



Universidad Nacional de Córdoba  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
República Argentina

Programa de:

# PROPULSIÓN

Código:

Carrera: Ingeniería Aeronáutica

Escuela : Ingeniería Mecánica Aeronáutica

Departamento: Aeronáutica

Carácter: Obligatoria

Plan: 23205

Carga horaria: 96

Cuatrimestre: Octavo

Grupo: Tecnologías Aplicadas

Puntos: 4

Has. Semanales: 6

Año: Cuarto

### Objetivos:

El objetivo de las enseñanzas de los motores alternativos y de los turbomotores de aviación, consiste en introducir a los alumnos conceptos que dieron origen a estos motores y permitirles entender las limitaciones de estas máquinas. También aprenderán acabadamente las características fundamentales de los componentes de estos motores, y de sus comandos, con la finalidad de poder comparar dos plantas de poder de similares características

Introducir al alumno al mantenimiento de Motores alternativos y de turbomotores.

### Programa Sintético

- |   |  |
|---|--|
| 1. Generalidades de Sistemas Propulsivos. Antecedentes y desarrollos. | 11. Performance.   |
| 2. Teoría de la Propulsión.   | 12. Tipos de Motores de Turbina de Gas.                      |
| 3. Procesos Termodinámicos que dan Trabajo.                           | 13. La Turbina.  |
| 4. Ciclos Motores de Fluido Real.                                     | 14. El Compresor.  |
| 5. La Renovación de la Carga.   | 15. La Cámara de Combustión.                                 |
| 6. Motores de Dos Tiempos.  | 16. Los Accesorios del Turbomotor.                           |
| 7. Motores de Tipo Diesel.  | 17. Performances del Turbomotor.                             |
| 8. La Combustión.   | 18. Las Tomas de Aire.                                       |
| 9. La Preparación de la Carga.  | 19. Los Comandos del Motor Alternativo y los del Turbomotor. |
| 10. El Encendido y la Lubricación.                                    | 20 Los Materiales para los dos Tipos de Motores.             |

Programa Analítico: de foja: 2 a foja 3

Programa Combinado de Examen (si corresponde): de foja: a foja

Bibliografía de Foja: de foja: 4 a foja 4

Correlativas Obligatorias: Aeronáutica General  
Mecanismos y Elementos de Máquina

Correlativas Aconsejadas: -

Rige: 2005 en adelante

Aprobado H.C.D. , Resolución:

Modificado / Anulado/ Sust. HCD Res.:

Fecha:

Fecha:

El secretario Académico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC) certifica que el programa está aprobado por la resolución y fecha que antecede.

Fecha: / / .

Firma: \_\_\_\_\_

Carece de validez sin la certificación de la Secretaría Académica



## PROGRAMA ANALITICO

### LINEAMIENTOS GENERALES

Propulsión es una actividad curricular que pertenece al cuarto año (octavo semestre) de la carrera de Ingeniería Aeronáutica. En la presente asignatura el alumno puede visualizar y aplicar conocimientos de la Ingeniería adquiridos con anterioridad y que son volcados en el estudio de distintos sistemas mecánicos, análisis de parámetros y fenómenos que luego se pueden corroborar en forma experimental.

La rápida evolución de la tecnología de fabricación y de los materiales, la aparición de nuevos lubricantes, la mejora en los combustibles utilizados y los en vía de desarrollo y la aplicación de nuevos sistemas de control obliga a educador y educando a capacitarse y dominar temas y herramientas de trabajo relacionados estrechamente con esta temática.

Es por ello que necesitamos un curriculum flexible y dinámico que permitan modificaciones para acompañar los cambios constantes de acuerdo con la evolución de los conceptos de aplicación que en esta especialidad se producen.

El objetivo fundamental es lograr que el alumno tenga la capacidad de analizar y resolver los problemas Técnicos, Tecnológicos y Económicos que se plantean y con ello los progresos que se logran en la Performance (comportamiento), Economía de operación y Costos (diseño, fabricación y mantenimiento).

Además comprender como influyen en los avances logrados, factores tales como: el desarrollo producido en la Industria, en el Transporte, la mejora –mediante lo experimental- en los conocimientos en Termodinámica y Mecánica de los Fluidos, las mejoras en los Lubricantes y los Combustibles, la mejor y mayor posibilidad en la investigación de los Procesos, las mejoras en las Tecnologías de Fabricación y de Materiales, la información estadística que se dispone y los análisis comparativos.

### METODOLOGIA DE ENSEÑANZA

La metodología, además del aspecto teórico, incluye la experimentación como recurso preponderante, lo que se trata de lograr con la utilización de estrategias de talleres, laboratorios, prácticas, visitas específicas, donde los alumnos puedan comprobar el comportamiento (performance) de una Máquina Térmica, con las variables de aplicación de procesos y parámetros.

### EVALUACION

Condiciones para la promoción de la materia

- 1.- Tener aprobadas las materias correlativas.-
- 2.- Asistir al 80% de las clases teóricas y prácticas.-
- 3.- Aprobar todos los parciales con nota no inferior a cuatro ( 4 ).-

Durante el cuatrimestre el alumno debe rendir 2 parciales de motores alternativos y dos de turbinas de gas.

4.- Se podrá recuperar un solo parcial por tipo de motor, siendo condición para rendir este haber aprobado al menos uno de los dos parciales tomados en las fechas estipuladas en cronograma y la nota no deberá ser menor a cuatro ( 4 ).

5.- Presentar y aprobar los trabajos que se exijan durante el desarrollo de los trabajos prácticos.-

6.- Presentar y Aprobar los trabajos de Laboratorio.-

El alumno que cumpla con la totalidad de lo descrito en los puntos 1 a 6, podrá rendir un coloquio y si el mismo es aprobado, promocionará la asignatura.

Si cumple con los puntos 1 a 6 y no aprueba el coloquio los alumnos serán considerados regulares.

El resto quedará en la condición libre.

## CONTENIDOS TEMATICOS

Unidad 1. Generalidades de sistemas propulsivos. Antecedentes y desarrollos.

Motores alternativos. Características y campo de aplicación. Motores de flujo continuo. Características y campo de aplicación. Origen, evolución y desarrollo de los motores utilizados para propulsar. Motores y propulsores.

Unidad 2. Teoría de la propulsión.

Sistemas propulsivos. Leyes del movimiento.. Ecuación de la propulsión. Rendimiento propulsivo. Ecuación de las turbomáquinas.

Unidad 3. Procesos Termodinámicos que dan Trabajo.

Equivalencia y aprovechamiento del calor y del trabajo de expansión. Energía interna y trabajo exterior. Entropía y probabilidades termodinámicas. Pérdidas de capacidad de trabajo en los ciclos irreversibles.

Unidad 4. Ciclos Motores de Fluido Real

Ciclos Sabathe y derivados. Ciclos de fluido real en motores OTTO y Diesel. Utilización de los diagramas de Crocco y Maleev. Ciclos reales diferencias con los ciclos teóricos. Ciclo Brayton.

Unidad 5. La Renovación de la Carga.

Sistemas de distribución. Diagramas de distribución, comparación. Ventajas e inconvenientes de los sistemas utilizados. Dinámica de la operación de la carga. Rendimiento volumétrico y gravimétrico.

Unidad 6. Motores de Dos Tiempos.

Características y variantes. Comparación entre motores 2 y 4 tiempos. Diagrama de distribución. Ciclo Real. Compresión en el carter. Lumbreras y sistemas de transferencia.

Unidad 7. Motores de Tipo Diesel.

Características y variantes. Comparación entre motores ciclo Otto, Sabathe y Diesel de 2 y 4 tiempos. Diagramas de distribución. Ciclo real. Regulación de los motores diesel. Ventajas e inconveniente para el campo aeronáutico.

Unidad 8. La Combustión.

Combustión normal en los motores a explosión. Formas anormales de combustión en motores a explosión. Detonación. Combustión normal y anormal en motores Diesel y Sabathe. Cámaras de combustión para motores a explosión. Cámaras de combustión para motores Diesel y Sabathe. Combustibles para motores alternativos. Combustibles livianos (ciclo Otto) y pesados (Diesel y Sabathe). Generalidades. Características. Propiedades.

Unidad 9. La Preparación de la Carga.

Formación de la mezcla. Carburación. Teoría de la carburación. Carburador elemental. Carburadores automáticos. Inyección en motores a explosión. Alternativas. Sistemas de inyección Mono y Multipunto. Sistemas de control. Teoría de la inyección. Inyectores y bombas. Diesel y Sabathe. Sobrealimentación. Ventajas e inconvenientes. Tipos de sobrealimentadores.

Unidad 10. Encendido y Lubricación.

Sistemas de encendido. Ventajas e inconvenientes. Sistemas de control tradicionales y actuales. Sistemas de lubricación. Presurización y eficacia.

Unidad 11. Perfomance.

Expresiones de la Potencia. Rendimientos (indicado, mecánico y global). Factores que los condicionan. Características de plena carga en motores alternativos (perfomance de máxima). Características de utilización en motores alternativos. (perfomance de utilización). Performance de Altura. Cálculo de máxima de motores alternativos, bases para el cálculo. Medición de perfomances, métodos aplicados, corrección de potencia. Ensayos normalizados. Bancos de ensayo. Dinamómetros: Tipos, características, variantes, etc.

#### Unidad 12. Tipos de Motores a Turbina de Gas.

Turbomáquinas existentes en la actualidad. Ciclos de trabajo de las turbomáquinas. Variantes (post quemador, regeneración, etc). Teoría de las turbomáquinas. Ciclo Brayton de temperatura limitada. Ecuación general.

#### Unidad 13. La Turbina.

Ecuación de las turbomáquinas. Rendimiento periférico. Grado de reacción. Turbina ideal y real. Influencia del rozamiento en las turbinas y triángulo de velocidades. Estudio de las pérdidas. Turbinas de acción. Rendimientos. Reducción de la velocidad periférica. Escalonamientos. Turbinas de reacción. Condición de máximo rendimiento.

#### Unidad 14. El Compresor.

La circulación. Turbosoplantes y turbocompresores. Estudio de las pérdidas en Compresor. Velocidad de marcha en vacío. Curva de funcionamiento del compresor, su construcción. El "Bombeo". Remedios para el bombeo del compresor. Consecuencias. Grados de reacción en compresores axiales y radiales. Trabajo de compresión.

#### Unidad 15. La Cámara de combustión.

Función. Arquitectura. Tipos de Cámaras. Combustión continua. Control de la combustión. Inyección directa, inversa y a contra corriente. Estabilidad de la llama. Camaras múltiples y anulares. Ventajas e inconvenientes. Requisitos. Zonas de trabajo. Esquema del flujo. Combustibles. Tipos y propiedades.

#### Unidad 16. Los Accesorios del Turbomotor.

Arrancadores. Inyección de combustible e ignición. Sistemas de Lubricación. Y presurización (sellos). Sistema anti-hielo. Sistema de inversión de flujo. Unidades de control de combustible. Cajas de accesorios. Bombas de combustible. Control de paso de hélice. Control de temperaturas y presiones. Sistemas de regulación de comandos. Definición y requisitos.

#### Unidad 17. Performance del Turbomotor.

Medición de empuje. Celdas de ensayo. Control de datos. Medición de potencia en el eje. Celdas de ensayo. Componentes principales. Arrancadores. Sistemas de control. Planilla de performance.

#### Unidad 18. Las Tomas de Aire.

Tomas de aire subsónicas. Función y requisitos. Esquema de flujo. Parámetros geométricos. Perfiles. Procesos de difusión. Tomas de aire supersónicas. Función y requisitos. Clasificación. Regímenes de funcionamiento. Denominación. Adaptación. Regulación de tomas supersónicas.

#### Unidad 19. Los Comandos del Motor Alternativo y los del Turbomotor.

Definiciones y requisitos. Sistemas de regulación, mecánicos y electrónicos. Sistemas mono punto y multipunto para motores alternativos. Conjuntos reguladores de hélice. Sistemas mecánicos de regulación de combustible, teniendo en cuenta trabajo, velocidad y temperaturas. Sistemas electrónicos, computadora de motor.

#### Unidad 20. Los Materiales para los dos Tipos de Motores.

Componentes de motores alternativos, funciones. Materiales utilizados, avances y prestaciones. Tipos de materiales utilizados en turbomotores. Ingerencia en las prestaciones. Propiedades. Aleaciones y superaleaciones. Materiales compuestos. Materiales específicos para compresores, Cámaras de combustión y Turbinas. Niveles de mantenimiento y reparación. Normas utilizadas. Actividades de mantenimiento e inspección. Mantenimiento programado y correctivo. Documentación de mantenimiento, tipos y manejo. Análisis de fallas. Boroscopia. Procesos de reparación.

## 1. LISTADO DE ACTIVIDADES PRACTICAS Y/O DE LABORATORIO

### Actividades Prácticas

1.- Cálculo y comparación de ciclos de motores alternativos.

Cálculo de ciclos de fluido real empleando diagramas de Crocco y Maleev.

2.- Cálculo de máxima.

Dado un tipo de motor realizar el pre dimensionado del mismo, valiéndose de datos conocidos, información estadística, calculados mediante formulas empíricas y conocidas y parámetros estimados.

3.- Cálculos en turbinas y compresores.

Determinación del grado de reacción rendimiento periférico, determinación del número de escalonamiento en una turbina dada.

Cálculo del trabajo de un compresor y las pérdidas del mismo.

### Actividades de Laboratorio

1.- Determinación de la calidad del combustible.

Basado en normas y motor standard, construido para tal fin, con características especiales; relación de compresión variable. Determinar el Número Octano de un combustible por comparación con otro de referencia. Con la información relevada trazar y encontrar gráficamente y confeccionar monografía con explicando el método empleado y síntesis del ensayo realizado en Laboratorio.

2.- Ensayo de perfomance de un motor alternativo.

Determinación de la cupla motriz, potencia y consumo específico en un motor alternativo en una celda de ensayo.

3.- Mantenimiento y determinación de la perfomance de turbomotores.

Determinación de empuje o EPR de una turbina en celda de ensayo de empresa del medio. Verificación de procesos de reparación de componentes de una turbina de gas.

## 2. DISTRIBUCION DE LA CARGA HORARIA

ACTIVIDAD	HORAS
TEÓRICA	42
FORMACIÓN PRACTICA:	16
○ FORMACIÓN EXPERIMENTAL	16
○ RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	22
○ ACTIVIDADES DE PROYECTO Y DISEÑO	
○ PPS	
<b>TOTAL DE LA CARGA HORARIA</b>	96

### DEDICADAS POR EL ALUMNO FUERA DE CLASE

ACTIVIDAD	HORAS
PREPARACION TEÓRICA	90
PREPARACION PRACTICA	
○ EXPERIMENTAL DE LABORATORIO	24
○ EXPERIMENTAL DE CAMPO	
○ RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	12
○ <b>PROYECTO Y DISEÑO</b>	
<b>TOTAL DE LA CARGA HORARIA</b>	126

## 1. BIBLIOGRAFIA

### A. - Básica

- Motores endotermicos de D. Giacosa - Ed. Cecsca -
- Teoría de los motores térmicos de R. Martínez de Vedia - Ed. Alsina -
- Propulsion de Ing. Criscuolo - U.N.C. – Apuntes -
- Teoría de motores de combustión interna – Ing. Magallanes – Apuntes –
- Teoría, sistemas y propulsión de aviones de Antonio Esteban Oñate.

### B. - De consulta

- MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA de E. Obert - Ed. Cecsca -
- MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA de H. List -
- PROCESOS DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA de Lichty - de Ed. Mc Graw Hill -
- MOTORES DIESEL RÁPIDO de P. Heldt - Ed. Aguilar -
- PRINCIPALES OF TURBOMACHINERY de Shepherd - Ed. Mc Millan Co. –