos de vuelo, aproximación y aterrizaje en cuerpos celestes

Bibliografía

- Instrumentos del Avión – E. H. J. Pallett – Paraninfo – 2da. Edición (1992).
- Aircraft Instruments & Integrated Systems – E. H. J. Pallett – Pearson/Prentice Hall – Edición 1992.
- Sensores y acondicionadores de señal – Ramón Pallás Areny – Alfaomega/Marcombo – 3ra. Edición.
- Mediciones mecánicas, teoría y diseño – Richard S. Figliola & Donald Beasley – Alfaomega – 4ta. Edición.
- Autómatas programables – Porras & Montaner – Marcombo – Temas seleccionados.
- Radiosistemas del avión – J. Powell – Paraninfo – 2da. Edición (1984).
- Principles of Avionics – Albert D. Helfrick – Avionics Communications – 4ta. Edición.
- Sitio de Internet de Cospas-Sarsat – Información Técnica sobre ELTs – Documentación disponible en Internet.
- Modern Aviation Electronics – Albert D. Helfrick – Prentice Hall – Edición 1994.