

Asignatura: **Mecánica de los Fluidos**

Código:	RTF	8
Semestre: Séptimo	Carga Horaria	96
Bloque: Tecnologías Básicas	Horas de Práctica	48

Departamento: Aeronáutica

Correlativas:

- Termodinámica
- Mecánica Racional

Contenido Sintético:

- Unidad 1: Propiedades de los fluidos
- Unidad 2: Cinemática elemental del movimiento fluido
- Unidad 3: Ecuaciones de conservación aplicadas a volumen de control
- Unidad 4: Análisis diferencial del movimiento fluido
- Unidad 5: Análisis dimensional y semejanza
- Unidad 6: Flujo potencial
- Unidad 7: Flujo externo incompresible viscoso
- Unidad 8: Flujo interno incompresible viscoso

Competencias Genéricas:

- CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG 2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- CG3. Competencia para gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- CG 7. Competencia para comunicarse con efectividad.

Aprobado por HCD: NNNN-HCD-AAAA

RES: Fecha: DD/MM/AAAA

Competencias Específicas:

CE1 C Competencia para calcular, diseñar y proyectar aerodinámica de vehículos en flujo incompresible y compresible.

CE1 D Competencia para analizar la performance, la operación en distintas condiciones y todo lo referente a la mecánica de vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1 E . Competencia para calcular, diseñar, proyectar y construir plantas de propulsoras principales y auxiliares motores alternativos, a reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1 F Competencia para calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1 I; Competencia para diseñar, proyectar y ensayar los principales parámetros pertinentes a laboratorios de ensayos y calibraciones de equipos de aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE3A: Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

Presentación

El estado fluido de la materia prevalece en el medio que nos rodea, es entonces difícil concebir algún dispositivo, máquina o herramienta en la que no interactúe algún fluido, o que en alguna etapa de su diseño no requiera de los principios de la mecánica de los fluidos. En concordancia, tomando en consideración la actividad de los ingenieros de diseñar, crear y perfeccionar dispositivos que resulten útiles para la sociedad y la industria, es entonces evidente lo esencial de la mecánica de fluidos en la formación de un ingeniero. En particular, es difícil definir en forma cerrada las competencias generales a las que aporta esta asignatura, ya que la lista es vasta y alcanza entre otras a ramas a: la aerodinámica, la hidráulica, la dinámica de los gases, la hidrología, la combustión, los fenómenos de transferencia de calor y masa, y la dinámica de los plasmas. Asimismo, dispositivos como bombas, ventiladores, compresores, motores a reacción, turbinas de gas y los cohetes, son básicamente máquinas de fluidos; y los aviones, barcos, submarinos y automóviles se desplazan en medios fluidos. De igual manera es importante resaltar que la mecánica de fluidos gobierna la atmósfera y de ella derivan teorías como la de lubricación que es importante en cualquier campo en el que intervengan máquinas que necesiten lubricación periódica.

El perfil del ingeniero mecánico implica que desarrollará actividades reservadas en las que tendrá que contar con una sólida formación en mecánica de los fluidos puesto que deberá abordar diversos problemas y desafíos propios de actividades como: diseño, proyección cálculo y certificación de, máquinas y sus partes, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos, entre otros; en los que, en alguna etapa puede estar implicado algún flujo de fluido.

La mecánica de los fluidos puede subdividirse en estática y dinámica de fluidos, la primera se encarga de estudiar los fluidos en reposo; mientras que la segunda de los fluidos en movimiento, las causas que los provocan y cómo los flujos interactúan con el entorno produciendo diferentes efectos. Es evidente entonces el lugar notablemente importante que ocupa en la ciencia e ingeniería moderna, y como ya ha sido mencionado, es una ciencia fundamental en la formación de un ingeniero, dado que quien tenga correcto dominio de sus principios básicos tiene cubierto un amplio abanico de aplicaciones en diversas áreas de la ciencia y tecnología.

El laboratorio del Departamento Aeronáutica de la FCEFYN dispone de equipamiento especialmente desarrollado para la enseñanza de la mecánica de los fluidos. Este incluye varios túneles de viento, túneles para visualización de flujos, un túnel hidrodinámico, banco para ensayos de ventiladores, banco para análisis de pérdidas de carga e instrumental de medición. Usando dichos equipos se realizan las prácticas de laboratorio mediante la ejecución de experiencias básicas, visualizaciones de flujo y mediciones fluidas, a fin de que los alumnos adquieran competencias, habilidades y destrezas.

Contenidos

Unidad 1: Propiedades de los fluidos

1.1 Características físicas del estado fluido de la materia.

1.2 El modelo molecular y el modelo continuo de la materia.

1.3 Propiedades de los fluidos: densidad, tensión superficial, módulo volumétrico, compresibilidad en el movimiento de los fluidos.

1.4 La ley de Newton de la viscosidad, viscosidad dinámica y cinemática, influencia de la temperatura y la presión.

1.5 Tipos de fluidos, fluidos no newtonianos.

1.6 Clasificación de los movimientos fluidos, viscosos, no viscosos, laminares, turbulentos, compresible, incompresible, 1D, 2D y 3D

Unidad 2: Cinemática elemental del movimiento fluido

- 2.1 Campo de velocidades, flujo en una, dos y tres dimensiones.
- 2.2 Formas de representación de los movimientos fluidos, sus relaciones. Formulación Lagrangiana y Euleriana, derivada material.
- 2.3 Aceleración de una partícula fluida. Cinemática diferencial, divergencia y vorticidad, velocidad angular.
- 2.4 Definiciones cinemáticas, líneas de corriente, trayectoria y traza. Superficies de corriente y de traza, sus relaciones, movimiento estacionario, sistema de referencia y forma del movimiento.
- 2.4 Caudal en volumen, en masa y en peso.
- 2.5 Condiciones cinemáticas en el contorno

Unidad 3: Ecuaciones de conservación aplicadas a volumen de control

- 3.1 Sistema y volumen de control.
- 3.2 Teorema del transporte de Reynolds.
- 3.3 Propiedades extensivas e intensivas.
- 3.4 Forma integral del principio de conservación de la masa.
- 3.5 Forma integral del principio de conservación de la cantidad de movimiento, volumen de control inercial y no inercial.
- 3.6 Forma integral del principio de conservación del momento angular, volumen de control inercial y no inercial
- 3.7 Forma integral del principio de conservación de la energía, factor de corrección de energía cinética.
- 3.8 Expresiones particulares de la ecuación de la energía, movimiento estacionario. Aplicación a flujo incompresible, línea de nivel de energía y línea de gradiente hidráulico.

Unidad 4: Análisis diferencial del movimiento fluido

- 4.1 Principio de conservación de la masa, ecuación de la continuidad.
- 4.2 Equilibrio de tensiones en un volumen diferencial. Tensor de tensiones, propiedades.
- 4.3 Conservación de la cantidad de movimiento en forma diferencial.
- 4.4 Ecuación de variación del teorema del momento cinético.
- 4.5 Ecuaciones constitutivas, ley de Newton de la viscosidad.
- 4.6 Hipótesis de Stokes.
- 4.7 Ecuaciones de Navier-Stokes, de Euler y de Navier –Stokes bajo la forma de Helmholtz.
- 4.8 Solución de Hagen Poiseuille para flujo completamente desarrollado. Solución de Couette para flujo entre 2 placas.

Unidad 5: Análisis dimensional y semejanza

- 5.1 Naturaleza del análisis dimensional
- 5.2 Teorema π de Buckingham
- 5.3 Determinación de los grupos π
- 5.4 Grupos adimensionales de importancia en la Mecánica de los Fluidos.
- 5.5 Similitud de propiedades y de flujos, estudios de modelos.
- 5.5 Similitud completa e incompleta.

Unidad 6: Flujo potencial

- 6.1 Movimiento rotacional y vorticidad. Circulación. Teorema de Stokes aplicado a la circulación.
- 6.2 Movimiento irrotacional o potencial.
- 6.3 Condición de permanencia de la irrotacionalidad.
- 6.4 Integración de la ecuación de Euler a lo largo de una línea de corriente.
- 6.5 Energía en el movimiento de los flujos ideales, ecuación de Bernoulli, campo isoenergético.
- 6.6 Variación de la presión en dirección normal a la corriente.
- 6.7 Conceptos complementarios asociados con la ecuación de Bernoulli.
- 6.8 Función de corriente, propiedades.
- 6.9 Función potencial y función de corriente. Relación entre ambas para un flujo incompresible ideal.
- 6.10 Soluciones elementales: movimiento uniforme, fuente, pozo y doblete. Principio de superposición.
- 6.11 Métodos para la resolución de movimientos bidimensionales. Cuerpo semi-infinito de Rankine y óvalo de Rankine.
- 6.12 Cilindro circular en una corriente uniforme sin y con circulación.
- 6.13 Teorema de Kutta-Joukowski, paradoja de D'alembert, condición de Joukowski
- 6.14 Aplicaciones de ingeniería

Unidad 7: Flujo externo incompresible viscoso

- 7.1 Concepto de capa límite, análisis de orden de magnitud.
- 7.2 Ecuaciones de movimiento en la capa límite, análisis de Prandtl. Ecuaciones de Prandtl de la capa límite
- 7.3 Parámetros característicos de capa límite, espesor geométrico, espesor de desplazamiento, espesor de cantidad de movimiento
- 7.4 Solución de Blasius de la capa límite laminar sin gradiente de presión.
- 7.5 Ecuación de Von Karman de balance de cantidad de movimiento, aplicaciones a una placa plana.
- 7.6 Resistencia de fricción en la capa límite laminar y turbulenta, coeficiente de fricción para la placa plana.
- 7.7 Efectos del gradiente de presión, transición y separación.
- 7.8 Origen de la resistencia fluidodinámica, resistencia de fricción y de presión.
- 7.9 Flujo real alrededor de un cilindro circular y de una esfera, regímenes de flujo, efecto de la turbulencia y la rugosidad sobre la transición y la separación, vórtices de Von Karman.
- 7.10 Resistencia de cuerpos bi y tridimensionales.
- 7.11 Control de la transición y separación, generadores de vórtices.

Unidad 8: Flujo interno incompresible viscoso

- 8.1 Experiencia de Reynolds, régimen de flujo laminar y turbulento.
- 8.2 Introducción a la turbulencia Ecuaciones de movimiento con promedio de Reynolds. Tensiones de Reynolds.
- 8.3 Perfiles turbulentos de velocidad. Longitud de mezcla. ley de pared
- 8.4 Movimiento cuasi unidimensional en conductos. Ecuación de la energía para flujo desarrollado
- 8.5 Pérdidas de energía, factor de fricción de Darcy. Diagrama de Moody
- 8.6 Movimiento laminar en conductos, parámetros característicos. Longitud de entrada. Flujo completamente desarrollado
- 8.7 Movimiento turbulento en conductos, parámetros característicos.
- 8.8 Solución de problemas de flujo en conductos. Pérdidas primarias y secundarias. Cálculo de accesorios.

Metodología de enseñanza

La asignatura parte del precepto de que el alumno es la parte activa en el proceso de aprendizaje, y que el rol del profesor es como facilitador de dicho proceso. Teniendo en cuenta lo anterior, el enfoque dado a la asignatura es el desarrollo de clases teórico-prácticas, desarrollo de casos de estudio o problemas de diseño, resolución de problemas y actividades de laboratorio.

Los alumnos abordarán de forma individual y grupal la resolución de diversos tipos de problemas, así como experiencias en laboratorio. La cátedra ofrece una guía de problemas con diferentes grados de complejidad y que a su vez involucran diversos contextos de interés. Se espera que, mediante la práctica continua, el alumno logre afianzar los diferentes conceptos introducidos a lo largo del curso. Además, se propone desarrollar un trabajo final de diseño o caso de estudio, el cual ofrece una instancia de aplicación, en un contexto más acorde a la realidad, de diversas técnicas y herramientas de análisis,

En forma complementaria al dictado de clases presenciales, en el campus virtual de la FCFEfyN, la cátedra pone a disposición de los alumnos material escrito (cuestionarios, apuntes de clase, casos de estudio, problemas resueltos, guía de ejercicios, etc) y audiovisual (videos didácticos y clases grabadas) que le ayudarán a desarrollar los distintos contenidos del curso.

Se espera por parte del alumno una asistencia regular a clase y participación activa en las mismas, así la clase no será un espacio en el que el alumno sólo será un receptor pasivo de información, sino que existirá, en la medida de lo posible, una retroalimentación. No obstante, para que esto ocurra, el alumno deberá procurar una revisión exhaustiva del material recomendado y de ser necesario asistir a los horarios de consulta que la cátedra ofrecerá (bien sean presenciales o virtuales).

Evaluación

La asignatura posee un sistema de evaluación comprendido por evaluaciones parciales, trabajo grupal (Casos de Estudio), trabajo de Laboratorio y coloquio final integrador. Se realiza tanto la evaluación de contenidos conceptuales como actitudinales y procedimentales.

Evaluaciones parciales

Se tomarán evaluaciones parciales durante el dictado de la asignatura, las cuales consistirán en parciales del tipo teórico - prácticos cuyos contenidos se corresponderá con el contenido del programa analítico y con las actividades desarrolladas por la asignatura durante su dictado.

Las evaluaciones parciales se tomarán durante los horarios de clase, las fechas se fijarán dentro del período especificado en el calendario académico del respectivo semestre.

La nota mínima de aprobación de cada uno de los mismos es cuatro (4), lo cual se corresponde con el sesenta por ciento (60 %) del contenido de cada evaluación.

El alumno tendrá la posibilidad de recuperar una (1) evaluación parcial, cuya nota reemplazará al aplazo o inasistencia que dio origen a la recuperación.

Trabajo grupal de Casos de Estudio o de Diseño

Se conformarán grupos de trabajo (hasta 3 personas) para desarrollar un caso de estudio, que consiste en un problema de ingeniería real de mayor complejidad que los ejercicios de clase, que deberá ser modelizado matemáticamente y resuelto.

El trabajo grupal deberá ser presentado por escrito y defendido por sus integrantes en una presentación oral en el coloquio final. El informe técnico escrito deberá contemplar los siguientes ítems; marco teórico, metodología, resultados, conclusiones y bibliografía.

Coloquio final integrador

El coloquio final integrador consistirá en una evaluación individual de la asignatura mediante el diálogo entre los profesores y el alumno, en el marco teórico-práctico de los temas abordados en el desarrollo de las actividades programadas durante el dictado de la asignatura y además se hará una breve defensa del trabajo grupal.

Práctico de Laboratorio

Consiste en el desarrollo de experiencias en el Laboratorio de Aeronáutica donde se toman mediciones experimentales de diferentes sistemas fluidos, con el fin de determinar alguna característica de la instalación o variable del flujo. Luego los alumnos ya sea de forma individual o grupal, presentan un informe con los cálculos basados en las mediciones realizadas y las conclusiones obtenidas.

Condiciones de aprobación

La aprobación de la asignatura puede efectuarse por la vía de la promoción (sin examen final) o mediante examen final.

Aprobación por promoción

Las condiciones para aprobación por promoción de la asignatura son:

1. Asistir como mínimo al 80 % de las clases, tanto teóricas como prácticas.
2. Aprobar con nota no inferior a 4 (cuatro), todos y cada uno de los temas de los exámenes parciales.
3. Aprobar el práctico de Laboratorio.
4. Presentar y aprobar el trabajo grupal (caso de estudio), con nota no inferior a 4 (cuatro).
5. Aprobar el coloquio final integrador con nota no inferior a 4 (cuatro).

La nota final de la asignatura resultará de considerar las notas de las evaluaciones parciales, trabajos grupales y el coloquio final integrador.

La nota final (NF) se calculará como:

$$NF = 0.5 * NP + 0.25 * NIE + 0.25 * NC$$

donde NP: nota de los parciales; NIE: nota del informe escrito de la monografía del caso de estudio (de carácter grupal); NC: nota del coloquio oral, incluyendo la defensa del TIG de carácter individual.

Alumno Regular

Los alumnos que únicamente hayan cumplido con la aprobación del 50 % de las evaluaciones parciales, la aprobación del trabajo de Laboratorio y tengan una asistencia del 80 % a las clases quedarán en la condición de Alumno Regular.

Régimen de examen final

El examen final será de carácter público y sobre el programa vigente de la asignatura.

El examen en su faz metodológica consta de una parte teórica y una práctica, siendo cualquiera de las dos eliminatoria. Se tomará un examen práctico con dos (2) o tres (3) ejercicios similares a los de la guía de la cátedra y un examen teórico oral o escrito con preguntas a desarrollar.

Para el caso de alumnos libres, el examen final consta de dos (2) partes, una práctica y otra teórica, siendo eliminatoria cualquiera de ellas; la parte práctica será tomada de forma escrita y la teórica de forma oral.

El examen práctico consistirá esencialmente en la resolución de problemas de carácter teórico o práctico; durante el mismo los alumnos podrán hacer uso de cualquier bibliografía impresa autorizada por la cátedra.

Para el examen teórico, el tribunal examinador seleccionará tres (3) temas, de forma aleatoria, del programa oficial vigente para la evaluación del alumno.

Al comienzo del examen teórico los alumnos dispondrán de quince (15) minutos para consultar la bibliografía antes de comenzar el examen. Durante ese período podrán realizar anotaciones que consideren necesarias en una única hoja habilitada por el tribunal.

El alumno expondrá entre 20 (veinte) y 40 (cuarenta) minutos por tema y, luego de cada exposición, responderá a preguntas del Tribunal. No se permitirá la utilización de bibliografía durante el examen teórico.

Actividades prácticas y de laboratorio

El laboratorio de Aeronáutica cuenta con varios equipos por ejemplo; un banco de ensayo de pérdida de carga, túnel de viento de cámara abierta, túnel supersónico, etc. Dichas instalaciones permiten la realización de diversas experiencias didácticas de laboratorio, donde se toman mediciones de presión y caudal y con éstas se obtienen características del flujo, de cuerpos o de los componentes de la tubería. Las experiencias se desarrollan con los docentes guiando la operación de ensayo y los dispositivos involucrados. Posteriormente los alumnos y alumnas realizan un análisis de las mediciones y realizan cálculos de aplicación, para luego plasmarlos en un breve informe manuscrito.

El Trabajo Grupal de Caso de Estudio consiste en un problema similar a un caso real propuesto por la cátedra. Cada grupo deberá elegir un caso de estudio de una lista provista por la cátedra y luego deberá elegir y desarrollar un modelo matemático para resolverlo. Su solución podrá requerir además la búsqueda de información complementaria y el uso de herramientas numéricas para la solución de las ecuaciones de gobierno y la generación de gráficos de análisis.

Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje

Los resultados del aprendizaje esperados concernientes a las capacidades para las cuales aporta la asignatura, con respecto a competencias genéricas:

CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

RA1. Aplicar un modelo matemático o experimental dado para resolver un problema de mecánica de fluidos.

RA2. Identificar el alcance y limitaciones de los modelos físico-matemáticos elegidos para un problema dado.

RA3. Emplear soluciones numéricas para obtener soluciones a problemas de flujos internos y externos

RA4. Interpretar resultados numéricos asociados a procesos de flujos.

RA5. Interpretar ábacos y tablas de datos de accesorios y tuberías.

RA6. Interpretar ábacos y tablas de datos de coeficientes aerodinámicos.

CG 2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).

RA7. Aplicar las leyes de conservación que gobiernan los procesos de flujos en las aplicaciones de ingeniería.

RA8. Identificar las características de los distintos tipos de accesorios de tuberías para determinar su efecto en la pérdida de carga.

CG3. Competencia para gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).

RA7. Aplicar las leyes de conservación que gobiernan los procesos de flujos en las aplicaciones de ingeniería.

RA9. Controlar resultados y evaluar resultados de analíticos y experimentales empleando análisis dimensional.

RA10. Elaborar un informe técnico detallado de la resolución de un caso de análisis para que los resultados sean verificables y sus conclusiones aplicables a futuras mejoras.

CG 7. Competencia para comunicarse con efectividad.

RA10. Elaborar un informe técnico detallado de la resolución de un caso de análisis para que los resultados sean verificables y sus conclusiones aplicables a futuras mejoras

RA11. Exponer oralmente de manera efectiva el proceso de solución de un problema complejo.

RA12. Exponer de manera clara y concisa la solución de los ejercicios para que su resultado pueda ser verificado

Con respecto a competencias específicas:

CE1 C. Competencia para calcular, diseñar y proyectar aerodinámica de vehículos en flujo incompresible y compresible.

RAE1. Ser capaz de elegir y usar las leyes de conservación adecuadas para fundamentar el cálculo aerodinámico en flujo incompresible.

CE1 D. Competencia para analizar la performance, la operación en distintas condiciones y todo lo referente a la mecánica de vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

RAE2. Considerar los efectos de aerodinámicos en flujo incompresible en el análisis de performance, la operación en distintas condiciones y todo lo referente a la mecánica de vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1 E. Competencia para calcular, diseñar, proyectar y construir plantas de propulsoras principales y auxiliares, motores alternativos, reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

RAE2. Capacidad de elegir y emplear las leyes de conservación adecuadas para el cálculo y diseño de plantas propulsoras, motores alternativos, hélices de aeronaves y vehículos que vuelen en régimen incompresible.

CEI F. Competencia para calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

RAE3. Capacidad de interpretar y resolver cálculos en líneas de tuberías que transporten fluido incompresible incluidas en sistemas mecánicos de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CEI I. Competencia para diseñar, proyectar y ensayar los principales parámetros pertinentes a laboratorios de ensayos y calibraciones de equipos de aplicados a las aeronaves vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

RAE4. Capacidad de proponer formas de medición de fluidos para flujos incompresibles en laboratorios de ensayos para sistemas de aeronaves.

CE3A. Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

RAE5. Capacidad de reconocer la influencia de modificaciones superficiales en la estructura externa de una aeronave que pueda perjudicar la condición de uso o estado de forma irreversible. Considerando condiciones de flujo incompresible y subsónico bajo.

Bibliografía

Bibliografía obligatoria

- (1) White, Frank M. (2008). Mecánica de fluidos. 6a ed. Madrid: McGraw-Hill. ISBN 9788448166038.
- (2) Fox R., McDonald A. (1995). Introducción a la mecánica de fluidos. México: McGraw-Hill.
- (3) Munson B., Rothmayer A, Okiishi T., Huebsch W. (2013). Fundamentals of Fluid Mechanics . United States of America: 7 ed. John Wiley & Sons, Inc. .
- (4) Guía de ejercicios de la cátedra.
- (5) Potter M., Wiggert D. , Ramadan, Bassem H. (2015). Mecánica de Fluidos 4ta Ed. Thompson.
- (6) Schetz J. (2011). Boundary Layer Analysis, 2 Ed. AIAA Education Series. eISBN: 978-1-60086-824-5.
- (7) Schlichting H., Gersten H. (2017). Boundary-Layer Theory 2 Ed. Springer, Berlin, Heidelberg. ISBN 978-3-662-52917-1
- (8) Çengen Y., Cimbala J. (2014). Fluid Mechanics 3rd ed. McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-338032-2
- (9) National Committee for Fluid Mechanics Films. <http://web.mit.edu/hml/ncfmf.html>
- (10) Batchelor, George Keith (1970). An introduction to fluid dynamics, Cambridge, GB. University Press.

Asignatura: **Mecánica del Vuelo**

Código:	RTF	7
Semestre: Octavo	Carga Horaria	72 Hs
Bloque: Tecnologías Aplicadas	Horas de Práctica	

Departamento: Aeronáutica

Correlativa:

- Aerodinámica I

Correlativa Aconsejada:

- Teoría del Control

Contenido Sintético:

- Ecuaciones generales del avión.
- Performances del avión.
- Estabilidad Estática Longitudinal.
- Estabilidad Dinámica Longitudinal.
- Estabilidad Estática Lateral-direccional.
- Estabilidad Dinámica Lateral-direccional.

Competencias Genéricas:

CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

CG 2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).

CG 3. Competencia para gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).

CG 7. Competencia para comunicarse con efectividad.

Aprobado por HCD: NNNN-HCD-AAAA

RES: Fecha: DD/MM/AAAA

Competencias Específicas:

CE1 D: Competencia para analizar la performance, la operación en distintas condiciones y todo lo referente a la mecánica de vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1 E: Competencia para calcular, diseñar, proyectar y construir plantas propulsoras principales y auxiliares motores alternativos, reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1 G: Competencia para diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1 H: Competencia para diseñar y proyectar los principales parámetros de diseño aeroportuario y de bases aeroespaciales, en todo aquello que afecte la operación y el funcionamiento de una máquina de vuelo y/o sus equipos, rutas y líneas de transporte aéreo.

CE1 I: Competencia para diseñar, proyectar y ensayar los principales parámetros pertinentes a laboratorios de ensayos y calibraciones de equipos aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE2 A: Competencia para proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE3 A: Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE4 A: Competencia para proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en el campo aeroespacial.

Presentación

La asignatura Mecánica del Vuelo comprende el estudio del movimiento de los aviones bajo la acción de fuerzas aerodinámicas, de inercia y de propulsión, a fin de desarrollar los conocimientos y habilidades que permitan la comprensión y cálculo de las características de performance, estabilidad y dinámica de vehículos aeroespaciales. Son objetivos de la asignatura el dominio de las ecuaciones generales que describen el movimiento de los vehículos aéreos, las hipótesis empleadas, las particularizaciones a distintos regímenes de vuelo y la definición de los distintos sistemas de referencia utilizados. En base a estos fundamentos se trata la evaluación de la performance de aviones de ala fija en vuelo atmosférico, haciendo especial énfasis en las limitaciones propias del vuelo debido a factores aerodinámicos y propulsivos, el análisis y la estimación de condiciones de vuelo óptimas, considerando tanto condiciones de vuelo en equilibrio como vuelos en maniobra.

En una segunda parte la asignatura concierne la aplicación de los conceptos y problemas del control aerodinámico en condición de vuelo estacionario, abordando los mismos desde el punto de vista de la estabilidad estática del movimiento longitudinal y lateral-direccional. La introducción al estudio de las cualidades del vuelo, las cuales son abordadas mediante las metodologías analíticas de la estabilidad dinámica longitudinal y latero-direccional. La influencia de las derivadas de estabilidad aerodinámicas en las cualidades del vuelo, son caracterizadas mediante el estudio de la respuesta del movimiento estacionario ante pequeñas perturbaciones.

Se destaca la importancia que desempeña la Mecánica del Vuelo en la currícula de Ingeniería Aeronáutica, considerando que es el área de conocimiento que aborda el problema del manejo y control de vehículos aeroespaciales, utilizando diversos conocimientos y habilidades que se obtienen a lo largo del cursado de las distintas asignaturas de la carrera.

Contenidos

Unidad I. Ecuaciones generales de movimiento.

Sistemas de referencia. Ecuaciones de movimiento. Linealización y desacoplamiento de las ecuaciones de movimiento.

Unidad II. Performances del avión.

Ecuaciones del movimiento simétrico. Modelado de las fuerzas aerodinámicas y propulsivas. Vuelo nivelado estacionario. Alcance y autonomía. Vuelo en descenso y trepada. Performance en maniobra. Performance de despegue y aterrizaje.

Unidad III. Estabilidad estática longitudinal.

Ecuaciones y características del equilibrio longitudinal. Equilibrio longitudinal con mando fijo y mando libre. Control longitudinal para vuelo nivelado y vuelo en maniobra.

Unidad IV. Estabilidad estática latero-direccional.

Ecuaciones y características del equilibrio direccional. Control direccional. Ecuaciones de movimiento del equilibrio en rolido. Contribución de los componentes del avión al equilibrio en rolido. Control lateral.

Unidad V. Estabilidad dinámica longitudinal.

Características aerodinámicas longitudinales, derivadas de estabilidad. Solución analítica de las ecuaciones del movimiento longitudinal. Parámetros y modos de movimiento característicos.

Unidad VI. Estabilidad dinámica latero-direccional.

Características aerodinámicas latero-direccionales, derivadas de estabilidad. Solución analítica de las ecuaciones del movimiento latero-direccional. Parámetros y modos de movimiento característicos.

Metodología de enseñanza

El sistema de enseñanza será de carácter teórico-práctico, con preeminencia del método deductivo, promoviendo la participación de los estudiantes durante las clases. Se desarrollarán clases teórico-prácticas mediante la exposición dialogada empleando como materiales didácticos pizarrón, proyecciones, exposición y discusión de ejemplos, y aquellos que se consideren útiles para alcanzar los objetivos de la asignatura.

La aprehensión de los conceptos teóricos se llevará a cabo mediante la resolución de problemas, y la realización de un Trabajo Integrador Grupal (TIG) que involucra la aplicación de los modelos físico -matemáticos vistos en la asignatura aplicadas al estudio de la Performance y Mecánica del Vuelo de una aeronave subsónica designada por la cátedra.

La formación teórica, la participación de estudiantes en clase y las actividades prácticas se orientan a que el estudiante desarrolle capacidades en el análisis de la performance y mecánica de vuelo de aeronaves de ala fija. Se tratan asimismo mediante las mencionadas actividades, temas concernientes al diseño y proyección de parámetros de diseño aeroportuario, así como el análisis, cálculo y evaluación de sistemas de navegación, guiado y control de aeronaves.

Se promoverá la consulta independiente y guiada de bibliografía especializada, reportes y otras fuentes que fueran necesarias y el empleo y/o desarrollo de herramientas computacionales para la resolución numérica de los problemas presentados y del TIG. Actualmente se pueden citar lenguajes de programación como Python, C++, Matlab/Simulink, Fortran, entre los cuales se disponen librerías y software con aplicabilidad en problemas de Mecánica del Vuelo.

Se busca que la realización del TIG aporte al desempeño en equipos de trabajo, a la comunicación con efectividad tanto escrita como oral de los resultados alcanzados y al aprendizaje continuo, mediante la consulta de bibliografía especializada, tanto en forma guiada como autónoma.

Evaluación

La evaluación los alumnos en el curso de Mecánica del Vuelo se efectuará de dos maneras complementarias:

1. Mediante 2 (dos) evaluaciones parciales escritas, de carácter teórico-práctico a realizarse durante el período de cursada. Serán calificadas de 0 a 10, en la cual la aprobación (condición de suficiente) merecerá 4 o más puntos, salvo que la FCEFyN o la UNC indiquen otro criterio. Cada una de las evaluaciones tendrá una duración aproximada de 120 (ciento veinte) minutos, y consistirán en desarrollo de temas del programa analítico, conjuntos de preguntas y/o resolución de problemas, según amerite el tema. El peso relativo de cada punto será dado a conocer al comienzo de la evaluación. Los alumnos que resulten aplazados hasta en una (1) evaluación parcial podrán recuperarla al final del curso.

2. Mediante la realización de un Trabajo Integrador Grupal (TIG) desarrollado en equipo. Se formarán grupos de 3 ó 4 alumnos, cuya composición será fijada por la Cátedra al comienzo del período lectivo. El TIG se evaluará mediante la presentación de un informe escrito y su posterior defensa oral, ambas a fijarse durante el período de cursada. De la evaluación del informe escrito del TIG resultará una calificación de carácter grupal, en tanto de la evaluación de la defensa oral del TIG una calificación de carácter individual.

La calificación final de la cursada se obtendrá como un 50% de la nota de los parciales, un 25% de la nota del informe escrito del TIG de carácter grupal, y un 25% de la nota de la defensa oral del TIG.

El examen final en condición de regular o libre constará en una primera parte de una evaluación escrita de carácter teórico-práctico de similar tenor y contenido al establecido para los exámenes parciales, a desarrollarse en una duración aproximada de 120 (ciento veinte) minutos. Se continúa luego con la exposición oral con ayuda del pizarrón de hasta 2 (dos) temas pertenecientes a los contenidos de la asignatura, en donde los docentes, a través de preguntas orientan y evalúan la misma. La aprobación de ambas instancias es condición *sine qua non* para la aprobación del examen final.

La valoración en la evaluación se realiza de acuerdo al siguiente criterio de acuerdo al nivel de alcance esperado de los resultados del aprendizaje:

Nivel 1: Insuficiente	Nivel 2: Regular
Presenta dificultades notorias en la interpretación de los resultados obtenidos. No es capaz de identificar los fundamentos básicos empleados en los modelos físico-matemáticos aplicados. Expresa desconocimiento de las condiciones y/o restricciones operativas pertinentes. La calidad de su expresión escrita es baja. Presenta dificultades notorias en su expresión oral.	Presenta dificultades en la interpretación de los resultados obtenidos. Si bien es capaz de identificar algunas veces los fundamentos básicos empleados en los modelos físico-matemáticos aplicados, comete varias veces errores en su interpretación y/o aplicación. Expresa ocasionadas veces desconocimiento de las condiciones y/o restricciones operativas pertinentes. La calidad de su expresión escrita es regular. Presenta algunas dificultades en su expresión oral.

Nivel 3: Bueno	Nivel 4: Muy bueno
<p>No presenta mayores dificultades en la interpretación de los resultados obtenidos.</p> <p>Es capaz de identificar e interpretar correctamente los fundamentos básicos empleados en los modelos físico-matemáticos aplicados en la mayoría de los casos.</p> <p>Expresa un conocimiento suficiente de las condiciones y/o restricciones operativas pertinentes.</p> <p>La calidad de su expresión oral y escrita es buena.</p>	<p>Interpreta correctamente en todos los casos los resultados obtenidos.</p> <p>Es capaz de identificar e interpretar correctamente en todos los casos los fundamentos básicos empleados en los modelos físico-matemáticos aplicados.</p> <p>Expresa un muy buen conocimiento de las condiciones y/o restricciones operativas pertinentes.</p> <p>La calidad de su expresión oral y escrita es muy buena.</p>

Condiciones de aprobación

Condición de regularidad

La materia se considerará regularizada cuando el alumno cumpla las siguientes condiciones:

- Acreditar la asistencia al 80% de las clases.
- Aprobar con calificación de suficiente o mayor las dos evaluaciones parciales teórico-prácticas (la nota de la evaluación recuperatoria suplantarán la del parcial reprobado).
- Aprobar con calificación de suficiente o mayor el informe escrito del Trabajo Integrador Grupal.

Condición de promoción

La materia se considerará promocionada cuando el alumno cumpla las siguientes condiciones:

- Alcanzar la condición de Regularidad.
- Aprobar con calificación de suficiente o mayor la defensa oral del Trabajo Integrador Grupal.

Condiciones de aprobación

Los alumnos que hayan accedido a la regularidad y no hayan alcanzado la condición de promoción deberán rendir un examen teórico-práctico en las fechas y condiciones decididas por el HCD de la FCEFYN.

La regularidad tendrá validez por el plazo determinado por las reglamentaciones de la FCEFYN y la UNC.

La condición de promoción implica la condición de aprobación de la asignatura.

Condiciones especiales para el Régimen de Alumno Trabajador

Los alumnos que acrediten pertenecer al Régimen de Alumno Trabajador serán relevados de la asistencia a clase, debiendo cumplir el resto de las actividades académicas (parciales,

presentación y defensa de Trabajos Prácticos y TIG), excepto que la UNC defina otro procedimiento para estos casos. La Cátedra ofrecerá la guía didáctica a estos alumnos a través del Laboratorio de Educación Virtual o los canales de comunicación virtual que se consideren convenientes.

Actividades prácticas y de laboratorio

El TIG comprende actividades prácticas referidas a la mecánica del vuelo de un avión de ala fija subsónico designado al comienzo de la cursada por la Cátedra. Se identifican los siguientes tres bloques temáticos a tratar en el TIG:

- Performances del avión. Obtención y análisis de la envolvente de vuelo: limitaciones aerodinámicas y de potencia. Obtención y análisis de la performance en vuelo crucero: alcance y autonomía. Obtención y análisis de la performance en altura para vuelo en trepada y en una maniobra de giro coordinado. Obtención y análisis de la performance en la operación de despegue y aterrizaje. Limitaciones operativas y cumplimiento de normas de aeronavegabilidad según corresponda.
- Estabilidad estática. Obtención y análisis de las características de estabilidad estática del movimiento longitudinal y lateral-direccional. Obtención y análisis de las características e influencia de las superficies de control aerodinámicas. Limitaciones operativas y cumplimiento de normas de aeronavegabilidad según corresponda.
- Estabilidad dinámica. Obtención y análisis de la respuesta del movimiento longitudinal y lateral-direccional de pequeñas perturbaciones. Influencia de las distintas condiciones operativas.

Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje

Los resultados del aprendizaje esperados concernientes a las capacidades para las cuales aporta la asignatura son:

CG1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

RA1. Comprender y resolver los problemas asociados al cálculo y análisis de performance, estabilidad y dinámica de un vehículo aéreo o espacial.

RA2. Identificar el alcance y limitaciones de los modelos físico-matemáticos empleados para lo anterior.

RA3. Ser capaz de interpretar los resultados obtenidos del análisis de lo anterior.

CG2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).

RA1. Ser capaz de modelar numéricamente el vuelo de un avión, de acuerdo al estado del arte.

RA2. Ser capaz de interpretar los resultados obtenidos del análisis de lo anterior.

CG7. Comunicarse con efectividad.

RA1. Elaborar documentación técnica escrita de forma adecuada para la comprensión y verificación por pares.

RA2. Presentar oralmente, en forma eficaz y fluida, los resultados de su trabajo, argumentando el proceso racional seguido.

CE1 D: Analizar la performance, la operación en distintas condiciones y todo lo referente a la mecánica de vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

RA1. Comprender y analizar las ecuaciones de movimiento del vuelo simétrico y el modelado de las fuerzas aerodinámicas y propulsivas presentes en el vuelo atmosférico de aeronaves de ala fija.

RA2. Analizar y evaluar los modelos que permiten obtener el alcance y autonomía en aeronaves de ala fija.

RA3. Calcular y evaluar la influencia de las distintas condiciones operativas en el alcance.

CE1 E: Calcular, diseñar, proyectar y construir plantas propulsoras principales y auxiliares motores alternativos, reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

RA1. Comprender e identificar la influencia de los parámetros aerodinámicos y las condiciones de vuelo en cuanto a los requerimientos de potencia de la planta motora en aeronaves de ala fija.

CE1 G: Diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo. Identificar, comparar y relacionar los sistemas de referencia referidos a la descripción de la ubicación y orientación de vehículos aéreos.

RA1. Comprender la derivación de las ecuaciones de movimiento, la descripción de las relaciones cinemáticas y otros fundamentos básicos en el desarrollo de sistemas de navegación, guiado y control de aeronaves.

RA2. Comprender y analizar las condiciones de estabilidad aerodinámica de la aeronave y su relación con el sistema de control y condiciones operativas.

CE1 H: Competencia para diseñar y proyectar los principales parámetros de diseño aeroportuario y de bases aeroespaciales, en todo aquello que afecte la operación y el funcionamiento de una máquina de vuelo y/o sus equipos, rutas y líneas de transporte aéreo.

RA1. Comprender las ecuaciones de movimiento durante la operación de despegue y aterrizaje de aeronaves de ala fija.

RA2. Calcular y evaluar las distancias requeridas para la operación de despegue y aterrizaje a partir de lo anterior considerando las normas de aeronavegabilidad que correspondan.

CE1 I: Competencia para diseñar, proyectar y ensayar los principales parámetros pertinentes a laboratorios de ensayos y calibraciones de equipos aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE2 A: Competencia para proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE3A: Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

RA1. Determinar el cumplimiento de normas de aeronavegabilidad en lo que a performance, capacidad de control y cualidades de vuelo se refiere.

CE4A: Competencia para proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en el campo aeroespacial.

Los instrumentos de evaluación correspondientes a los resultados de aprendizaje evaluados en las competencias pertinentes a la asignatura se presentan en la siguiente rúbrica.

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Instrumento de Evaluación Mínimo Esperado: Nivel 3 (Bueno)		
		Parciales	Trabajo Integrador Grupal Informe Escrito	Trabajo Integrador Grupal Defensa Oral
CG1	RA1	X	X	
	RA2		X	X
	RA3	X	X	X
CG2	RA1		X	
	RA2		X	X
CG7	RA1		X	
	RA2			X
CE1 D	RA1		X	
	RA2	X	X	X
	RA3	X	X	X
	RA4		X	X
CE1 E	RA1	X	X	X
CE1 G	RA1	X		
	RA2		X	X

CE1 H	RA1	X		X
	RA2	X	X	
CE2 A				
CE3 A	RA1		X	

Bibliografía

Cook, M. V. (2013), "Flight dynamics principles: a linear systems approach to aircraft stability and control", Elsevier.

Eshelby, M. E. (2000), "Aircraft performance: Theory and practice" AIAA Education Series.

Etkin, B., Reid, L. (1959), "Dynamics of flight: stability and control", John Wiley & Sons.

Roskam, J. (1971), "Methods for estimating stability and control derivatives of conventional subsonic airplanes" University of Kansas

Mair, M. A and Birdsall, D. L. (1992), "Aircraft performance", Cambridge University Press.

Roskam, J. and Lan, C. T. (1997), "Airplane aerodynamics & performance", DARCorporation.

Asignatura: **Mecanismos y Elementos de Máquinas**

Código:	RTF	10
Semestre: 6to	Carga Horaria	96
Bloque: Tecnologías Aplicadas	Horas de Práctica	9

Departamento: Máquinas

Correlativas:

- Correlativa: Tecnología Mecánica

Contenido Sintético:

- Introducción a los mecanismos y a las máquinas
- Elementos de unión (uniones soldadas y adherentes)
- Elementos de sujeción (roscados, remaches, pernos, cuñas y pasadores)
- Embragues, Acoplamientos, Frenos y Volantes
- Lubricación y contacto deslizante
- Transmisión de potencia por fricción
- Transmisión mecánica con elementos flexibles (correas, cadenas, cables, ejes flexibles, etc.)
- Cojinetes de contacto rodante
- Resortes mecánicos
- Engranajes y Engranajes (mecanismo diferencial, levas)
- Ejes fijos y ejes móviles
- Mecanismo de biela y manivela

Competencias Genéricas:

- **CG 1** Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- **CG 2.** Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- **CG 4.** Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería

Aprobado por HCD: NNNN-HCD-AAAA

RES: Fecha: DD/MM/AAAA

Competencias Específicas para la carrera de Ingeniería Aeroespacial

CE1 E . Competencia para calcular, diseñar, proyectar y construir plantas de propulsoras principales y auxiliares motores alternativos, a reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1 F Competencia para calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1 I; Competencia para diseñar, proyectar y ensayar los principales parámetros pertinentes a laboratorios de ensayos y calibraciones de equipos de aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE2 A. Competencia para proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE3A: Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE4A: Competencia para proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en el campo aeroespacial.

Presentación

El objetivo de esta materia es el estudio de los mecanismos y elementos que integran los equipos y la maquinaria moderna. Para satisfacer tal fin es necesario que cada estudiante posea sólidos conocimientos de la física, la mecánica racional, los materiales y la mecánica de las estructuras.

La aplicación de los principios de la cinemática y la dinámica en el análisis de los movimientos de los órganos de máquinas permitirá la determinación de los esfuerzos a que estarán sometidos los distintos elementos y de esta forma se podrá dimensionar los mismos o realizar la selección de aquellos otros que ya han sido estandarizados.

Al finalizar el curso el estudiante habrá formado un criterio que le permita determinar el campo de aplicación de los distintos mecanismos y elementos de máquinas para poder encarar el estudio de las materias de tecnología aplicada que integran el currículo de la carrera.

Contenidos

Unidad 1. Introducción a los mecanismos de máquinas y su diseño

El diseño en ingeniería. Proceso de diseño de mecanismos de máquinas.

Identificación del problema. Evaluación.

Elementos para el análisis. Normas y códigos.

Unidad 2. Mecanismos de barras

Fundamentos de cinemática. Grados de libertad. Tipos de movimiento. Eslabones, juntas y cadenas cinemáticas.

Unidad 3. Elementos de unión.

Soldadura. Simbología en la soldadura. Juntas a tope y a traslape o de filete. Torsión, flexión y resistencia en uniones soldadas.

Uniones adherentes. Soldaduras de aporte y pegadura.

Tornillos. Tipos de roscas y sus aplicaciones. Cálculo de tornillos sometidos a cargas estáticas constantes y variables. Distintos tipos de tuercas y accesorios. Remaches:

Campos de aplicación: distintos tipos y características. Cálculo.

Materiales utilizados.

Unidad 4. Diseño de elementos roscados y de sujeción

Nomenclatura del roscado.

Uniones atornilladas y remachadas. Pernos. Elementos de sujeción.

Cuñas y pasadores.

Mecanismo de tornillo y tuerca para transmisión de fuerza y trabajo. Rendimiento de los tornillos de rosca cuadrada y trapecial. Tornillo diferencial. Materiales utilizados.

Fallas en uniones roscadas y de sujeción.

Unidad 5. Acoplamientos

Transmisión de movimiento y trabajo entre árboles. Junta Cardan: estudio cinemático y dinámico. Junta homocinética. Otros tipos de acoplamientos.

Unidad 6. Mecanismo biela-manivela.

Mecanismo biela-manivela. Estudio cinemático y dinámico. Aplicaciones a motores alternativos y máquinas herramientas.

Unidad 7. Mecanismo diferencial.

Mecanismo diferencial. Diversas aplicaciones en máquinas y automotores.

Unidad 8. Sistemas de lubricación.

Tipos de lubricación. Viscosidad. Ley de Petroff. Cojinetes de fricción. Materiales utilizados. Características de los lubricantes.

Unidad 9. Cojinetes de contacto rodante y de contacto deslizante

Tipos de cojinetes de rodamiento. Cojinetes: carga, vida útil y confiabilidad.

Selección de cojinetes de bolas, de rodillos, cilíndricos y de rodillos cónicos. Análisis de ciclos de carga, montaje y alojamiento de cojinetes.

Tipos de lubricación. Viscosidad. Lubricación estable y de película gruesa. Teoría de la lubricación hidrodinámica. Elementos de diseño de sistemas de lubricación.

Otros tipos de cojinetes. Cargas y materiales. Cojinetes de empuje.

Unidad 10. Levas.

Levas con seguidor rotatorio o traslatorio. Seguidores planos y de rodillos. Cierres de fuerza y de forma. Leva radial y axial. Perfil de una leva. Diagramas de desplazamiento, velocidad, aceleración y jerk. Excéntricas.

Unidad 11. Frenos.

Frenos: aplicaciones y tipos. Disposiciones constructivas, materiales utilizados. Potencia disipada. Calentamiento. Materiales utilizados.

Unidad 12. Árboles y ejes.

Diseño y cálculo de árboles y ejes. Determinación de los diagramas de carga de un árbol acodado. Accesorios.

Unidad 13. Engranajes y engranajes.

Tipos de engranes. Nomenclatura. Acción conjugada. Propiedades de la evolvente. Principios fundamentales. Relación de Contacto. Interferencia. Perfil de diente de un engrane. Engranajes Cónicos, helicoidales paralelos y de Tornillo Sinfn. Sistemas de dientes. Engranajes o trenes de engranes. Análisis de fuerzas para engranes rectos, cónicos, helicoidales y de tornillo Sin Fin. Transmisión mediante engranajes. Ley general del engrane. Diseño y cálculo de engranajes rectos y helicoidales. Materiales utilizados. Cadenas, distintos tipos, selección.

Unidad 14. Engranajes Rectos y Engranajes Helicoidales

Formula de Lewis. Durabilidad de la superficie de contacto. Formulas AGMA. Factor de Forma, Factor Dinámico y factores de aplicación en el diseño de engranes.

Unidad 15. Transmisión de potencia por fricción.

Transmisiones de potencia por fricción. Ruedas lisas y de garganta. Correas planas y trapeciales. Cables.

Unidad 16. Resortes.

Módulos y constantes de un resorte. Energía de deformación. Aplicación del Teorema de Castigliano.

Resortes helicoidales: distintos tipos, aplicaciones. Determinación de la constante elástica. Energía absorbida. Resortes helicoidales de tracción, compresión y torsión. Cálculo y diseño de resortes helicoidales.

Resortes planos. Resortes de ballesta. Resortes de disco.

Materiales utilizados en la fabricación de resortes.

Fallas en resortes helicoidales.

Metodología de enseñanza

Cada unidad temática es abordada en el aula por un docente que, al frente de un grupo de estudiantes, relaciona los conocimientos adquiridos en materias que ya han sido cursadas, en la formación general, de fundamento y la práctica formativa, con los principios básicos de funcionamiento de los mecanismos más significativos que se utilizan en el ejercicio de la profesión. Luego, el proceso de enseñanza y aprendizaje es complementado con la resolución de problemas, utilizando prácticas que apuntan a ser profesionalizantes en el camino de la formación de un ingeniero, a través de resolución de problemáticas de aplicación frecuente en la vida profesional de un Ingeniero Aeroespacial. Todo este proceso se centra en el aprendizaje que adquieren todos los actores que participan en él.

En el desarrollo del dictado de la asignatura se realizan actividades de diversa índole:

1. Se resuelven problemas de ingeniería en forma escrita donde el estudiante debe identificar problemas que involucran distintos tipos de mecanismos y debe proponer soluciones que luego un docente evaluará según criterios preestablecidos.

2. Se realizan coloquios entre pares para cada tema, donde los estudiantes participan de una reunión entre profesionales en donde se tratan los temas desarrollados en la clase correspondiente con el apoyo de documentos, escritos, que el propio estudiante desarrolla que contiene textos, dibujos, gráficos y esquemas, producidos por el estudiante en su proceso de aprendizaje. Esta instancia evaluativa se realiza con un docente como testigo que certifica la aprobación, o no de la actividad, según la autoevaluación que realiza cada estudiante sobre el avance de su proceso de aprendizaje.
3. Se realiza un Trabajo de Laboratorio donde se persigue el objetivo de que cada estudiante haga una experiencia de práctica profesionalizante, es decir que lleve a cabo un trabajo en orden a lo que se hace en el ejercicio de la profesión y que sea evaluado por ello.

La tarea de aprendizaje se completa con actividades en los laboratorios del departamento Máquinas de la FCEFyN, donde los estudiantes disponen de mecanismos y elementos de máquinas, ordenados en forma didáctica, que integran las distintas unidades temáticas para apreciar sus características y experimentar el comportamiento cinemático de los mismos.

El Departamento Máquinas dispone además de un Museo de Máquinas donde el alumno puede apreciar la aplicación práctica de los elementos desde el punto de vista de la evolución de esos mismos mecanismos.

El alumno deberá confeccionar, en forma individual, una carpeta que constará de: un breve resumen de los fundamentos generales que influyen en el funcionamiento de los mecanismos que se estudian en cada clase y práctica de laboratorio; los ejercicios realizados en clase; los ejercicios que el estudiante realiza para alcanzar una mayor habilidad y destreza en el uso de procedimientos tecnológicos en la formación en contenidos específicos de cada uno de los temas desarrollados, en forma clara y con las referencias necesarias para su interpretación y entendimiento en lo que a utilización de tablas, fórmulas, etc. se refiere y, por último, tablas, gráficos, ábacos, etc. que se hayan utilizado para la resolución de los ejercicios mencionados que podrán ser utilizados en las evaluaciones parciales, en los coloquios y en las prácticas de laboratorio.

Evaluación

Se aplican tres (3) evaluaciones parciales y un recuperatorio en donde se puede llegar a recuperar dos de ellas. La nota mínima para aprobar es de cuatro puntos. Aquellos alumnos que hubieran reprobado o no se hubiesen presentado hasta dos parciales podrán recuperarlos en la evaluación recuperatoria que se realiza al finalizar el curso.

Cada estudiante es evaluado en forma oral, en un coloquio, para cada uno de los temas que se dictan en cada clase, en grupos abiertos conformados por estudiantes y docentes en los cuales se realiza una práctica de análisis de temas entre pares, a modo de práctica profesionalizante que debe ser aprobada según criterios de manejo del tema y de solvencia oral para transmitir ideas. Los criterios de evaluación son sugeridos por el docente a cargo de cada tema que se aborda, quién juega el rol de testigo de que se realizó la actividad auto-evaluadora y la aprobación depende, justamente, de la autoevaluación del estudiante.

También se evalúa el trabajo de laboratorio que versa sobre temas sugeridos por la cátedra que cambian en cada cursada pero siempre apuntan a realizar prácticas que se llevan a cabo en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Aeroespacial.

Condiciones de aprobación

Condiciones para la promoción de la materia

- Asistencia a un mínimo del 80% de las clases teórico-prácticas.
- Asistencia a un mínimo del 80% de las actividades de laboratorio y aprobar el Trabajo de Laboratorio.
- Aprobación de los tres parciales en forma directa o en el recuperatorio.
- Presentación de la carpeta según lo expresado anteriormente.

Condiciones para la regularización de la materia.

- Asistencia a un mínimo del 80% de las clases teórico-prácticas.
- Asistencia a un mínimo del 80% de las actividades de laboratorio y aprobar el Trabajo de Laboratorio.
- Aprobación de dos parciales en forma directa o en el recuperatorio.
- Presentación de la carpeta según lo expresado anteriormente.

Actividades prácticas y de laboratorio

En grupos reducidos en el Laboratorio de Ensayo de Motores los estudiantes abordan Trabajos de Laboratorio sobre sistemas reales en el estudio de los principales mecanismos y sus aplicaciones características: sistemas de amortiguamientos, mecanismo diferencial, caja de engranajes, etc.

Competencias y resultados de aprendizaje

Competencia Genérica	Resultados de aprendizaje
CG 1 Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	RA1 – Identificar problemas en productos y procedimientos de ingeniería.
	RA2 – Analizar problemáticas de ingeniería.
	RA3 – Proponer diferentes procedimientos, metodologías y elementos para avanzar en la solución de problemas de ingeniería.
CG 2. Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes productos o procesos,).	RA1 – Poseer habilidades lingüísticas, orales y escritas para: interpretar, redactar, explicar, definir, formular hipótesis, afirmar y sintetizar en temáticas problemáticas.
	RA2 - Aplicar con solvencia los fundamentos de la ingeniería para predecir fallas y determinar procedimientos y mecanismos durables y confiables.
CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería	RA1 – Aplicar los conocimientos y experiencia que las normas y otros sistemas de calidad, seguridad e higiene, ponen a disposición de la ingeniería.
	Resultados de aprendizaje

Competencia Específica	
CE1 E , CE1 F , CE1 I:	RA1.- Identifica tipos de movimientos con fundamento cinemático según los grados de libertad de barras, eslabones y juntas en una cadena cinemática.
	RA2 – Elabora cadenas cinemáticas que sirven como modelo para el diseño de diferentes mecanismos que constituyen una máquina.
CE2 A, CE3A, CE4A:	RA3 – Selecciona mecanismos y elementos de máquinas de acuerdo a características y especificaciones técnicas requeridas.
	RA4 – Explica fundamentos de la física que justifican un determinado diseño mecánico de acuerdo con la normativa vigente que aplica en cada caso analizado.

Bibliografía

- Elementos de Máquinas, Nieman
- Elementos de Máquinas, H. Cosme.
- Elementos de Máquinas. Dobrovolski
- Construcción de Elementos de Máquinas, Kimbal y Barr
- Manual del Constructor de Máquinas, Dubbel.
- Manual universal de la Técnica Mecánica, Ober y Jones
- Libro Auxiliar del Técnico Mecánico, Klingelberg
- Diseño de Elementos de Máquinas, V.M. Faires. Ed. UTHEA
- Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley-Mischke. Ed. Mc.Graw Hill
- Diseño de Maquinaria, Robert L. Norton. Ed. Mc. Graw Hill.

Asignatura:

TEORÍA DEL CONTROL

Código:

RTF

7

Semestre: Sexto

Carga Horaria

72

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Horas de Práctica

36

Departamento: Electrónica

Correlativas:

- Correlativa: Electrotecnia y Electricidad

Contenido Sintético:

- 1. Introducción a sistemas realimentados. Modelización de los sistemas.
- 2. Métodos matemáticos y numéricos de aplicación específica
- 3. Funciones de transferencia
- 4. Realimentación y sus efectos.
- 5. Componentes característicos de servosistemas.
- 6. Comportamiento transitorio y estabilidad. Compensadores.
- 7. Respuesta en frecuencia

Competencias Genéricas:

- CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG 4. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.

Aprobado por HCD: NNNN-HCD-AAAA

RES: Fecha: DD/MM/AAAA

Competencias Específicas:

CE1 A: Competencia para establecer parámetros de diseño y normas de mantenimiento y operación para todos los subsistemas eléctricos de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1 D Competencia para analizar la performance, la operación en distintas condiciones y todo lo referente a la mecánica de vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1 E. Competencia para calcular, diseñar, proyectar y construir plantas de propulsoras principales y auxiliares motores alternativos, a reacción, cohetes, compresores, cámaras de combustión, turbinas, hélices de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1 F Competencia para calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo

CE1 G: Competencia para diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE1 I; Competencia para diseñar, proyectar y ensayar los principales parámetros pertinentes a laboratorios de ensayos y calibraciones de equipos de aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE3A: Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

Presentación

Teoría del Control es una asignatura que se encuentra inserta en el Plan de Estudio de las carreras de Ingeniería Aeroespacial en 3^{er} año (sexto semestre). Mayormente los procesos industriales o equipos actuales incluyen sistemas que permiten controlar variables, como son la temperatura, presión, velocidad, etc. Los sistemas de control en general están asociados con automatismos que complementan el funcionamiento de los sistemas de producción. Para poder realizar el control de una variable industrial, resulta imprescindible tener sensores que permitan realizar mediciones del parámetro a controlar para que luego, el sistema realimentado, tome las decisiones correspondientes por medio de los actuadores adecuados. En función de este perfil la asignatura Teoría del Control, le dará las bases para que el alumno comprenda la teoría del control automático a través del planeamiento y el desarrollo del diseño de un sistema de control clásico, dándole los conocimientos como para comprender el desarrollo de los sistemas de control modernos, debido que se los introduce en los conceptos teóricos sobre los que se basa el control. Los sistemas de control hacen que el Ingeniero Aeroespacial entienda que el control se encuentra presente en cualquier dispositivo actual donde se requiera un manejo automático o sistematizado, en un artefacto o mecanismo o también en un proceso propiamente dicho. El cumplimiento de los objetivos propuestos en la planificación de la Cátedra permite la solución de los problemas habituales con que el egresado/a se encontrará en su actividad profesional, en concordancia con las actividades reservadas, alcances del Título del Ingeniero Aeroespacial Durante la cursada, el alumno adquiere competencias como: clasificar e identificar sistemas de control, comprender e interpretar la necesidad de la complejidad del sistema de control necesario para dar solución a diferentes procesos o sistemas. Esto redundará en graduados/as proactivos/as que se insertan en el mercado laboral Regional, Provincial y Nacional, integrando equipos interdisciplinarios en empresas de control y automatización de procesos o de manera individual siendo emprendedores, llevando adelante sus ideas de soluciones técnicas a productos y servicios de índole original. Los conocimientos adquiridos en Sistemas de Control permitirán entender el funcionamiento de Sistemas de Control Automáticos, con sus correspondientes elementos (sensores, actuadores, controladores, etc.), interconectados entre sí cumpliendo un objetivo establecido. Desarrollar modelos de simulación y otros sistemas destinados a la resolución de problemas y asesorar en su aplicación. Al finalizar la cursada de la asignatura, el/la estudiante y futuro profesional adquiere los conocimientos para identificar, comprender y ensamblar entre otras habilidades un sistema de control que plantee situaciones simples, gestionado una variable física donde exista la necesidad manipularla con el fin de crear una acción concreta. Desarrollar en el alumno aptitudes para su iniciación en el proyecto de control, capacitar para construir su concepción, modelización, análisis, simulación y diseño, mediante el empleo de las técnicas del control clásico aprendidas, y complementar su instrucción por medio de las herramientas informáticas disponibles. Manteniendo la concepción específica del enfoque propio de la Ingeniería Aeroespacial, los conceptos son referidos a elementos o comportamientos reales de las circunstancias actuales, enfatizando una formación generalista para su rápida mutación de acuerdo a cómo transcurra el acontecer tecnológico en el futuro cercano.

Contenidos

Unidad 1. Introducción a sistemas realimentados. Modelización de los sistemas

- 1.1 Sistemas de control de lazo abierto y de lazo cerrado
- 1.2 La retroalimentación y sus efectos
- 1.3 Clasificación de los sistemas de control retroalimentados
- 1.4 Definición del problema de análisis y diseño de los sistemas de control
- 1.5 Modelo clásico o de función de transferencia
- 1.6 Ecuaciones diferenciales
- 1.7 Modelos dinámicos linealizados

- 1.8 Cálculo de modelos matemáticos de:
 - 1.8.1 Sistemas mecánicos
 - 1.8.2 Sistemas eléctricos
 - 1.8.3 Sistemas electromecánicos: función de transferencia de motores y generadores
 - 1.8.4 Sistemas térmicos

Unidad 2. Métodos matemáticos y numéricos de aplicación específica

- 2.1 Transformada de Laplace
- 2.2 Diagrama de bloques
- 2.3 Diagrama de flujo
- 2.4 Fórmula de ganancia de Mason

Unidad 3. Funciones de transferencia

- 3.1 Transformada de Laplace de las ecuaciones dinámicas
- 3.2 Función de transferencia de lazo abierto y lazo cerrado
- 3.3 Ecuación característica. Polos y ceros de la función de transferencia
- 3.4 Obtención de la función de transferencia a partir del diagrama de flujo mediante la fórmula de Mason.

Unidad 4. Realimentación y sus efectos

- 4.1 Ejemplos de modelos de sistemas realimentados
- 4.2 Efectos de la realimentación ante la variación de los parámetros y ante entradas perturbadoras.
- 4.3 Tipos de sistemas y errores de régimen estacionario
- 4.4 Respuesta temporal versus errores de régimen estacionario

Unidad 5. Componentes característicos de servosistemas

- 5.1 Sensores y transductores en sistemas de control. Potenciómetros, taco-generadores, codificadores
- 5.2 Actuadores
- 5.3 El controlador: Función en un sistema de control
- 5.4 Controladores y leyes de control analógicas
- 5.5 Leyes de control analógico y sus funciones de transferencia
- 5.6 Respuesta temporal de controladores a señales de entradas típicas
- 5.7 Nomenclatura industrial de las acciones de control: banda proporcional, frecuencia de repetición, tiempo de anticipación.

Unidad 6. Comportamiento transitorio y estabilidad. Compensadores

- 6.1 Respuesta temporal de sistemas retroalimentados de control
- 6.2 Respuesta temporal típica de un sistema de control a una entrada escalón. Conceptos de modo dominante, estabilidad relativa, rapidez, precisión
- 6.3 Parámetros característicos de la respuesta temporal de un sistema de segundo orden a una entrada escalón. Relaciones analíticas
- 6.4 Respuesta en estado estacionario: entradas típicas, tipos de sistemas, errores estacionarios y coeficientes estáticos de error
- 6.5 Análisis de estabilidad absoluta
 - 6.5.1 Definiciones: estabilidad, estabilidad asintótica, inestabilidad
 - 6.5.2 Criterios algebraicos de estabilidad: de Routh-Hurwitz para sistemas de tiempo continuo
- 6.6 Análisis de sistema de control por el método del lugar de las raíces
 - 6.6.1 Patrones de respuesta según la ubicación de los polos de lazo cerrado
 - 6.6.2 Lugar de raíces. Conceptos, condiciones básicas y reglas de construcción
 - 6.6.3 Ejemplo de trazados de lugares de raíces típicos
 - 6.6.4 Respuesta temporal a partir del lugar de raíces
- 6.7 Calidad del control y su mejora por su compensación
 - 6.7.1 Especificaciones de comportamiento de sistemas de control
 - 6.7.2 Compensación proporcional por lugar de raíces
 - 6.7.3 Concepto de índices de comportamiento
 - 6.7.4 Efecto del agregado de acciones de control PD y PI sobre la forma del lugar de raíces y la respuesta temporal

6.7.5 Compensación por lugar de raíces: PD y PI y combinada.

6.7.6 Criterios prácticos de ajuste de Ziegler-Nichols.

Unidad 7. Respuesta en frecuencia

7.1 Introducción

7.2 Respuesta en frecuencia y distintas formas de representación

7.3 Criterios de estabilidad

7.4 Estabilidad relativa: Margen de Ganancia y Margen de Fase

7.5 Respuesta en frecuencia de los distintos tipos de compensadores

7.6 Compensación por adelanto

7.7 Compensación por atraso

7.8 Compensación combinada adelanto-atraso

Metodología de enseñanza

Las clases impartidas son teóricas y prácticas. En las clases, se exponen los fundamentos de cada tópico y se ejemplifica su aplicación mediante el planteo y resolución de problemas ejemplo de aplicación.

Clases de resolución de problemas de aplicación, basados en una guía de problemas, en las que se plantean y resuelven otros problemas de aplicación aplicando la base teórica. Algunos problemas son resueltos por los alumnos en clase bajo supervisión del docente. Los restantes deben ser resueltos por los alumnos fuera del horario de clase.

Consultas: los docentes fijan horarios de consulta (dos horas por semana) para que los alumnos planteen sus dudas tanto acerca de los aspectos teóricos como de las dificultades que tengan para resolver los problemas de aplicación.

Mediante ayuda de software o herramientas de cálculo disponibles, es indicada la referencia a soluciones de planteos matemáticos. Se presentan ejercicios prácticos y trabajos de laboratorio simulados con aplicaciones tecnológicas relacionadas. El alumno documenta las actividades que realiza durante el cursado en una carpeta de resolución de problemas que le es útil para las evaluaciones que se realizan. También se realizan explicaciones de casos prácticos comunes y cercanos a la realidad de todos los días en el ambiente industrial y hogareño; exposiciones grupales de temas elegidos por el docente; empleo del aula virtual, donde se encuentran las presentaciones de clases y documentación relevante. También se busca relacionar los contenidos de la asignatura, con otras asignaturas del plan de estudios a las que da soporte para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante. Se emplea el aula invertida, realizando actividades y procesos de aprendizaje fuera del aula; mientras en la clase se desarrolla la discusión y aclaración de contenidos; fomentando el aprendizaje autónomo del estudiante; modificando el rol pasivo de receptor de información a un rol activo en su proceso de aprendizaje significativo; asumiendo el docente el rol de guía del estudiante.

Evaluación

Las metodologías y estrategias de evaluación que se emplearán, considerando los resultados de aprendizaje y los diferentes temas de las unidades desarrolladas en clases y laboratorio, son:

Evaluaciones parciales: en fechas previamente determinadas, durante el semestre lectivo (dos pruebas parciales de práctico) en la resolución de problemas para evaluar los conocimientos conceptuales y aplicativos adquiridos.

Evaluación de integración de conocimientos: los alumnos que hayan aprobado las dos pruebas parciales y la asistencia son evaluados mediante un coloquio integrador, de todo el contenido de la asignatura y evalúa el conocimiento conceptual y aplicativo del alumno. Su aprobación dentro del período semestral implica la promoción del alumno en la materia. Se emplea el instrumento rúbrica.

Evaluación de un Trabajo Final de Integración basada en el estudio de un sistema a controlar a su elección (temperatura, velocidad de servomotores, posición de un brazo robótico, etc.) en el que debe aplicar todos los puntos teóricos/conceptuales del programa. Una vez finalizado el trabajo, el alumno expone oralmente. Se permite la integración de un equipo de dos (2) alumnos como máximo para realizar el trabajo y se emplea el instrumento rúbrica.

Condiciones de aprobación

Aprobación

- 1.- Tener aprobadas las materias correlativas.
- 2.- Asistir al 80% de las clases teóricas y prácticas.
3. Aprobar las evaluaciones parciales de los prácticos, con una calificación de 0 a 10., con recuperación
- 4.- Aprobar la prueba de integración de conocimientos dentro del período semestral , promocionando la asignatura.
- 5.- Aprobar la presentación de la monografía por escrito y en forma oral
6. Examen final: se toma individualmente en las fechas establecidas a cada alumno libre o regular que se presenta. Comprende la prueba de integración de conocimientos y en caso de aprobar ésta, realiza una actividad de resolución de problemas de aplicación

Regularización

- 1.- Tener regularizadas las materias correlativas.
- 2.- Asistir al 80% de las clases teóricas y prácticas.
3. Aprobar una de las dos (2) evaluaciones parciales de los prácticos, con una calificación de 0 a 10., con recuperación
- 4.- Aprobar la presentación de la Trabajo Final de Integración por escrito y en forma oral, considerado también como 3ER Parcial

Actividades prácticas y de laboratorio

El alumno prepara un trabajo, basado en el estudio de un sistema a controlar a su elección (temperatura, velocidad de servomotores, posición de un brazo robótico, etc.) en el que debe aplicar todos los puntos teóricos/conceptuales del programa. Una vez finalizado el trabajo, expone oralmente los resultados. Se permite la integración de un equipo de dos (2) alumnos como máximo para realizar el trabajo.

Competencias y resultados de aprendizaje

Competencias genéricas

Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
<p>CG 1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería</p>	<p>RA1.- Utiliza técnicas analíticas, numéricas y gráficas para la solución de problemas, en el dominio del control clásico o del control moderno.</p> <p>RA2.- Realiza análisis en el dominio el tiempo y la frecuencia, identificando parámetros y observando cómo se comporta la respuesta del sistema de control.</p>

<p>CG4: Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.</p>	<p>RA3. Utiliza herramientas computacionales que permitan solucionar los problemas planteados, con una orientación hacia la simulación de los modelos matemáticos obtenidos, con el fin de visualizar y comprender los resultados.</p> <p>RA4.- Realiza problemas de la guía de trabajos prácticos, empleando programas de simulación y analizando los resultados, en función de la aplicación.</p> <p>RA5.- Selecciona las técnica y herramientas para aplicar en las sistemas de control , de manera efectiva</p> <p>RA6.- Interpreta los resultados que se obtengan de la aplicación de las diferentes técnicas y herramientas utilizadas en los sistemas de control</p>
--	---

Competencias Específicas

Competencia específicas	Resultados de aprendizaje
<p>CE1 A, CE1 D, CE1 E, CE1 F , CE1 G, CE1 I</p>	<p>RA1.- Aplica los distintos elementos, en los sistemas de control, según las técnicas de control clásico.</p> <p>RA2.- Realiza ejemplos característicos de los sistemas de control donde aparecen los términos y nomenclatura, identificando las variables de entrada y salida</p> <p>RA3.- Utiliza los métodos de Análisis de respuesta transitoria y permanente para la caracterización de sistemas y la determinación de parámetros de interés.</p> <p>RA4.- Realiza ejemplos característicos de los sistemas de control donde aparecen los términos y nomenclatura, identificando las variables de entrada y salida</p> <p>RA5.-Aplica los métodos de Lugar de Raíces y de Respuesta en frecuencia para analizar, sintetizar, compensar y diseñar sistemas de control automático, identificando la estabilidad del sistema y su comportamiento.</p> <p>RA6.- Realiza análisis en el dominio del tiempo y la frecuencia, identificando parámetros y observando cómo se comporta la respuesta del sistema de control.</p>
<p>CE3A</p>	<p>RA7.- Utiliza conocimientos de programas</p>

	<p>de simulación de la ingeniería de control, para distintas aplicaciones de control, según la aplicación.</p> <p>RA8.- Formula modelos matemáticos de sistemas mecánicos, eléctricos, de nivel, térmicos y electrónicos, para realizar sistemas de control, según especificaciones establecidas.</p>
--	--

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Kuo, Benjamín (1996), Sistemas de Control Automático. Prentice-Hall-México.

Ogata, Katsuhiko (2010), Ingeniería de control moderna, Pearson

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Bolton, w (2001), Ingeniería de control, Alfaomega, México.

D'azzo, Houpis John J., Constantine H, J (1975) Sistemas realimentados de Control: análisis y síntesis., Paraninfo, Madrid.