



# Planificaciones

6720 - Turbomáquinas

Docente responsable: GONZALEZ ERNESTO FABIAN

## OBJETIVOS

Adquirir los conocimientos teórico-prácticos relativos al fundamento, funcionamiento, aplicaciones, instalación y utilización de las turbomáquinas térmicas e hidráulicas.

La materia está orientada a la aplicación de los principios fundamentales de la termodinámica y fluidodinámica a las turbomáquinas, criterios de proyecto y de selección, análisis descriptivo del funcionamiento de las mismas en las condiciones de diseño y en condiciones diversas de las de diseño.

La transmisión de contenidos teóricos se complementa con la realización de trabajos prácticos y la ejercitación en base a casos concretos y desarrollos conceptuales, mediante cálculos de aplicación.

## CONTENIDOS MÍNIMOS

-

### PROGRAMA SINTÉTICO

#### 1. TEORIA GENERAL DE LAS TURBOMAQUINAS:

Clasificación general de las máquinas que operan con un fluido. Máquinas operativas y máquinas motrices. Máquinas Hidráulicas y Máquinas Térmicas. Introducción General a las Turbomáquinas

#### 2. FLUJO DEL FLUIDO EN CONDUCTOS ESTATORICOS Y ROTORICOS DE LAS TURBOMAQUINAS. TOBERAS Y DIFUSORES.

Revisión de conceptos básicos acerca del movimiento de los fluidos compresibles e incompresibles y de la energía de un fluido en movimiento.

Principio de acción y reacción. Las turbomáquinas hidráulicas, a vapor y la turbomáquina a gas.

Turbobombas, Ventiladores y Turbocompresores. Transmisores de Potencia y Acoplamiento fluidos.

Flujo adiabático e isoentrópico de una corriente adiabática estacionaria. El intercambio de trabajo entre fluido y paletado. Movimiento absoluto y relativo del fluido. Los triángulos de velocidades. Paletas de acción y reacción. Grado de reacción. Disposiciones CURTIS, RATEAU y PARSONS.

#### 3. FUNDAMENTOS GENERALES DEL ANALISIS DIMENSIONAL Y SU APLICACION A LAS TURBOMAQUINAS.

Los criterios de semejanza, el número de revoluciones específico, coeficientes adimensionales: caudal, presión, velocidad específica. Diagramas de Balje.

#### 4. GENERALIDADES SOBRE COMPORTAMIENTO DE PERFILES ALARES EN LAS TURBOMAQUINAS:

Acciones aerodinámicas en el movimiento de las paletas con perfiles alares. Coeficientes. Eficiencia aerodinámica de los perfiles. Condiciones anormales de funcionamiento. Inestabilidad de marcha.

#### 5. TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS:

Clasificación de las máquinas hidráulicas. Elementos constitutivos. Turbomáquinas radiales y axiales. Curvas características. Velocidad y Diámetro Específico. Turbinas hidráulicas a acción y a reacción. Triángulos de velocidades. Cavitación. Máxima caída utilizable.

#### 6. INSTALACIONES DE TURBINA A GAS:

Generalidades. Elementos constitutivos. Ciclos de turbinas a gas ideales simples y regenerativos.

Rendimientos. Factores que influyen sobre la Potencia y el Rendimiento. Ciclos reales aire-combustible. Ciclos

abiertos y cerrados. Ciclos multiejes con refrigeración intermedia. Recalentamiento intermedio. Regeneración.

Tablas para el cálculo de ciclos aire-combustible. Tablas de Smith y de Keenan y Kaye

Compresores dinámicos, análisis dimensional y curvas características. Aplicación de la teoría de Euler.

Anormalidades de marcha: fenómenos de bombeo y pulsación en compresores axiales y centrífugos.

La turbina a gas propiamente dicha, Turbina de acción y reacción. Grado de reacción. Variación de la presión, entalpía, velocidades absolutas, relativas y periféricas, variación del volumen específico del fluido.

Funcionamiento conjunto de turbina y compresor. Curvas características, punto de funcionamiento y de diseño. Performance.

Cámara de combustión: proceso de combustión en flujo permanente, combustibles, estabilidad de la llama.

Rendimiento de combustión.

Elementos contaminantes en los gases de escape: CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>. Métodos para disminuir los

contaminantes: Inyección de agua y de vapor, Dry Low Nox. Normas de aplicación en Argentina.

Auxiliares de las instalaciones de turbina a gas. Arranque y regulación. Análisis del rendimiento para el caso de funcionamiento a cargas parciales. Ensayo y normas de aplicación.

#### 7. TURBINA A VAPOR:

Generalidades. Historia y evolución. Elementos constitutivos. Clasificación. La turbina a vapor como parte integrante del ciclo térmico. Optimización de los ciclos de vapor. Estudio del flujo del vapor en los conductos estatóricos y rotoricos, toberas y difusores. La tobera De Laval.

Rendimiento de las transformaciones de energía en las coronas de acción y reacción. Pérdidas. Rendimientos. Factor de Recalentamiento y Curva de Utilización.

Determinación de pérdidas en cajas laberínticas mediante el método empírico de Stodola y las Curvas de Fanno. Pérdidas en pistones de equilibrio.

Regulación cualitativa y cuantitativa. El cono de Stodola. Las líneas de Willans. El funcionamiento en condiciones distintas a las de proyecto.

Sistemas de seguridad, auxiliares, normas de aplicación.

Ensayo de turbinas a vapor. Determinación de consumos térmicos, rendimientos, medición de potencia.

#### 8. GENERACION DE VAPOR PARA ACCIONAMIENTO DE TURBINAS:

Clasificación de los generadores de vapor. Elementos constitutivos. Auxiliares., Combustión en generadores de vapor. Dispositivos de seguridad. Parámetros característicos. Regulación. Prueba y ensayo de generadores de vapor, Balance térmico, determinación del rendimiento, Normas ASME e IRAM de aplicación.

#### 9. UTILIZACION DE TURBOMAQUINAS TERMICAS EN CENTRALES PARA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA

Elementos constitutivos de una central termoeléctrica: turbinas, condensadores, generadores de vapor, desgasificadores, precalentadores de agua de alimentación, auxiliares.

Balance térmico de una central. Energía total. Exergía y Anergía.

Ciclos Combinados gas-vapor y Cogeneración. Uso racional de la energía.

El ciclo Cheng de fluido doble. Rendimientos. Aplicaciones. Ventajas e inconvenientes con relación a los ciclos combinados.

### PROGRAMA ANALÍTICO

#### 1. INTRODUCCION:

Clasificación general de las máquinas que operan con un fluido. Máquinas operativas y máquinas motrices. Máquinas Hidráulicas y Máquinas Térmicas. Máquinas Volumétricas. Introducción General a las Turbomáquinas.

Revisión de conceptos básicos acerca del movimiento de fluidos y de la energía de un fluido en movimiento.

Impulso y cantidad de movimiento; principio de acción y reacción; las turbomáquinas que funcionan con fluidos incompresibles y las que funcionan con compresibles; máquinas de combustión externa e interna; las turbomáquinas hidráulicas, a vapor y la turbomáquina a gas. Turbobombas, bombas axiales y centrífugas.

Ventiladores y Turbocompresores. Transmisores de Potencia y Acoplamientos Fluidos. Generalidades.

Configuración de las turbomáquinas. Turbomáquinas axiales, radiales y mixtas. Disposiciones constructivas.

Análisis comparativo con otras máquinas primarias. Situación de las Turbinas Hidráulicas y de las Turbinas a Vapor y a Gas, en el ámbito de los transformadores de energía.

#### 2. TEORIA GENERAL DE LAS TURBOMAQUINAS:

Hipótesis de cálculo de las Turbomáquinas. Ecuación de Euler; aplicación a las turbomáquinas que operan con fluidos compresibles e incompresibles. Transformación de la Energía Cinética en Trabajo Mecánico, aplicación al caso de paletas planas y curvas. Evolución del diseño de las paletas de las turbomáquinas. Perfiles de mayor utilización en la práctica. Semejanza Fluidodinámica. Efecto de Escala. Velocidad Específica y Diámetro Específico. Transformación de Energía Calórica en Cinética, en fluidos compresibles: Aplicación a las Turbomáquinas Térmicas de las leyes fundamentales de la Termodinámica Energética y de la Fluidodinámica.

#### 3.- MOVIMIENTO DEL FLUIDO EN CONDUCTOS ESTATORICOS Y ROTORICOS DE LAS TURBOMAQUINAS. TOBERAS Y DIFUSORES:

Velocidad del sonido y propiedades de remanso de una corriente fluida. Número de Mach. Flujo adiabático e isoentrópico de una corriente adiabática estacionaria. Presión crítica y condiciones de criticidad. Funcionamiento de toberas y difusores en condiciones de proyecto y en condiciones diversas de las de proyecto. Rendimiento de toberas y difusores en general.

Los fenómenos de onda en el caso del movimiento unidireccional de un fluido compresible. Las Curvas de FANNO.

El flujo en los conductos estatóricos de las turbomáquinas: Fenomenología del flujo; El "diagrama" y el "cono" de STODOLA; el comportamiento real de las toberas y su rendimiento.

El flujo en los conductos rotóricos de las turbomáquinas: Movimiento absoluto y relativo del fluido; Los triángulos de velocidades; El intercambio de trabajo entre fluido y el paletado; Paletas de Acción y de Reacción; Grado de Reacción; Forma del paletado rotórico y diagrama de expansión; El rendimiento del paletado rotórico. Distintas configuraciones de las turbomáquinas utilizadas en la práctica: turbomáquina de impulso simple,

motivos del fraccionamiento de la velocidad y del salto entálpico; disposiciones CURTIS, RATEAU y PARSONS, etapas de velocidad y de presión.

#### 4.- FUNDAMENTOS GENERALES DEL ANALISIS DIMENSIONAL Y SU APLICACION A LAS TURBOMAQUINAS TERMICAS Y A LOS GENERADORES DE VAPOR.

Los criterios de semejanza. El número de revoluciones específico. Agrupamiento adimensional de variables. Analogías. Coeficientes adimensionales: caudal, presión, velocidad específica, diámetro específico. Diagrama de BALJE.

#### 5.- FUNDAMENTOS GENERICOS DE LA TEORIA ALAR Y SU APLICACION AL CASO DE LAS TURBOMÁQUINAS:

Introducción al estudio de las acciones aerodinámicas en el movimiento de los perfiles de las paletas; Características de los perfiles alares; Coeficientes de resistencia y sustentación; Eficiencia aerodinámica del perfil; Condiciones anormales de funcionamiento; Comportamiento real de un perfil alar.

#### 6.- TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS

Clasificación de la Máquinas Hidráulicas. Elementos constitutivos de una Turbomáquina Hidráulica. Hipótesis de Cálculo. Triángulos de velocidades. Aplicación de la Ecuación de Transferencia de Euler. Turbomáquinas Radiales y Axiales.

Clasificación de las Turbinas Hidráulicas. Tamaño característico del funcionamiento de una turbina. Curvas características. Velocidad y diámetro específico.

a.- Turbinas Hidráulicas a Acción. Triángulos de Velocidades. Rendimiento hidráulico. La Turbina Pelton; dimensionamiento y pérdidas. Velocidad Específica y Diámetro Específico. Máxima caída utilizable.

b.- Turbinas Hidráulicas a Reacción. Evolución de las Turbinas a Reacción. Descripción de la Turbina Francis. Descripción de la Turbina Axial. Curvas Características. Grado de Reacción. Triángulos de Velocidades. Dimensionamiento de una Turbina Francis; Regulación, Difusor, Cavitación. Máxima caída con la cual puede operar y altura máxima de descarga de una turbina Francis. Máquinas Reversibles. El caso particular de la turbina axial con paletas regulables Kaplan.

#### 7.- TURBINAS A GAS:

a.- GENERALIDADES: Elementos constitutivos de una instalación de turbina a gas: compresor, cámara de combustión y turbina. Clasificación, turbinas a presión y a volumen constante. Comparación con las otras máquinas térmicas primarias.

b.- CICLOS DE TURBINAS A GAS: Ciclos ideales: Carnot, Joule - Brayton, Ericsson. Ciclos simples y regenerativos. Trabajo de compresión y de expansión. Influencia de la temperatura ambiente sobre el trabajo desarrollado. Rendimientos; factores de los cuales depende el rendimiento térmico. Factor de potencia. Ciclos multietapa; Ciclos con compresiones en varias etapas y refrigeración intermedia. Ciclos con varias expansiones y recalentamiento intermedio. Regeneración. Influencia de la relación de compresión en la recuperación de calor. Campo de aplicación del recuperador. Rendimiento del recuperador. Ciclos límites: Factores de diferenciación con los ciclos ideales. Cálculo de los ciclos límites. Trabajo. Rendimiento.

Ciclos reales: Consideración de las irreversibilidades. Rendimientos adiabáticos de compresión y expansión. Uso de tablas para el cálculo de ciclos reales; Tablas de Smith y de Keenan y Kaye. Trabajo de compresión y expansión. Rendimientos, factores de los cuales dependen. Regeneración real. Potencia indicada y potencia efectiva de la instalación de turbina a gas. Caídas de presión en el ciclo real. Consumo específico de combustible. Consumo específico de calor.

c.- COMPRESORES: Clasificación de los compresores; volumétricos y dinámicos. Características principales. Compresores centrífugos y axiales. Elementos constituyentes. Campos de aplicación. Aplicación de las ecuaciones de Euler. Forma e inclinación de las paletas. Triángulos de velocidades. Grado de reacción e influencia de las características de las paletas.

Aplicación de la teoría de la semejanza para el estudio de las curvas características de los compresores; Parámetros adimensionales y curvas características de funcionamiento. Anormalidades de marcha; fenómenos de bombeo y pulsación. Límites de funcionamiento estable. Curvas de performance.

Estudio de la forma de los alabes de los compresores axiales. Perfiles alares. Coeficientes de resistencia y sustentación. Eficiencia aerodinámica. Funcionamiento de los compresores dinámicos en condiciones diversas de las de diseño.

Características constructivas de los compresores centrífugos y axiales. Materiales constitutivos.

d.- **TURBINAS:** Clasificación de las turbinas a gas. Turbinas para servicio pesado y aeroderivadas. Turbinas fijas. Turboreactores, Turbopropulsores.

Turbina de acción. Principio de funcionamiento. Fuerza y trabajo desarrollados.

Turbina de reacción. Principio de funcionamiento. Grado de reacción. Fuerza y trabajo desarrollados.

Análisis de las pérdidas y rendimientos en coronas de acción y reacción. Pérdidas externas. Fuga de gas.

Coefficiente de recalentamiento.

Características constructivas de las Turbinas a Gas. Materiales componentes. Sistemas de refrigeración por aire. Refrigeración de paletas y de los demás elementos componentes.

e.- **CAMARAS DE COMBUSTION:** Proceso de combustión de flujo permanente. Caídas de presión. Inyección de combustible. Sistemas de encendido. Flujo en quemadores y estabilidad de la combustión. Rendimientos. Materiales constitutivos y disposiciones constructivas.

f.- **COMBUSTIBLES:** Tipos de combustibles utilizados en Turbinas a Gas. Ventajas e inconvenientes de cada tipo de combustible. Inflamabilidad de los combustibles e influencia de la velocidad de la llama. Elementos contaminantes en los gases de escape a la atmósfera: CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y demás productos nocivos.

Métodos para disminuir la emisión de elementos nocivos a la atmósfera: Inyección de agua y de vapor. Control seco, "Dry Low Nox". Normas de aplicación internacionales, para la emisión de gases a la atmósfera de turbinas a gas, valores límites admisibles en Argentina.

g.- **INSTALACIONES AUXILIARES DE LAS TURBINAS A GAS:** Instalaciones para alimentación de combustible. Instalaciones para lubricación. La refrigeración. La sonoridad de las plantas con turbinas a gas. Silenciadores. Normas internacionales que limitan el nivel de sonoridad, límites admisibles en Argentina. Filtros para el aire de aspiración. Dispositivos autolimpiantes. Lay-out de plantas para generación de energía eléctrica con Turbinas a Gas.

h. **REGULACION:** Arranque y regulación de las instalaciones de Turbinas a Gas. Estudio del funcionamiento y regulación. Funcionamiento en condiciones distintas a las de diseño. Curvas características del compresor y de la turbina. Funcionamiento en vacío y bajo carga. Análisis del rendimiento de la instalación a cargas parciales.

i.- **VIBRACIONES:** Nociones de equilibrio estático y dinámico de rotores; Funcionamiento anormal; Análisis vibratorio; Métodos para detección y corrección de vibraciones; Equipos para el equilibrado de rotores.

j. **ENSAYO:** Ensayo del conjunto compresor-turbina. Normas de aplicación. Metodología. Determinación de Potencia, Rendimiento y Consumos. Reducción a valores normales teniendo en cuenta las presiones y temperatura ambiente y las pérdidas de carga en admisión y escape.

## 8.- TURBINAS A VAPOR:

a.- **GENERALIDADES:** Elementos constitutivos de las turbinas a vapor. Clasificación: Turbinas de escape atmosférico, de condensación, de contra presión, con extracciones múltiples, con recalentamiento intermedio. Aplicaciones. Comparación con otras máquinas térmicas primarias.

### b.- LA MAQUINA DE COMBUSTION EXTERNA Y EL CICLO DE VAPOR:

Ciclos termodinámicos, fundamentos y optimización. Evoluciones del vapor en diagramas T - S e i - S (

Mollier ). Toberas y Difusores. Toberas ideales, gastos y velocidades. Secciones de pasaje del vapor.

Presiones y velocidades críticas. Estudio del flujo del vapor mediante las Curvas de Fanno. Régimen subsónico y supersónico. Número de Mach. Pérdidas y rendimiento de transformación. La tobera De Laval. Evolución real del vapor en las toberas. Representación en los diagramas. Nociones de diseño. Ensayo de toberas.

### c.- CORONAS DE ACCION Y REACCION:

c.1 **CORONAS DE ACCION;** Principio de funcionamiento. Rendimiento de las transformaciones de energía. Valores óptimos. Curvas de rendimiento. Diagrama de velocidades. Transformación de la energía. Trabajo y Rendimiento Periférico. Limitación de la velocidad periférica; escalonamiento de velocidades y presiones. Nociones de diseño y de características constructivas.

c.2 **CORONAS DE REACCION;** Principio de funcionamiento. Rendimiento de la transformación de energía. Valores óptimos. Curvas de rendimiento. Grado de Reacción. Diagrama de velocidades. Trabajo. Empuje axial. Escalonamiento de presiones. Nociones de diseño y constructivas.

d.- PERDIDAS; Pérdidas en toberas, álabes y directrices. Coeficientes. Potencia de Pérdidas. Fugas de vapor en prensaestopas, cajas laberínticas y diafragmas. Determinación de la pérdidas en cajas laberínticas mediante las Curvas de Fanno.

Pérdidas en pistones de equilibrio. Pérdidas por rotación en coronas; rozamiento y ventilación. Pérdidas por velocidad de salida y escape.

e.- RENDIMIENTOS; Rendimiento de los alabes. Periférico, Interno y Efectivo total. Efectos del recalentamiento del vapor, debido a las pérdidas. Factor de recalentamiento. Curva de Condición. Línea de Willans. Curvas reales de condición. Factor de Calidad. Número de Parsons.

f.- REGULACION DE TURBINAS A VAPOR; Sistemas de regulación, Cualitativo y Cuantitativo, ventajas e inconvenientes. Efectos sobre las Curvas de Condición. Modificación de los diagramas de velocidades y variaciones del rendimiento. Reguladores de turbinas a vapor. Sistemas directos e indirectos por servomotores. Variación de los estados de carga: efecto sobre el consumo específico de vapor. Línea de Willans según el sistema de regulación utilizado.

g.- SISTEMAS DE SEGURIDAD AUXILIARES; Sistemas directos y a distancia. Alarma y Corte. Control de sobre presiones y sobre velocidades. Excentricidad de eje. Vibraciones en cojinetes. Expansiones en el estator. Válvulas de seguridad. Venteos. Circuitos de lubricación; controles de presión de aceite en turbinas y servomecanismos. Circuitos de alarma.

h.- ENSAYOS DE TURBINAS A VAPOR; Determinación de los consumos térmicos, rendimientos, temperaturas de vapor y de metales. Medición de potencia.

#### 9.- GENERACION DEL VAPOR PARA ACCIONAMIENTO DE TURBINAS:

Breve descripción de la evolución de los generadores de vapor. Clasificación, generadores humotubulares, acuotubulares y pirotubulares. Circulación natural y forzada.

Generadores modernos, elementos componentes; domo, tubos vaporizadores, economizadores, recuperadores, precalentadores de aire.

Sobrecalentadores: función y tipo de sobrecalentadores. Control del sobrecalentamiento.

Parámetros que definen a un generador de vapor; Presión de timbre, de régimen, Superficie de calefacción, Producción total de vapor, Producción específica de vapor, Índice de vaporización, Rendimiento.

Regulación de generadores de vapor; Regulación de la producción de vapor, Regulación de la presión y de la temperatura.

Métodos para la regulación de la producción de vapor. Sistemas para la regulación de la temperatura y de la presión del vapor sobrecalentado; con sobrecalentadores de convección y de radiación y mediante atemperación del vapor.

Análisis de los diversos tipos de generadores de vapor y de sus elementos componentes. Aplicaciones de cada tipo de generador. Estudio detallado de los generadores modernos de radiación y paredes de tubos de agua.

Elementos componentes auxiliares; bombas, ventiladores, dampers, chimeneas de tiro forzado y natural.

Sopladores de cenizas. Separadores electrostáticos..

Combustión en generadores de vapor. Combustibles utilizados. Proceso de combustión y regulación. Punto de rocío. Distintos tipos de hogares y quemadores. Lechos fluidos.

Disposiciones constructivas en los generadores de vapor, materiales de los distintos componentes. Aislación. Estructuras portantes.

Dispositivos para seguridad y venteo.

Instrumentos y dispositivos para regulación y control del funcionamiento de un generador de vapor.

Programación y control mediante computación; Arquitectura de los sistemas.

Nociones acerca del diseño de generadores de vapor; Aplicación de los conceptos de transmisión del calor al diseño de economizadores, precalentadores, evaporadores, sobrecalentadores y hogares. "Pinch Point".

Potencia térmica de un generador de vapor.

Prueba y ensayo de generadores de vapor; Balance Térmico, Métodos directo e indirecto para la determinación del rendimiento, Normas ASME e IRAM.

#### 10.- UTILIZACION DE LAS TURBOMAQUINAS TERMICAS EN CENTRALES PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA:

Elementos constitutivos de una central termoeléctrica a vapor: Generadores, Turbinas, Condensadores, Torres de refrigeración y elementos auxiliares; Captación y tratamiento de agua, tanques desgacificadores, precalentadores de superficie y de mezcla, bombas de alta presión. Lay out de la Central.

Condensadores y Eyectores; Tipos y aplicaciones; Nociones de diseño.

Diseño básico del ciclo térmico de la central termoeléctrica. Balance térmico de energía total mediante programas de computación.

Balance térmico de energía utilizable de una central termoeléctrica. Diagrama de entalpía total y entalpía no utilizable.

#### 11.- CICLOS COMBINADOS Y COGENERACION:

Uso racional de energías no renovables. Ciclos Combinados con Turbinas a Gas y a Vapor, Elementos constitutivos, Calderas de recuperación HRSG; distintos tipos y aplicaciones. Ciclos con pos combustión. Limitaciones.

Balance térmico de un Ciclo Combinado y justificación analítica del incremento del rendimiento del ciclo.

Factores que condicionan el diseño de un Ciclo Combinado: Pinch Point y Approach Point.

Cogeneración mediante aprovechamiento de los gases de escape de Turbinas a Gas. Justificación analítica del incremento del rendimiento.

Optimización y repowering de centrales termoeléctricas: Feed Water Repowering, Boiler Windbox Repowering, Heat Recovery Repowering. Cuantificación del incremento del rendimiento.

El Ciclo Cheng avanzado de doble fluido; Características, evaluación termodinámica, rendimiento. Aplicaciones. Ventajas e inconvenientes con relación a los Ciclos Combinados. Plantas térmicas operando con el Ciclo Cheng.

#### TRABAJOS PRACTICOS DE REALIZACION INDIVIDUAL

1. Cálculo de Ciclos Termodinámicos de aire, correspondientes a Turbinas a Gas de Ciclo Abierto y Cerrado, con y sin Recuperación de Calor.

2. Cálculo de un Ciclo Real de Aire-Combustible de una Turbina a Gas de Ciclo Abierto y de un eje, sin Recuperación de Calor, utilizando las tablas de Smith.

3. Cálculo y diseño de una etapa Curtis de una Turbina a Vapor axial, determinación de los diagramas de velocidades, cálculo de las pérdidas y de la potencia y rendimiento periféricos. Cálculo y diseño de las toberas y de los álabes.

4. Estudio, análisis y evaluación del diseño de un Compresor centrífugo

5. Cálculo de las pérdidas intersticiales en un cierre laberíntico de una Turbina a Vapor, mediante el método de Stodola y las Curvas de Fanno.

6. Analisis y evaluación del Balance Térmico de una Central Térmica con turbogenerador a vapor. Calculo se Rendimientos y Parámetros mas importantes de la instalación.

7. Evaluación de perfomance de un ciclo combinado por medio de un software profesional para diseño de plantas de térmicas.

8. Desarrollo del Lay Out de una instalación de Ciclo Combinado para Generación de Energía Eléctrica.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Turbomáquinas Térmicas - Claudio Mataix - Editorial Dossat
2. Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery - S.L.Dixon.
3. The Gas Turbine Engineering Handbook - Boyce.
4. Basic Concepts in Turbomachinery - Grant Ingram
5. Turbinas de vapor - Schegliaiev
6. Turbinas de Vapor - Edwin F. Church - Editorial. Alsina.
7. Turbinas de Vapor y de Gas - Lucien Vivier - Ediciones Urmo.
8. The jet engine. - Rolls Royce. ISBN 0902121235.
9. Steam, its generation and use - Babcock & Wilcox.
10. Centrales de Vapor - G. A. Gaffert - Editorial Reverté.
11. Combustion y Generacion de vapor. - Torreguitar y Weiss.
12. Mecanica de Fluidos y Maquinas Hidraulicas - Claudio
13. Fluid Mechanics - V.L. Streeter-E.B. Wylie - McGraw Hill.
14. Fluid Mechanics - Frank White.
15. Mecánica de Fluidos - Shames
16. Normas ASME ( American Society of Mechanical Engineers e ISO para Ensayo y Recepción de Turbinas a Gas y a Vapor y Generadores de Vapor.

#### RÉGIMEN DE CURSADA

### **Metodología de enseñanza**

Las clases teóricas se dictan con ayudas audiovisuales. Se cuenta con un apunte de clase disponible en medio electrónico. Los ejercicios y trabajos prácticos se explican en la clase práctica, con apoyo de material audiovisual y guías de desarrollo práctico; los alumnos realizan el trabajo en clase y en sus hogares.

Durante el curso se desarrollan clases especiales de demostración de utilización de programas de computación didácticos y/o profesionales, y exposición de videos descriptivos de aplicaciones de turbomáquinas en centrales para producción de energía eléctrica.

### **Modalidad de Evaluación Parcial**

Las evaluaciones parciales (2 en total) consisten en desarrollos teóricos y cálculos prácticos de aplicación de conocimientos al diseño de turbomáquinas y de sus elementos constitutivos, como por ejemplo dimensionamiento preliminar de álabes y toberas, diagramas de velocidades en TM, diseño de curvatura de álabes, manejo de números adimensionales, etc.

## CALENDARIO DE CLASES

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<1> 09/03 al 14/03	U1- Introducción a las Turbomáquinas	Introducción a la Materia				Se indica en cada capítulo del Apunte.
<2> 16/03 al 21/03	U2-Transf. de Energía en TM	Prob. 1.x Euler				Se indica en cada capítulo del Apunte.
<3> 23/03 al 28/03	U2- Conv. Energía Flujo Compresible. Toberas. U3- TCC	Prob. 2.x Toberas		TP1 Toberas		Se indica en cada capítulo del Apunte.
<4> 30/03 al 04/04	U3- TM Centrif Compresores.	Prob. 3.x TCC				Se indica en cada capítulo del Apunte.
<5> 06/04 al 11/04	U4- Turb. Radial U6- Turb Axial	Prob. 3.x TCC		TP2 TCC		Se indica en cada capítulo del Apunte.
<6> 13/04 al 18/04	U5- TM Axiales Compresores	Prob. 4.x TM. Axial Compresores				Se indica en cada capítulo del Apunte.
<7> 20/04 al 25/04	U7- Flujo Axial alabes 3D U8- Analisis Dimens. Coef. Característicos. Parámetros de Diseño.	Prob. 4.x Turb. Axial				Se indica en cada capítulo del Apunte.
<8> 27/04 al 02/05	9A-Turbina de Gas Ciclos de TG 9B- TG Construcción, Sistemas Auxiliares.	Prob. 5.x Coef. Adim.				Se indica en cada capítulo del Apunte.
<9> 04/05 al 09/05	EXAMEN PRIMER PARCIAL TP					
<10> 11/05 al 16/05	10A- Turbina de Vapor. Teoría	Prob. 6.x TG				Se indica en cada capítulo del Apunte.
<11> 18/05 al 23/05	10B-TV Regulación 10C-TV Sist Aux.	Prob. 6.x TG		TP-3 TV Curtis		Se indica en cada capítulo del Apunte.
<12> 25/05 al 30/05	12- Turbinas Hidráulicas.	Prob 7.x TV				Se indica en cada capítulo del Apunte.
<13> 01/06 al 06/06	13- Bombas Dinámicas	Prob. 8.x TH				Se indica en cada capítulo del Apunte.
<14> 08/06 al 13/06	11- Juntas de Estanqueidad. Sellos en TM.	Prob 9.x Bombas				Se indica en cada capítulo del Apunte.
<15> 15/06 al 20/06	9C- Regulación de TGas 9D- TG Propulsión Aérea			Recuperación de Examen		Se indica en cada capítulo del Apunte.

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<16> 22/06 al 27/06	14- Aplic. TG-TV-TC Generación Elect.			Recuperación de Examen		

## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º	10	14/05	18:00	105
2º	15	18/06	18:00	105
3º	16	25/06	18:00	105
4º				