



## Sistemas de cogeneración y su certificación

32 horas

### Objetivo

Presentar aspectos para el diseño, evaluación técnica, evaluación económica, normativas de sistemas de cogeneración eficiente y generalidades de la energía limpia, con la finalidad de maximizar los beneficios técnicos y económicos de este tipo de proyectos.

### Dirigido

- Personal que labora en industrias donde sus procesos requieren energía térmica y electricidad, que consideren a la cogeneración como una alternativa para disminuir costos en sus procesos de potencia.
- Personal encargado de evaluar y administrar sistemas de cogeneración y de generación limpia, que desee obtener su certificación ante la CRE.

### Temario

#### Módulo 1. Aspectos Generales de los Sistemas de Cogeneración

1. Clasificación de los sistemas de cogeneración

- 1.1 Clasificación de la cogeneración (por capacidad)
- 1.2 Clasificación de la cogeneración (por sectores)
- 1.3 Principales usos finales

2. Índices característicos de los sistemas de cogeneración

- 2.1 Eficiencias de sistemas de cogeneración
  - 2.1.1 Eficiencia PURPA
  - 2.1.2 Eficiencia atribuible a la energía eléctrica
  - 2.1.3 Eficiencia combinada CHP
  - 2.1.4 Eficiencia exergética combinada CHPex
- 2.2 Eficiencia de calderas
  - 2.2.1 Régimen Térmico o Índice de Calor (HeatRate).
- 2.3 Índice de consumo de Energía de CONUEE
- 2.4 Índice Q/E (Calor útil/Potencia eléctrica o Q/E)
- 2.5 Perfiles técnicos
- 2.6 Perfiles económicos

3. Mercado del gas natural y potencial de cogeneración en México

- 3.1 Aspectos generales del combustible
- 3.2 Mercado y Balance Nacional
- 3.3 Regulación y transporte
- 3.4 Sectores económicos para cogeneración.
- 3.5 Potencial de Cogeneración en México
- 3.6 Retos de la cogeneración

## **Módulo 2. Aspectos de diseño y evaluación económica de los sistemas de cogeneración**

### 3. Aspectos a considerar para el diseño de sistemas de cogeneración en instalaciones industriales

- 3.1 Objetivo
- 3.2 Beneficios
- 3.3 Etapas del diseño
- 3.4 Requisitos previos
- 3.5 Antecedentes del proyecto
- 3.6 Estudio técnico económico
- 3.7 Aspectos a considerar por la especialidad de proceso
  - 3.7.1 Servicios auxiliares requeridos
  - 3.7.2 Sistemas de desfogues
  - 3.7.3 Interconexiones con instalaciones existentes
  - 3.7.4 Equipo para maniobras y mantenimiento
  - 3.7.5 Equipo mecánico estático
  - 3.7.6 Equipo mecánico dinámico
  - 3.7.7 Sistemas de tratamiento de efluentes
- 3.8 Aspectos a considerar por otras especialidades
  - 3.8.1 Eléctrica
  - 3.8.2 Civil
  - 3.8.3 Instrumentación y Control
  - 3.8.4 Telecomunicaciones
  - 3.8.5 Arquitectura
  - 3.8.6 Seguridad Industrial

### 4. Evaluación económica de proyectos de cogeneración

- 4.1 Objetivo
- 4.2 Consideraciones generales

- 4.2.1 Inversión
- 4.2.2 Egresos
- 4.2.3 Actualización de inversiones
- 4.2.4 Tipo de moneda
- 4.2.5 Dinero en el tiempo
- 4.2 Indicadores económicos
- 4.3 Costos de operación y mantenimiento
  - 4.3.1 Combustibles
  - 4.3.2 Agua
  - 4.3.3 Personal
  - 4.3.4 Mantenimientos
  - 4.3.5 Otros
- 4.4 Flujo de efectivo
  - 4.4.1 Antes de impuestos
  - 4.4.2 Después de impuestos
- 4.5 Ejemplo de aplicación
  - 4.5.1 Consideraciones generales
  - 4.5.2 Definición del caso base
  - 4.5.3 Definición del nuevo proyecto
  - 4.5.4 Inversión
  - 4.5.5 Costos
  - 4.5.6 Beneficios
  - 4.5.7 Flujo de efectivo
  - 4.5.8 Rentabilidad del proyecto
- 4.6 Metodologías para la asignación de costos de vapor y energía eléctrica
  - 4.6.1 Caldera equivalente
  - 4.6.2 Generación equivalente
  - 4.6.3 Exergoeconomía
  - 4.6.4 Ejemplo de aplicación

## **Módulo 3. Certificación como cogeneración eficiente**



- 5. Marco legal y regulatorio actual
  - 5.1 Marco Normativo de la cogeneración
  - 5.2 Principales autoridades competentes en materia de cogeneración
  - 5.3 Implicaciones de la reforma energética
- 6. Cogeneración eficiente
  - 6.1 Esquemas de cogeneración definidos por la CRE
  - 6.2 Procedimiento para solicitar el permiso de cogeneración
    - 6.2.1 Energía de respaldo
    - 6.2.2 Convenio de compraventa de excedentes de energía eléctrica (energía Económica)
  - 6.3 Tipos de beneficios que se obtienen de la cogeneración
  - 6.4 Metodología para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente
  - 6.5 Pasos para la acreditación de un sistema de cogeneración como de cogeneración eficiente

**Módulo 4. Plantas de energía limpia y certificación como generador limpio**

- 7. Marco regulatorio de las tecnologías de generación limpias
  - 7.1 Aspectos generales de las tecnologías de generación limpia.
  - 7.2 Ley de la industria eléctrica.
  - 7.3 Resoluciones de la CRE.
- 8. Certificación de generador limpio

- 8.1 Esquemas de generación definidos por la CRE.
- 8.2 Beneficios que se obtienen de la generación de energía limpia.
- 8.3 Metodología para el cálculo de la energía libre de combustible y cálculo de los Certificados de Energía Limpia (CEL's)
- 8.4 Pasos para la acreditación de una planta de generación eléctrica como Generador limpio

**Instructores**



**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. 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.



**Ing. Marco Polo Flores  
López**

Ingeniero Electromecánico. Especialista en planeación energética, dirección de proyectos de servicios de ingeniería, desarrollo y programación de modelos matemáticos para planeación energética y de simulación de procesos termodinámicos. Cuenta con más de 30 años de experiencia en la industria energética colaborando en proyectos de evaluación de factibilidad de proyectos de infraestructura, impacto ambiental, riesgos, simulación de procesos, entre otros, para instituciones como: CFE, PEMEX, SENER, CNSNS, CENAGAS, CENACE, SEMARNAT, SEDESOL, INECC e industrias privadas. A contribuido con CFE y PEMEX en proyectos de evaluaciones de los efectos de la calidad del GN y en evaluación de proyectos de infraestructura de transporte. Desde el año 2002 a la fecha colabora como investigador en la Gerencia de Procesos Térmicos del INEEL.



**SENER**  
SECRETARÍA DE ENERGÍA



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



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



**Dr. Agustín Moisés Alcaraz  
Calderón**

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



**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 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.