



## Temas avanzados de ciclo combinado

**Créditos: 6**  
**40 horas**

### Objetivo

Operar las bases teóricas sobre turbinas, sistema eléctrico y control, y evaluación económica de la tecnología de generación eléctrica para que el estudiante evalúe el diseño y operación de una central de ciclo combinado mediante diferentes técnicas instruccionales.

### Temario

#### I. Fundamentos de Ciclo Combinado

Descripción de los ciclos termodinámicos utilizados en los procesos de generación de energía eléctrica con un ciclo combinado, identificando en cada uno de ellos los parámetros más importantes.

1. Ciclo Rankine
2. Ciclo Brayton
3. Integración de ciclos Rankine y Brayton
4. Régimen térmico
5. Condiciones ISO, Estándar y Normal.
6. Diseño básico de plantas de ciclo combinado (Thermoflow®). Repaso de la modelación básica de un ciclo

combinado utilizando el software Thermoflow®.

- II. Recuperador de Calor
- III. Sistemas de condensado
- IV. Sistemas de tratamiento de agua.
- V. Turbomaquinaria

1. Turbinas de Gas
  - a) Tipos de Turbinas de Gas
  - b) Principios de Funcionamiento
  - c) Principales Partes de las Turbinas
  - d) Sistemas auxiliares
  - e) Principales Problemas en Turbinas de Gas
2. Turbinas de vapor
  - a) Principios de funcionamiento de turbinas de vapor
  - b) Arreglos típicos de turbinas de vapor
  - c) Descripción de las secciones de las turbinas de vapor:
  - d) Componentes y sistemas principales
  - e) Factores que afectan en el decremento de eficiencia de las turbinas de vapor.

#### VI. Sistemas Eléctricos

1. Generador
2. Sistemas auxiliares del generador
3. Sistemas de potencia

#### VII. Sistemas de Control

1. Introducción y descripción general de los sistemas de control en CCC
2. Control en Turbinas de Gas (TG)
3. Control en Turbina de Vapor (TV) y Sistema de Condensados (SC)
4. Control en Recuperador de Calor-Generador de Vapor (RCGV)
5. Control Coordinado/ Control de Balance de Planta



6. Arquitectura y requerimientos del sistema de control CCC
7. Problemas típicos y retos del control de procesos en CCC
8. Normatividad de referencia.

### VIII. Combustibles

Se describe los principales combustibles para generación eléctrica, su origen, transporte y propiedades.

1. Diésel
2. Gas natural

### IX. Evaluación económica de proyectos

1. El valor del dinero en el tiempo
3. Costeo de un proyecto
4. Costo nivelado
5. Costo unitario de generación
6. La inflación y su efecto en la evaluación de proyectos
7. El tipo de cambio

Eléctricas (hoy Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias –INEEL-) en 2001 para colaborar, principalmente, en proyectos relacionados con la innovación tecnológica de quemadores de combustible y el mejoramiento integral de los sistemas de combustión de generadores de vapor. En el año 2012 ingresó a la Gerencia de Turbomaquinaria y desde entonces ha participado en proyectos de evaluación y diagnóstico energético de instalaciones industriales, de ingeniería de plantas de cogeneración evaluando parámetros de diseño y desarrollando ingeniería básica, y en el análisis de procesos de captura de CO<sub>2</sub>. Ha publicado más de 15 artículos técnicos de su especialidad en congresos nacionales e internacionales. Fue distinguido por la American Society of Mechanical Engineers en el año 2010 con el ASME Prime Movers Award 2010 por la coautoría del artículo titulado “Improvement of the Performance of a utility Oil Fired Boiler by Modifying the Design of Burners and Atomizers”. Ha sido instructor en cursos de combustión, intercambiadores de calor, modelado de redes de vapor y cogeneración. Actualmente es el Responsable del grupo de certificación de plantas de cogeneración del INEEL, y trabaja en las áreas de evaluación de sistemas de cogeneración e integración de tecnologías limpias en centrales eléctricas.

### Instructores



**M.C. Ángel Alberto  
Méndez Aranda**

Ingeniero mecánico (1996) y Maestro en ciencias (2001) por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Ingresó a la Gerencia de Procesos Térmicos del Instituto de Investigaciones



**Dr. Agustín Moisés  
Alcaraz Calderón**

Es ingeniero mecánico por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (1998).



**SENER**  
SECRETARÍA DE ENERGÍA



**INEEL**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ELECTRICIDAD Y  
ENERGÍAS LIMPIAS



**INEEL  
CECSE**  
CENTRO ESPECIALIZADO  
DE CAPACITACIÓN PARA  
EL SECTOR ENERGÍA

Cuenta con Maestría y Doctorado en Ingeniería en el área de Energía por la Universidad Nacional de México, abordando los temas de cogeneración, energía termosolar y Captura y Usos del CO<sub>2</sub>. Ha laborado en el área de proyectos y de mantenimiento con empresas de ingeniería y de la industria química, elaborando ingeniería conceptual y de detalle. Ingresó al Instituto de Investigaciones Eléctricas (Actualmente Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL)) desde 2001 en la Gerencia de Procesos Térmicos, donde ha colaborado en proyectos de consultoría, tanto en la parte técnica como económica, para proyectos de la industria de generación eléctrica y exploración, explotación y refinación de petróleo y gas. Desde el 2006 se ha desempeñado como jefe de proyecto administrando y coordinando proyectos para el ahorro de energía y cogeneración en la industria petrolera y eléctrica. Pertenece al grupo encargado de hacer la "Medición de variables para la certificación de plantas de Cogeneración". También, ha participado en la publicación de artículos de investigación y divulgación en revistas nacionales e internacionales en los temas de generación, ahorro de energía, captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, evaluaciones económicas y costos de vapor y energía eléctrica. Ha impartido diversos cursos para PEMEX y la CFE relacionados con la simulación de procesos termodinámicos, eléctricos (Ciclos Combinados), y costos. Así como también ha dictado múltiples conferencias en foros internacionales en países como Estados Unidos y Brasil.



**Dr. Alfonso Campos  
Amezcua**

Ingeniero Industrial Mecánico, Maestro en Ciencias en Ingeniería Energética por el ITESM y Doctor en Ingeniería Mecánica por la Universidad de Guanajuato.

Desde 1994 labora en el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, en la evaluación y diagnóstico de turbomaquinaria, simulación numérica de flujo y transferencia de calor en componentes mecánicos, análisis de causa raíz y como perito para determinar si eventos cumplen con los criterios para ser considerados Caso Fortuito o Fuerza Mayor.

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el 2008.



**M.C. Carlos Alberto  
Mariño López**

Ingeniero Mecánico Y Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Energética por el Instituto Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey. En 1994 ingresó al INEEL como investigador de la Gerencia de Turbomaquinaria, en la cual ha tenido participación en diversos proyectos relacionados con la evaluación termodinámica de equipos y sistemas mecánicos mediante la aplicación y desarrollo de procedimientos de diagnóstico de la operación, en línea y fuera de línea, para la mejora de eficiencia



en turbinas de vapor y gas, así como en el desarrollo de programas de cómputo para la determinación en línea de desviaciones al régimen térmico de unidades de generación termoeléctrica que permita la operación fuera de fallas funcionales de los equipos y sistemas de generación eléctrica. Ha sido responsable de realizar estudios técnico-económicos de proyectos de conversión de centrales termoeléctricas de combustóleo a carbón o coque de petróleo; así como de repotenciación de unidades mediante la conversión a ciclos combinados; estos estudios incluyen el análisis de los equipos y de los sistemas principales que conforman los balances de planta. Como resultado de su participación en proyectos de eficiencia energética ha sido coautor de 23 artículos técnicos especializados y tres derechos de autor en diagnóstico de turbomaquinaria.



**Dr. Raúl Garduño  
Ramírez**

Ingeniero Electricista, Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el Instituto Politécnico Nacional, México y Doctor en Filosofía por la Pennsylvania State University, EE.UU.

Realizó una estancia de I+DT en el Laboratorio Nacional de Ingeniería Mecánica, Japón, sobre el desarrollo de sistemas de control de robots industriales.

Desde 1987 labora en el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, trabajando en el desarrollo de sistemas de control de centrales eléctricas.

Trabajos de investigación científica y tecnológica:

- El monitoreo, diagnóstico y control inteligente de plantas eléctricas convencionales y renovables.
- La optimización multiobjetivo de la operación de sistemas de conversión de energía.



**Ing. Jesús Antonio Flores  
Zamudio**

Ingeniero mecánico, egresado de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (2008). Desde 2009 es Investigador de la Gerencia de Procesos Térmicos del INEEL.

Especialista en los procesos termodinámicos de centrales de generación eléctrica, simulación de la operación y diseño. Experiencia en estudios de factibilidad técnica económica de desarrollo de infraestructura y modelación de centrales de generación eléctrica para la CFE, PEMEX y empresas privadas del sector energía. Experiencia en proyectos de planeación del sector eléctrico. Evaluación de esquemas de contratación de plantas nuevas. Experiencia en simulación e integración de las energías renovables en plantas convencionales de generación eléctrica. Participación activa en el sector energético de México desde 2009 a la fecha.



**SENER**  
SECRETARÍA DE ENERGÍA



**INEEL**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ELECTRICIDAD Y  
ENERGÍAS LIMPIAS



**INEEL  
CECSE**  
CENTRO ESPECIALIZADO  
DE CAPACITACIÓN PARA  
EL SECTOR ENERGÍA



**M.E Laura Elena Sánchez  
Hernández**

Maestra en Economía de la Energía y el Ambiente, Ingeniera en energía. Desde 1995 es Investigadora de la Gerencia de Procesos Térmicos del INEEL.

Su área de especialidad son los estudios de factibilidad técnico económica de proyectos de infraestructura para generación y abasto de gas natural en el sector eléctrico así como estudios específicos para este sector en los temas de, seguridad energética, bases de licitación de proyectos de generación, mercado de balance de potencia, externalidades, nuevas tecnologías de generación eléctrica, análisis de riesgo por volatilidad del precio de los combustibles, normas de eficiencia energética de equipo para servicios, modelado de unidades generadoras para la evaluación y recuperación de decrementos de potencia eléctrica y determinación de costos de electricidad y vapor en la industria.