



PLANTAS TERMOELÉCTRICAS Y COGENERACIÓN

0628

8°, 9°

08

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

Ingeniería Mecánica e Industrial

Termofluidos

Ingeniería Mecánica

División

Departamento

Carrera(S) en que se Imparte

**Asignatura:**

Obligatoria

Optativa

**Horas:**

Teóricas

Prácticas

**Total (horas):**

Semana

16 Semanas

**Modalidad:** Curso

**Seriación obligatoria antecedente:** Ninguna

**Seriación obligatoria consecuente:** Ninguna

**Objetivo(s) del curso:**

Permitir que el alumno desarrolle habilidades para diseño conceptual y selección de configuraciones y equipos principales, se capacite para realizar análisis preliminar de factibilidad técnica y económica de las plantas termoeléctricas para servicios públicos y plantas de cogeneración para el sector privado.

**Temario**

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Importancia de la energía. El sector eléctrico en México. Tendencias de disponibilidad de combustibles en México en el corto y mediano plazo	8.0
2.	Tipos de plantas termoeléctricas y de cogeneración. Eficiencias - ventajas y desventajas – sistemas principales de una central	4.0
3.	Generadores de vapor – Tipos – Tecnologías de punta – combustión, emisiones contaminantes	6.0
4.	Turbinas a vapor – ciclos – aplicaciones para generación y cogeneración, tendencias tecnológicas.	6.0
5.	Turbinas a gas – calderas de recuperación – aplicaciones para generación y cogeneración, ahorro de combustibles y reducción de emisiones.	6.0
6.	Motores para generación y cogeneración, ahorro de combustibles y reducción de emisiones.	4.0
7.	Ciclos combinados para generación y cogeneración, ahorro de combustibles y reducción de emisiones.	6.0
8.	Costos de energía operativa para plantas de generación y cogeneración	8.0
9.	Inversiones – capital de riesgo – financiamiento – análisis de rentabilidad de un proyecto	8.0

Exámenes

8.0

Total

64.0

**TEMARIO****1 Importancia de la energía - el sector eléctrico en México - Tendencias de disponibilidad de combustibles en México en el corto y mediano plazo.**

**Objetivo:** El estudiante tomará conciencia de la importancia de una conversión eficiente de la energía primaria a energía eléctrica y de las necesidades de energía eléctrica que requerirá México en el corto y mediano plazo y las tendencias de disponibilidad de combustibles fósiles y biomasa para la generación de energía eléctrica

**Contenido:**

- 1.1 Importancia de la energía
  - 1.1.1 Reservas mundiales principales y problemática de **ubicación** y transporte
  - 1.1.2 Escenarios en el mediano y largo plazo
- 1.2 Disponibilidad de combustibles en México
  - 1.2.1 Petrolíferos, tendencias a mediano y largo plazo
  - 1.2.2 Combustibles alternativos: biocombustibles, aprovechamiento de calor residual
- 1.3 El sector eléctrico en México
  - 1.3.1 Situación del sector eléctrico
  - 1.3.2 Prospectiva del sector a 10 años
  - 1.3.3 Marco regulatorio de la energía eléctrica

**2 Tipos de plantas termoeléctricas y de cogeneración. Eficiencias – ventajas y desventajas – sistemas principales de una central**

**Objetivo:** El estudiante se familiarizará con las diferentes configuraciones de las plantas termoeléctricas, tanto para generación, como para cogeneración, sus eficiencias, ventajas y desventajas, estado del arte y tendencias tecnológicas y conocerá los sistemas principales de una planta termoeléctrica a vapor y con turbina de gas y calderas de recuperación.

**Contenido:**

- 2.1 Alternativas de configuración, aplicaciones, ventajas y desventajas
  - 2.1.1 Clasificación por uso final
  - 2.1.2 Curvas de demanda. Tipos de planta para cubrir la demanda
  - 2.1.3 Factores de carga, demanda media operativa
- 2.2 Tipos de ciclos de plantas termoeléctricas y de cogeneración
  - 2.2.1 Ciclos a vapor
  - 2.2.2 Ciclos con turbina de gas y ciclos combinados
  - 2.2.3 Ciclos con motores de combustión interna
  - 2.2.4 Aplicaciones, ventajas y desventajas comparativas
- 2.3 Sistemas principales que integran una planta
- 2.4 Tendencias tecnológicas
  - 2.4.1 Ciclos termoeléctricos con tecnología solar
  - 2.4.2 Sistemas integrados de gasificación
  - 2.4.3 Nucleoelectricidad



#### 2.4.4 Ciclos híbridos con celdas de combustible y turbinas de gas

### 3 Generadores de vapor – Tipos- Tecnologías de punta- combustión, emisiones contaminantes

**Objetivo:** El estudiante aprenderá los aspectos fundamentales y el comportamiento de los generadores de vapor y desarrollará habilidades para efectuar cálculos de combustión y balances de masa y energía.

#### Contenido:

- 3.1 Generalidades
  - 3.1.1 Definición
  - 3.1.2 Clasificación
- 3.2 Sistemas principales de una generador de vapor
  - 3.2.1 Horno (hogar)
  - 3.2.2 Quemadores y sistema de combustible
  - 3.2.3 Ventiladores, precalentadores de aire, ductos y chimenea
  - 3.2.4 Sobrecalentadores, recalentadores y economizadores
  - 3.2.5 Otros componentes
- 3.3 Principios básicos para cálculos de combustión, emisiones contaminantes
- 3.4 Balances de masa y energía del generador de vapor

### 4 Turbinas de vapor, ciclos, aplicaciones para generación y cogeneración, tendencias tecnológicas

**Objetivo:** El alumno conocerá las aplicaciones de los diferentes tipos de turbinas y desarrollará habilidades para seleccionar los parámetros operativos más adecuados. Aplicará estas habilidades en el desarrollo de configuraciones de ciclos con turbinas de vapor y aprenderá a calcular balances de masa y energía de los ciclos y la determinación de las eficiencias, tanto para plantas de generación, como para plantas de cogeneración.

#### Contenido:

- 4.1 Definición, clasificación
- 4.2 Tipos de turbinas de vapor
  - 4.2.1 Turbinas de contrapresión pura
  - 4.2.2 Turbinas de contrapresión y con extracción automática o controlada
  - 4.2.3 Turbinas de extracción - condensación
- 4.3 Características típicas y condiciones preferidas de admisión
  - 4.3.1 Condiciones preferidas del vapor de admisión subcríticas
  - 4.3.2 Eficiencias de las etapas
  - 4.3.3 Condiciones del vapor de escape al condensador
  - 4.3.4 Selección y especificaciones de una turbina de vapor
- 4.4 Ciclos con turbinas de vapor
  - 4.4.1 Ciclos simples para autoabastecimiento
  - 4.4.2 Ciclos para cogeneración
  - 4.4.3 Ciclos de vapor con biomasa y residuos
  - 4.4.4 Ciclos para plantas generadoras para el servicio público
- 4.5 Diseño conceptual de turbinas
- 4.6 Cálculos de ciclos y diagramas de masa y energía, eficiencias, consumos específicos



## 5 Turbinas a gas – calderas de recuperación – aplicaciones para generación y cogeneración, ahorro de combustibles y reducción de emisiones

**Objetivo:** El alumno conocerá las aplicaciones de los diferentes tipos de turbinas de gas y desarrollará habilidades para seleccionar los modelos más adecuados para cada caso. Aplicará estas habilidades en el desarrollo de configuraciones de ciclos con turbinas de gas para autoabastecimiento y con calderas de recuperación para ciclos de cogeneración y aprenderá ajustes por localización, a calcular balances de masa y energía de los ciclos y la determinación de las eficiencias, tanto para plantas de generación, como para plantas de cogeneración.

### Contenido:

- 5.1 Descripción y componentes
- 5.2 Principales fabricantes y modelos en el mercado
  - 5.2.1 Turbinas industriales
  - 5.2.2 Turbinas aeroderivadas
  - 5.2.3 Mini y micro turbinas
- 5.3 Ciclos con turbinas de gas
  - 5.3.1 Ciclo Brayton teórico y real
  - 5.3.2 Ciclos Cheng y Chat
  - 5.3.3 Ciclo para cogeneración
  - 5.3.4 Ciclos híbridos turbina de gas- celda de combustible
- 5.4 Desempeño y curvas características y ajustes para condiciones diferentes al estándar ISO
  - 5.4.1 Desempeño en condiciones estándar ISO
  - 5.4.2 Ajustes por altura sobre el nivel del mar
  - 5.4.3 Ajustes por temperatura de admisión y humedad ambiente
  - 5.4.4 Ajustes por pérdidas de presión de admisión y escape
  - 5.4.5 Ajustes al desempeño por factor de planta menor al 100%
  - 5.4.6 Técnicas para acondicionamiento del aire de admisión
- 5.5 Calderas de recuperación de calor de gases de escape.
  - 5.5.1 Definición.
  - 5.5.2 Características típicas
  - 5.5.3 Principios de su diseño
  - 5.5.4 Efectividad
  - 5.5.5 Quemador complementario o post-combustor
- 5.6 Selección de turbinas de gas y determinación de sus características operativas reales esperadas y determinación del balance de masa y energía del ciclo real
- 5.7 Ahorros de combustible y reducción de emisiones contaminantes al aplicar estos sistemas

## 6 Motores para generación y cogeneración, ahorro de combustible y reducción de emisiones

**Objetivo:** El alumno conocerá las aplicaciones de los diferentes tipos de motores de bajas revoluciones y desarrollará habilidades para seleccionar los modelos más adecuados para cada caso dependiendo el tipo de combustible. Aplicará estas habilidades en el desarrollo de configuraciones de ciclos con motores para generación y con calderas de recuperación para ciclos de cogeneración y aprenderá a calcular balances de masa y energía de los ciclos y la determinación de las eficiencias, tanto para plantas de generación, como para plantas de cogeneración.

**Contenido:**

- 6.1 Definición y clasificación
- 6.2 El ciclo diesel y el ciclo dual
- 6.3 Potencia y eficiencia termodinámica
- 6.4 Tipos de combustibles que se emplean
  - 6.4.1 Motores a gas natural
  - 6.4.2 Motores a diesel, gas-diesel y con combustóleo pesado
  - 6.4.3 Motores que operan con biogas y gases residuales
- 6.5 Motores que operan con combustible pesado
- 6.6 Motores que operan con gas natural o duales gas-diesel
- 6.7 Sistemas auxiliares de motores que operan con combustible pesado
- 6.8 Posibilidades de recuperación de calor – ciclos de cogeneración
- 6.9 Variación del desempeño a diferentes condiciones de carga operativa
- 6.10 Nivel sonoro y emisiones
- 6.11 Ahorros de combustible y reducción de emisiones contaminantes al aplicar estos sistemas

**7 Ciclos combinados para generación y cogeneración, ahorro de combustible y reducción de emisiones**

**Objetivo:** El estudiante conocerá las centrales de ciclo combinado y su aplicación en plantas generadoras para servicio público y podrá aplicar los conocimientos y habilidades desarrolladas en los capítulos anteriores para calcular ciclos combinados para generación y para cogeneración.

**Contenido:**

- 7.1 Definición y principio de operación
- 7.2 Configuraciones preferidas para ciclos combinados
- 7.3 Ciclos combinados en México
- 7.4 Ciclos combinados para cogeneración
- 7.5 Tendencias tecnológicas en ciclos combinados
- 7.6 Ciclos combinados integrados a procesos de gasificación (igcc)
- 7.7 Ahorros de combustible y reducción de emisiones

**8 Costos de energía operativa para plantas de generación y cogeneración**

**Objetivo:** El alumno desarrollará capacidades para evaluar los costos de la energía eléctrica y la energía térmica útil de operación y podrá determinar si las alternativas técnicas desarrolladas en los capítulos anteriores, son alternativas viables desde el punto de vista económico.

**Contenido:**

- 8.1 Metodología
- 8.2 Análisis de características de uso de energía. Determinación de patrones de operación, y requerimientos máximos y medios operativos
- 8.3 Tarifas eléctricas
  - 8.3.1 Clasificación, costos por demanda y por energía, factor de potencia
  - 8.3.2 Ajustes a las tarifas
- 8.4 Costos de combustibles
  - 8.4.1 Costos de primera mano
  - 8.4.2 Costos de distribución y efectivos



- 8.4.3 Variabilidad de precios mundiales y efectos en México
- 8.5 Costos operativos en la situación actual
- 8.6 Estimado de costos operativos de energía y de ingresos / ahorros económicos con el proyecto
- 8.7 Costos unitarios comparativos del kWh y del vapor

## 9 Inversiones – capital de riesgo – financiamiento – análisis de rentabilidad de un proyecto

**Objetivo:** El alumno desarrollará capacidades para evaluar los costos de inversión y los costos nivelados de la energía eléctrica y la energía térmica útil y podrá determinar, al incluir el capital de riesgo y el financiamiento, si las alternativas técnicas desarrolladas en los capítulos anteriores, son alternativas viables desde el punto de vista económico y financiero.

### Contenido:

- 9.1 Elementos de matemáticas financieras
- 9.2 Importes típicos de inversión para diferentes configuraciones
- 9.3 Costos futuros
  - 9.3.1 Costos de corto plazo: combustibles, personal, consumibles
  - 9.3.2 Costos de largo plazo: aplicación de inversiones, refacciones, mantenimiento
  - 9.3.3 Costo nivelado de una central de servicio público
- 9.4 Análisis de rentabilidad del proyecto
- 9.5 Estimado de beneficios
- 9.6 Requerimientos de capital de riesgo y financiamiento
- 9.7 Análisis de rentabilidad del capital
- 9.8 Análisis de sensibilidad

---

### Bibliografía básica:

CENGEL -YUNUS & BOLES

*Termodinámica*

Mc Graw Hill , 2003

MOONEY, D. A.

*Introduction to Thermodynamics & Heat Transfer*

Prentice-Hall

BABCOK & WILCOX.

*Steam, It's generation and use.*

4<sup>th</sup> edición , 2005

J. CERVANTES DE GORTARI

*Fundamentos de Transferencia de Calor*

UNAM –FC, 1999



CONAE

*Introducción a la Cogeneración*

W.T-PARRY –J.C. BELOWS

*Steam Tables for industrial use*

ASME , 2007

P.P. WALH, P. FLETCHER

*Gas Turbine performance*

ASME , 2004

Fei Liu, P. IH

*Energy technology and the environment*

ASME , 2005

I6T407

*Steam turbines fundamentals*

ASME , 2003

ULRICH, H

*Close cycle gas turbines*

ASME , 2005

BOYCE, M. P.

*Handbook for cogeneration & combine cycle power plants*

ASME , 2002

O'KEEFE, P.

*The future of energy*

Earthscan , 2008

BOYLE, G.

*Renewable energy & the wind*

Earthscan , 2007

**Bibliografía complementaria:**

KEENAN,

*Steam Tables*

John Wiley & Sons

Publicaciones periódicas:

PENWELL- Power engineering magazine international

PENWELL- Renewable energy world magazine

BPA- gas turbine world

EGSA- Diesel and gas turbine worldwide



**Bibliografía a consultar en la RED**

Ge Power Systems Steam Turbine Products

Siemens Steam Turbines

KAWASAKI HI *Gas turbines*

MITSUBISHI HI *Gas turbines*

GE POWER SYSTEMS *Steam turbines*

Siemens PG- *Steam and gas turbines*

GE ENERGY Aero derivative Gas *turbines*

Alstom- Steam turbines, gas turbines and *Heat Recovery Steam Generator*

Siemens Ag, Power High-Efficiency Industrial Gas Turbine Designed for Medium-Load Service

Man B&W Motores para gas y Combustóleo

Wartsila Diesel Motores para gas y Combustóleo

Capstone Microturbinas

Y Consultas similares

**Sugerencias didácticas:**

Exposición oral	<input checked="" type="checkbox"/>	Lecturas obligatorias	<input checked="" type="checkbox"/>
Exposición audiovisual	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajos de investigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Ejercicios dentro de clase	<input checked="" type="checkbox"/>	Prácticas de taller o laboratorio	<input type="checkbox"/>
Ejercicios fuera del aula	<input checked="" type="checkbox"/>	Prácticas de campo	<input type="checkbox"/>
Seminarios	<input type="checkbox"/>	Otras	<input type="checkbox"/>

**Forma de evaluar:**

Exámenes parciales	<input checked="" type="checkbox"/>	Participación en clase	<input type="checkbox"/>
Exámenes finales	<input checked="" type="checkbox"/>	Asistencias a prácticas	<input type="checkbox"/>
Trabajos y tareas fuera del aula	<input checked="" type="checkbox"/>	Otras	<input type="checkbox"/>

**Perfil profesiográfico de quienes pueden impartir la asignatura**

Preferentemente profesor de asignatura con actividad profesional o académica directamente relacionada con la aplicación profesional de la asignatura. Puede ser impartida por un académico de la UNAM con experiencia docente o línea de investigación directamente relacionada con la asignatura.