

60804 - Tecnología energética

Información del Plan Docente

Año académico	2017/18
Asignatura	60804 - Tecnología energética
Centro académico	110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Titulación	532 - Máster Universitario en Ingeniería Industrial
Créditos	4.5
Curso	1
Periodo de impartición	Semestral
Clase de asignatura	Obligatoria
Módulo	---

1. Información Básica

1.1. Introducción

Breve presentación de la asignatura

"*Tecnología Energética*" forma parte de las asignaturas obligatorias del Master Universitario en Ingeniería Industrial. La asignatura se imparte en el primer curso de la titulación, tanto en el cuatrimestre de otoño como en el de primavera, optando cada alumno por la opción más conveniente para su plan de matrícula

Su extensión es de 4,5 créditos ECTS, que equivalen a 112,5 horas totales de trabajo, correspondientes a 46 horas presenciales (30 horas de clases de teoría, 12.5 horas sesiones prácticas, 4 horas en de tutela personalizada de trabajos y 4 horas de pruebas de evaluación) y a 62 horas no presenciales de trabajo del alumno, entre estudio de los contenidos de clases magistrales y prácticas y realización de ejercicios y trabajos.

1.2. Recomendaciones para cursar la asignatura

En esta asignatura se parte de la base de que el estudiante ha adquirido previamente todas las competencias básicas y comunes a la rama industrial y algunas de tecnología específica la orden CIN351/2009, en particular:

- Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la termodinámica y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.
- Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería
- Conocimientos aplicados de ingeniería térmica.
- Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.
- Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.
- Capacidad para comprender y aplicar los principios de conocimientos básicos de la química general, química orgánica e inorgánica y sus aplicaciones en la ingeniería.

Para superar la asignatura se requiere de trabajo y estudio continuado desde el primer día de su impartición, ya que de

60804 - Tecnología energética

lo contrario el aprendizaje resultará infructuoso. La asistencia a las clases es muy recomendable, así como la resolución de los problemas y ejercicios propuestos. Se sugiere asimismo la preparación previa de las sesiones de prácticas a través de la lectura y comprensión de los guiones disponibles.

Es importante que el alumno realice un seguimiento continuado de los contenidos impartidos, para lo cual puede contar con la asesoría del profesorado, tanto durante las clases de teoría como en las horas de tutoría destinadas a ello.

1.3.Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura combina conocimientos de Termodinámica Técnica, Transferencia de Calor e Ingeniería Térmica, así como de otras ramas como Matemáticas, Física, Mecánica de Fluidos, Ingeniería Eléctrica y Economía. Además del dimensionado y caracterización desde el punto de vista térmico, se abordan estudios de viabilidad económicos y de impacto medioambiental, que se encuentran estrechamente relacionados con otras materias de la titulación.

1.4.Actividades y fechas clave de la asignatura

El calendario detallado de las diversas actividades a desarrollar se establecerá una vez que el Centro haya aprobado el calendario académico para el curso próximo (el cual podrá ser consultado en la web de la EINA). Debe tenerse en cuenta que esta asignatura contará con grupos de docencia tanto en primer como en segundo cuatrimestre.

La relación y fecha de las diversas actividades, junto con todo tipo de información y documentación adicional sobre la asignatura, se publicará en el Anillo Digital Docente desde el inicio del cuatrimestre.

A título orientativo:

- Cada semana hay programadas **2 horas** de clases en aula, que se destinarán a clases magistrales de teoría.
- Cada estudiante realizará cinco sesiones prácticas, hasta completar un total de **12.5 horas** presenciales distribuidas en cinco sesiones. Estas prácticas se programarán en semanas alternas y se impartirán en grupos pequeños en aula informática.
- Las actividades adicionales que se programen (sesiones de control de trabajos tutorados, presentaciones, controles de evaluación continua etc.) se anunciarán con suficiente antelación, tanto en clase como en curso de la plataforma add de la asignatura.
- Las fechas de los exámenes y pruebas de convocatoria oficial las fijará la dirección del Centro.

2.Resultados de aprendizaje

2.1.Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

Conoce la estructura energética española, europea y mundial.

Conoce las principales características de los combustibles de origen fósil y sus usos energéticos

Conoce los principales recursos energéticos renovables y sabe realizar cálculos acerca de su dimensionado o producción.

Conoce las tecnologías de generación termoeléctrica convencional y puede realizar cálculos de los ciclos de potencia más habituales y de cada uno de los principales sistemas componentes de centrales.

60804 - Tecnología energética

Conoce y es capaz de seleccionar y dimensionar sistemas de producción de energía para atender demandas de calor, frío y electricidad de un centro consumidor mediante sistemas de cogeneración, trigeneración o de producción separada de calor y/o frío y compra de electricidad.

Comprende la gestión de la energía en la industria, y es capaz de proponer soluciones de ahorro de energía en sistemas industriales de producción, transformación y consumo.

2.2.Importancia de los resultados de aprendizaje

Los resultados de aprendizaje de la asignatura son fundamentales ya que con ellos el estudiante será capaz de diseñar y analizar sistemas energéticos, conocer la gestión de fuentes de energía y llevar a cabo el dimensionado de sistemas y equipos de generación, transformación y suministro en el ámbito industrial. Asimismo, su formación se complementará utilizando herramientas informáticas adecuadas para completar modelados ingenieriles de equipos y sistemas de interés en la industria. Todo ello con las limitaciones inherentes al tiempo y presupuesto disponibles.

3.Objetivos y competencias

3.1.Objetivos

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

El objetivo de la asignatura es el aprendizaje de conceptos avanzados relacionados con los campos de la Ingeniería Térmica y la Termotecnia, combinando el estudio de las fuentes de energía, de los sistemas de producción energética basados en recursos de origen fósil y renovable, de la configuración de grandes plantas termoeléctricas y de la gestión y viabilidad técnico-económica de instalaciones de producción de energía para suministro a procesos industriales intensivos en demandas térmicas.

3.2.Competencias

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

Competencias específicas

CM5.- Conocer y ser capaz de diseñar y analizar máquinas y motores térmicos e instalaciones de calor y frío industrial.

CM6.- Ser capaz de comprender, analizar, explotar y gestionar las diferentes fuentes de energía.

Competencias generales

CG1.- Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de la ingeniería energética.

CG2.- Proyectar, calcular y diseñar productos, instalaciones y plantas energéticas.

CG5.- Realizar planificación estratégica y aplicarla a sistemas de producción, calidad y gestión medioambiental.

CG6.- Gestionar técnica y económicamente proyectos, plantas, instalaciones, empresas y centros productivos.

60804 - Tecnología energética

CG8.- Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.

CG9.- Ser capaz de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios, incluyendo reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas.

CG10.- Saber comunicar conclusiones a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG11.- Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan un estudio autodirigido o autónomo.

CG12.- Conocer, comprender y saber aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

4.Evaluación

4.1.Tipo de pruebas, criterios de evaluación y niveles de exigencia

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

Esta asignatura ofrece la posibilidad de evaluación continua o evaluación global:

EVALUACIÓN CONTINUA

- **Trabajos de prácticas (10%):** Calificación de trabajos en grupo correspondientes a la temática impartida en sesiones de prácticas. Los grupos serán de hasta seis estudiantes. Cada trabajo deberá entregarse en la fecha indicada, de no ser así su calificación será de cero puntos. Los trabajos concretos variarán cada curso, y la nota final será una nota ponderada de todos ellos. Se valorarán tanto la corrección y completitud de los resultados obtenidos como la calidad del informe técnico presentado. Para superar esta parte ha de alcanzarse una nota mínima de 5 puntos. En caso de detectarse plagio entre distintos grupos de prácticas, todos los implicados tendrán una nota de cero puntos en ese trabajo, tanto los autores del trabajo fuente como los del copiado.
- **Exámenes de teoría (70%)** Consistirá en la realización durante el curso de tres pruebas objetivas. Las fechas de realización de las mismas se anunciarán al principio de curso, previa coordinación con el resto de las asignaturas del cuatrimestre. Se incluirán tanto preguntas de opción múltiple o similar como cálculos sencillos de respuesta abierta. Las respuestas de opción múltiple descontarán en el caso de respuesta errónea. No se permitirá material de consulta en estos exámenes. Para superar esta parte por evaluación continua ha de obtenerse una nota mínima de 5 en el promedio de las tres pruebas.
- **Examen práctico (20%)** Con el fin de evaluar la adquisición personal de las competencias desarrolladas en el trabajo en grupo, se realizará un examen práctico individual sobre los trabajos grupales. Dicho examen incluirá la realización en el ordenador de modificaciones o cálculos adicionales sobre los trabajos prácticos presentados durante el curso y diversas preguntas sobre los conceptos o temas directamente relacionados con los mismos. En el examen se podrán consultar los guiones de prácticas y versiones comentadas de los trabajos entregados o versiones mejoradas de los mismos, así como los apuntes de teoría de la asignatura y cualquier otro material IMPRESO. No se permitirá consultar documentos en formato electrónico. Para superar esta parte ha de alcanzarse una nota mínima de 5 puntos. Esta parte de la evaluación se realizará junto con el resto de la prueba global para todos los alumnos

Se recuerda que **según el artículo 10 del "Reglamento de normas de evaluación del aprendizaje" de la**

60804 - Tecnología energética

Universidad de Zaragoza, "La segunda convocatoria de evaluación, a la que tendrán derecho todos los estudiantes que no hayan superado la asignatura, se llevará a cabo mediante una prueba global realizada en el periodo establecido al efecto por el Consejo de Gobierno en el calendario académico.". Por tanto, **las notas de evaluación continua no se guardan para septiembre**.

PRUEBA GLOBAL (CONVOCATORIAS OFICIALES - 100%)

En las dos convocatorias oficiales se llevará a cabo la evaluación global del estudiante, realizándose las pruebas que se detallan a continuación:

- **Examen de teoría (70%)** Se incluirán tanto preguntas de opción múltiple o similar como cálculos sencillos de respuesta abierta. Las respuestas de opción múltiple descontarán en el caso de respuesta errónea. No se permitirá material de consulta en estos exámenes.
- **Examen de Prácticas (30%)**. Este examen podrá consistir en la realización en el ordenador de modificaciones o cálculos adicionales sobre los trabajos prácticos presentados durante el curso y diversas preguntas sobre los conceptos o temas directamente relacionados con los mismos. En el examen se podrán consultar los guiones de prácticas y versiones comentadas de los trabajos entregados o versiones mejoradas de los mismos, así como los apuntes de teoría de la asignatura y cualquier otro material IMPRESO. No se permitirá consultar documentos en formato electrónico. Para superar esta parte ha de alcanzarse una nota mínima de 5 puntos. Esta parte de la evaluación se realizará junto con el resto de la prueba global para todos los alumnos

NOTA GLOBAL: para que las notas de teoría y prácticas promedien, se deberá obtener un mínimo de 4 puntos sobre 10. En caso de que la nota de alguna de las partes sea menor que 4, la nota máxima en actas será 4.0.

5. Metodología, actividades, programa y recursos

5.1. Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

En las clases magistrales se explican las cuestiones tecnológicas relacionadas con los distintos temas, aplicando conocimientos previos del estudiante y completándolos en algunos aspectos. Dado el poco tiempo disponible, se han eliminado los problemas en la pizarra, ya que los ejemplos cortos y sencillos para hacer en la pizarra son más propios de las asignaturas del grado: en esta asignatura, los problemas han de resolverse necesariamente con la ayuda de un ordenador. Por tanto la parte práctica se trabaja en las sesiones prácticas con ordenador, donde se pueden abordar problemas de la longitud y complejidad requerida por el nivel de máster.

5.2. Actividades de aprendizaje

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

- Clases magistrales: Durante estas clases se expondrán los temas del programa (sección 5.3). En estos temas se describirá la evolución, estado y expectativas de la tecnología, explicando el porqué de la misma, utilizando tanto argumentos técnicos como legales, sociales, económicos o políticos que en ocasiones son tan importantes como

60804 - Tecnología energética

los tecnológicos. En estos temas También se ampliarán cuestiones técnicas relacionadas con las ciencias térmicas y que no han sido suficientemente tratadas en los grados previos.

- Resolución de problemas y casos y prácticas de laboratorio (ordenador): Durante las sesiones de prácticas se resolverán casos utilizando el ordenador con la asistencia del profesor. En dichas sesiones se comenzará con una exposición del problema y una explicación, aplicada al caso, de los procedimientos de cálculo necesarios. Estos procedimientos pueden ser una aplicación de lo visto en teoría o bien pueden ser específicos de la práctica.
- Realización de trabajos de aplicación: La realización en grupo del trabajo asociada con cada una de las prácticas (no dará tiempo a finalizarlo en la sesión, que está para aprender sobre su resolución y resolver las primeras dudas con el profesor) da a los estudiantes la posibilidad de ejercitar el aprendizaje autónomo y el trabajo en grupo. En la realización de este trabajo en grupo el estudiante dispone de más tiempo para trabajar por su cuenta la temática de la práctica. También deberá realizar breves informes técnicos sobre la misma, cuya estructura y alcance se detallará en el guión.
- Tutela personalizada profesor alumno: el profesorado de la asignatura estará disponible durante las horas de tutoría o con cita previa para solucionar las dudas que hayan surgido durante el estudio.
- Estudio y trabajo personal
- Pruebas de evaluación

5.3. Programa

Programa de teoría

1- Introducción/repaso

- Fuentes de energía y tecnología energética. Historia breve y contexto actual del uso de la energía. Delimitación de la asignatura
- Repaso: Unidades. Terminología energética. Propiedades termodinámicas y balances de energía de sistemas técnicos. Segundo principio de termodinámica. Energía primaria y energía final.
- Balance energético de la tierra. Cuantificación de recursos fósiles. Reservas probadas. Ratios reservas/consumo. Picos de producción
- Tamaños, costes y rendimientos típicos de equipos energéticos
- Estadísticas de energía primaria y final por sectores de actividad. Fuentes de datos.
- Repaso: Análisis económico de proyectos.

2- Combustibles fósiles

- Carbón. Petróleo y derivados líquidos. Gas natural y GLPs. Otros combustibles fósiles
- Características como fuente de energía. Emisiones. Usos energéticos
- Extracción, refinado y tratamiento, transporte y distribución. Infraestructura energética
- Características particulares. Composiciones convencionales. Normas, especificaciones y clasificaciones.
- Intercambiabilidad de combustibles

3- Fuentes y tecnologías renovables

- Energía solar. Recurso solar. Colectores solares. Centrales eléctricas termosolares. Células y paneles fotovoltaicos
- Energía eólica. Recurso eólico. Aerogeneradores
- Energía de la biomasa. Biomasa seca y húmeda. Recurso, propiedades y caracterización. Manejo y tratamientos de la biomasa. Procesos termoquímicos. Combustión. Gasificación y pirólisis. Producción de biogas. Biocombustibles líquidos

4- Centrales de potencia de vapor

- Contexto: tipos e implantación de centrales termoeléctricas
- Descripción general y rendimientos de una central de vapor
- Generador de vapor. Circulación agua-vapor. Sistemas de combustión. Bancos de intercambio. Disposición general
- Sistemas de combustible, aire y gases. Tiro y ventiladores. Molinos y sistema de alimentación. Precalentadores aire-gas
- Equipos de limpieza de gases. Filtros electrostáticos. Sistemas de desulfuración. Combustión con bajo NOx.

60804 - Tecnología energética

Sistemas de desnitrificación

- Ciclo de potencia. Repaso sobre ciclo Rankine y disposición general. Turbinas. Calentadores de superficie. Desgasificador
- Circuito de refrigeración. Tipos y comparativa de sistemas. Condensadores de agua. Torres de refrigeración. Aerocondensadores

5- Centrales de potencia de ciclo combinado

- Justificación, ventajas e inconvenientes vs. ciclos simples. Clasificación y configuraciones. Balances de energía y rendimientos. Ciclos combinados comerciales.
- Repaso: ciclos de potencia de turbina de gas. Modelo simple termodinámico. Potencia específica y rendimiento. Modelos detallados. Mejoras del ciclo simple.
- Turbinas de gas: Prestaciones a carga parcial y variación con las condiciones atmosféricas. Descripción de componentes de turbinas industriales. Ejemplos de turbinas de gas comerciales. Centrales de turbina de gas: historia y funciones actuales.
- Caldera de recuperación: función. Configuración de ciclos s/ los niveles de presión. Efecto de la temperatura y presión de vapor. Diferencia de temperaturas pinch. Cálculos térmicos.

6- Sistemas energéticos industriales y cogeneración

- Redes de intercambio de calor. Curvas compuestas. Nociones de diseño e integración. Método pinch. Redes de vapor. Componentes y configuraciones. Niveles de presión. Sistemas de refrigeración por agua y de enfriamiento.
- Concepto de cogeneración. Tipos de aplicaciones. Configuraciones. Rendimiento e índices convencionales de eficiencia. Marco legal y rendimiento eléctrico equivalente.
- Configuraciones de cogeneración industrial. Turbina de vapor a contrapresión. Turbina de gas. Ciclo combinado. MACIs de EP y EC de gas. Rendimientos y ratios típicos. Comparativa de tamaños y prestaciones. Nociones de dimensionado y operación.

Programa de prácticas

Dada la amplitud de temas a tratar el programa de prácticas no puede abordar todos ellos, y variará de año a año. Los temas que podrán tratarse en las sesiones prácticas estarán entre los siguientes

1. Calderas de condensación para uso residencial y servicios. Estudio técnico-económico.
2. Evaluación de recurso biomásico para aplicaciones energéticas. Estudio técnico-económico.
3. Evaluación del recurso eólico para aplicaciones energéticas. Estudio técnico-económico.
4. Evaluación del recurso solar para aplicaciones energéticas. Colectores solares. Estudio técnico-económico.
5. Evaluación del recurso solar para aplicaciones energéticas. Centrales termosolares. Dimensionamiento del campo solar, ciclo de potencia y ciclo de refrigeración.
6. Instalaciones termoeléctricas para la generación de electricidad con combustible fósil. Ciclo de vapor y ciclo combinado. Ciclos de refrigeración.
7. Gestión energética industrial. Sistemas de cogeneración con ciclo de vapor, ciclo combinado, motores de gas.
8. Procesos industriales intensivos en consumo de energía.

5.4. Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las clases magistrales y las sesiones de prácticas en el laboratorio se imparten según horario establecido por el centro (horarios disponibles en su página web).

Cada profesor informará de su horario de atención de tutoría al comienzo del cuatrimestre.

El resto de actividades se planificará en función del encargo docente fijado, según el número de alumnos matriculados, y se dará a conocer con la suficiente antelación.

5.5. Bibliografía y recursos recomendados

1. Energía y sistemas energéticos en general

T. D. Eastop, D. R. Croft, 1990. *Energy Efficiency for Engineers and Technologists*. Longman

A. P. Fraas, 1982. *Engineering Evaluation of Energy Systems*. McGraw-Hill

A. W. Culp, 1991. *Principles of Energy Conversion*. McGraw-Hill

R. C. Dorf, 1978. *Energy, Resources and Policy*. Addison-Wesley

2. Combustibles fósiles: carbón, petróleo, gas

I. Arauzo, 1999. *Fuentes de Energía*. Máquinas y Motores Térmicos, Universidad de Zaragoza

K. S. Deffeyes, 2001. *Hubbert's Peak. The Impending World Oil Shortage*. Princeton University Press

3. Fuentes y tecnologías renovables (solar, eólica, biomasa)

G. Boyle (Ed.), 2004. *Renewable Energy. Power for a Sustainable Future. Second Edition*. Oxford University Press

J. Duffie, W. Beckham, 1991. *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons

J. Cheng (Ed.), 2010. *Biomass to Renewable Energy Processes*. CRC Press

S. van Loo, J. Koppejan, 2008. *The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing*. Earthscan

J. F. Manwell, J. G. McGowan, A. L. Rogers, 2009. *Wind Energy Explained*. John Wiley and Sons

C. Julian Chen, 2011. *Physics of Solar Energy*. John Wiley and Sons

M. Romero-Álvarez, E. Zarza, 2007. "Concentrating Solar Thermal Power", en *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*, Cap. 21, Taylor and Francis

4. Ciclos de potencia de vapor

M. M. El-Wakil, 1984. *Power Plant Technology*. McGraw-Hill

S. Kakaç (Ed.), 1991. *Boilers, Evaporators, and Condensers*. John Wiley & Sons

W. K. Li, A. P. Priddy, 1985. *Power Plant System Design*. John Wiley & Sons

The Babcock & Wilcox Company, 1978. *Steam. Its generation and use*. 39th Edition. Cuadragésima edición: S. C. Stultz & J. B. Kitto (Eds.), 1992, Babcock & Wilcox

G. R. Fryling, (Ed.), 1967. *Combustion Engineering. A Reference Book on Fuel Burning and Steam Generation. Revised Edition*. Combustion Engineering, Inc. Tercera edición: J. G. Singer (Ed.), 1981. *Combustion Fossil Power Systems. A Reference Book on Fuel Burning and Steam Generation*. Cuarta edición: Id., 1991

O. Levenspiel, D. Kunii, 1991. *Fluidization Engineering*. Butterworth-Heinemann

H. Spliethoff, 2010. *Power Generation from Solid Fuels*. Springer

R. W. Haywood, 1991. *Analysis of Engineering Cycles. Power, Refrigerating and Gas Liquefaction Plant. Fourth Edition*. Pergamon Press

C. Cortés, I. Arauzo, S. Espatolero, A. Gil, 2009. *Colección Tecnología Energética para la Generación Termoeléctrica. Centrales Térmicas de Carbón Pulverizado*. Prensas Universitarias de Zaragoza

British Electricity International, 1992. *Modern Power Station Practice. Third Edition incorporating Modern Power System Practice. Volume B. Boilers and Ancillary Plant, Volume C. Turbines, Generators and Associated Plant*. Pergamon Press

E. B. Woodruff, H. B. Lammers, T. F. Lammers, 1984. *Steam Plant Operation. Fifth Edition*. McGraw-Hill

Tema 5: Turbinas de gas y ciclos combinados gas-vapor

H. I. H. Saravanamuttoo, G. F. C. Rogers, H. Cohen, P. V. Straznicky, 2008. *Gas Turbine Theory. Sixth Edition*. Pearson:Prentice-Hall

D. G. Wilson, T. Korakianitis, 1998. *The Design of High-Efficiency Turbomachinery and Gas Turbines. Second Edition*. Prentice-Hall

R. Kehlhofer, B. Rukes, F. Hannemann, F. Stirnimann, 2009. *Combined Cycle Gas and Steam Turbine Power Plants*. PennWell

J. H. Horlock, 1992. *Combined Power Plants. Including Combined Cycle Gas Turbine (CCGT) Plants*. Pergamon Press

J. H. Horlock, 2003. *Advanced Gas Turbine Cycles*. Pergamon Press

P. P. Walsh, P. Fletcher, 1998. *Gas Turbine Performance*. Blackwell Science:ASME

60804 - Tecnología energética

6. MACIs. Cogeneración y sistemas energéticos industriales

J. B. Heywood, 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill

J. H. Horlock, 1987. *Cogeneration. Combined Heat and Power (CHP). Thermodynamics and Economics*. Pergamon Press

I. C. Kemp, 2000. *Pinch Analysis and Process Integration. Second Edition*. Elsevier