

17-18

PROGRAMA DE DOCTORADO EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## DISEÑO, SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE CENTRALES DE CICLO COMBINADO

CÓDIGO 28801104



Ámbito: GUJ - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



2EC24BD282B4047A33A16A09D487550B

17-18

DISEÑO, SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE  
CENTRALES DE CICLO COMBINADO  
CÓDIGO 28801104

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA  
ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA



Nombre de la asignatura	DISEÑO, SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE CENTRALES DE CICLO COMBINADO
Código	28801104
Curso académico	2017/2018
Títulos en que se imparte	PROGRAMA DE DOCTORADO EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES (máster seleccionado) / MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
Tipo	
Nº ETCS	0
Horas	0.0
Periodo	SEMESTRE
Idiomas en que se imparte	

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La presente asignatura se centra en el estudio de las plantas de potencia de ciclo combinado de turbinas de gas y de vapor. En la actualidad, la creciente demanda de energía y el funcionamiento del mercado eléctrico han requerido la implantación de plantas de potencia de alto rendimiento, bajo coste de generación y rápida construcción. Las centrales de ciclo combinado han ganado aceptación en este escenario debido a su buen rendimiento, a sus reducidos niveles de emisiones y a su corto tiempo de puesta en marcha en comparación con las plantas de potencia tradicionales. Por tal motivo, es conveniente que los futuros ingenieros y profesionales del sector tengan una adecuada y actualizada formación en un campo de futuro como es el presentado.

Dentro del plan de estudios del Programa Oficial de Posgrado en Investigación en Tecnologías Industriales, la asignatura es de carácter obligatorio en el itinerario Ingeniería Energética y forma parte de la optatividad en los itinerarios en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control y en Tecnologías Aplicadas al Medioambiente. Además, la asignatura tiene su continuidad natural en la línea de investigación del mismo programa "Análisis, Simulación y Optimización Termodinámica y Termoeconómica de Sistemas Térmicos".

La asignatura es cuatrimestral con una duración de 4,5 créditos ECTS. Las horas de trabajo por parte del alumno estimadas son:

- Horas estimadas del trabajo del Estudiante: 121
- Horas de Teoría: 21
- Horas de prácticas: 15
- Horas de Trabajo (personal y en grupo) y otras Actividades: 85

Además del estudio teórico, el alumno realizará dos trabajos, individuales o en grupo. Uno consistirá en la elaboración de un pequeño programa de simulación y otro en el estudio y la defensa de un trabajo actual de investigación facilitado por el equipo docente.

La información detallada se encuentra en los apartados sucesivos.



## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

El alumno deberá tener una formación termodinámica adecuada y demostrable a nivel de grado universitario. Asimismo es aconsejable que el alumno haya cursado asignaturas relacionadas con disciplinas tales como Ingeniería Térmica, Máquinas Térmicas, Turbomáquinas Térmicas y/o Centrales Termoeléctricas.

Se considera también como requisito el conocimiento de algún lenguaje de programación en un nivel medio. Los lenguajes de programación con los que se puede trabajar son Visual Basic, C, C++, Matlab, Fortran, Pascal o Delphi. Este criterio no será excluyente pero sí muy deseable para no aumentar en exceso las horas de trabajo autónomo del alumno. En caso de no cumplirse se podría obviar si el alumno se encuentra matriculado en alguna asignatura o curso de programación.

Además, se considera necesario tener conocimientos de inglés escrito (lectura) a nivel medio.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

ANTONIO JOSE ROVIRA DE ANTONIO  
rovira@ind.uned.es  
91398-8224  
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES  
INGENIERÍA ENERGÉTICA

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

MIREIA PIERA CARRETE  
mpiera@ind.uned.es  
91398-6471  
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES  
INGENIERÍA ENERGÉTICA

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Puede contactar con nosotros en cualquier momento a través de correo electrónico, a través del curso virtual o telefónicamente. A continuación se muestran los datos de contacto y el horario de guardias.

### **D. Antonio Rovira de Antonio:**

Profesor Contratado Doctor

Lunes de 15,00 a 19,00h

Tel.: 91 398 82 24

Correo electrónico: rovira@ind.uned.es

Departamento de Ingeniería Energética, despacho 2.27, segunda planta

### **Dña. Mireia Piera Carreté**

Profesora Titular

Tel.: 91 398 64 71

Correo electrónico: mpiera@ind.uned.es



Departamento de Ingeniería Energética, despacho 2.21, segunda planta

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El objetivo principal de la asignatura es que el alumno profundice en el estudio de las plantas de potencia de ciclo combinado de turbinas de gas y de vapor, tanto a nivel teórico como práctico. Más concretamente, los objetivos se pueden vertebrar en tres líneas de trabajo. Por un lado, se pretende que el alumno adquiera un alto grado de comprensión de este tipo de centrales, tanto desde el punto de vista termodinámico como tecnológico, conociendo los distintos tipos de configuraciones y los diseños que actualmente se instalan, el porqué de la selección de uno u otro tipo dependiendo del escenario energético en el que vayan concurrir y conjugando los parámetros termodinámicos con los económicos. Por otro lado, se pretende que el alumno adquiera destreza en el tratamiento numérico y en la simulación de los sistemas térmicos en general y de los ciclos combinados en particular, lo que revertirá igualmente en una mayor comprensión termodinámica y tecnológica de los sistemas térmicos tratados. Finalmente se pretende hacer ver al alumno el estado actual de la tecnología y las líneas de investigación actualmente en desarrollo por la comunidad internacional.

Para la consecución del primer grupo de objetivos, el programa de la asignatura contiene una serie de capítulos teórico-prácticos que el alumno deberá estudiar y se facilitarán diversas herramientas de simulación con las que se puedan afianzar los conceptos estudiados. Todo ello tendrá como resultado la formación de unos alumnos capaces de ejercer su profesión y las tareas de investigación en el ámbito de los ciclos combinados y de los sistemas térmicos con totales garantías de éxito.

En relación con el segundo de los objetivos mencionados, el temario cuenta con un capítulo dedicado a la simulación numérica y otro dedicado al desarrollo de modelos termoeconómicos. Estos capítulos, predominantemente prácticos, serán la base para la elaboración de un pequeño trabajo de simulación numérica. Con ello, el alumno mejorará su preparación en relación con los aspectos relacionados con la aplicación de técnicas propias de la investigación, la resolución de problemas y la destreza en cuanto al empleo de lenguajes de programación.

Finalmente, en relación con el último grupo de objetivos se ha previsto el desarrollo de diversos trabajos en grupos. En concreto se seleccionarán anualmente varios artículos científicos sobre temas que están actualmente en investigación y/o en desarrollo y que tengan relación directa con la asignatura. Cada grupo de alumno deberá trabajar sobre uno de los artículos, elaborar un resumen en español y proceder a su defensa frente a sus compañeros en un seminario que se constituye como parte de las actividades correspondientes a las prácticas presenciales de la asignatura. Este tipo de actividades fortalece numerosas competencias, como la comunicación oral y escrita en lengua propia, trabajo de comunicación escrita en lengua extranjera (lectura y síntesis de textos en inglés), aplicación de la informática en el ámbito del estudio (presentaciones en PowerPoint),



razonamiento crítico, trabajo en equipo, y capacidad para comunicarse con personas no expertas en la materia.

## CONTENIDOS

## METODOLOGÍA

La asignatura Diseño, Simulación y Optimización de Plantas de Potencia de Ciclo Combinado es una asignatura a distancia según el modelo metodológico implantado en la UNED. El alumno deberá realizar una serie de tareas que le permitan alcanzar los objetivos y desarrollar las competencias descritas hasta el momento. Para ello cuenta con los recursos y elementos que se describen a continuación:

*Trabajo autónomo:*

- Estudio teórico por parte del alumno del temario de la asignatura, apoyado por guías y unidades didácticas.

*Trabajo en interacción con el equipo docente:*

- Medios audiovisuales, que complementa las guías didácticas y las unidades didácticas y suplantando las clases teóricas y de problemas propias de las universidades presenciales (se desarrollarán durante el primer año de la asignatura).
- Prácticas virtuales asistidas con ordenador que permiten afianzar los conceptos estudiados.
- Tutorías presenciales.
- Interacción profesor-alumno a través de plataformas y portales electrónicos.
- Defensa de trabajos actuales de investigación (no propia) facilitados por el equipo docente.
- Eventuales prácticas externas como visitas a centrales de ciclo combinado .

*Trabajo en grupo:*

- Elaboración de trabajos en grupo (o, llegado el caso, individuales): uno de simulación y otro de defensa de trabajos de investigación.

Plan de trabajo

En el curso virtual se dispondrá un cronograma y de un cuadro de tiempos para la planificación temporal de cada una de las actividades a desarrollar durante el curso.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN



## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):

Título:DISEÑO, SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PLANTAS DE POTENCIA DE CICLO COMBINADO

Autor/es:Rovira De Antonio, Antonio José ;

Editorial:-

Se empleará el texto citado debajo, que se pondrá a disposición a través del curso virtual de la asignatura junto con la guía didáctica de la asignatura:

- A. Rovira, "Desarrollo de un modelo para la caracterización termoeconómica de ciclos combinados de turbinas de gas y de vapor en condiciones de carga variable", Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2004.

Es un texto en el que se puede encontrar gran parte de la información necesaria para la asignatura. Cuenta con capítulos dedicados a la descripción de las centrales de ciclo combinado, a la simulación estacionaria de estas centrales, a los modelos termoeconómicos y a la discusión de los posibles diseños y configuraciones.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780408013508

Título:THE EXERGY METHOD OF THERMAL PLANT ANALYSIS

Autor/es:Kotas, T. J. ;

Editorial:Butterworths

ISBN(13):9780878147365

Título:COMBINED-CYCLE GAS AND STEAM TURBINE POWER PLANTS

Autor/es:Kehlhofer R. ; Bachmann R. ; Nielsen H. ; Warner J. ;

Editorial:Pennwell

ISBN(13):9781575241975

Título:COMBINED POWER PLANTS : INCLUDING COMBINED CYCLE GAS TURBINE (CCGT) PLANTS (Reprint edition (November 2001))

Autor/es:Horlock, J. H. ;

Editorial:Krieger Publishing Company

ISBN(13):9785030000321

Título:STEAM AND GAS TURBINES

Autor/es:Frolov V. ; Kostyuk, A. ;

Editorial:MIR Publishers, Moscow

ISBN(13):9788436253167

Título:INGENIERÍA TÉRMICA



Autor/es:Rovira De Antonio, Antonio José ; Muñoz Domínguez, Marta ;  
Editorial:Universidd Nacional de Educación a Distancia

ISBN(13):9788474841437

Título:TURBOMÁQUINAS TÉRMICAS : FUNDAMENTOS DEL DISEÑO TERMODINÁMICO

Autor/es:Muñoz Domínguez, Marta ; Valdés Del Fresno, Manuel ; Muñoz Torralbo, Manuel ;

Editorial:Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

ISBN(13):9788479787356

Título:CENTRALES TERMICAS DE CICLO COMBINADO. TEORIA Y PROYECTO

Autor/es:Gómez Moñux, Florentino ; Sabugal García, Santiago ;

Editorial:Díaz de Santos

ISBN(13):9789681817729

Título:ANÁLISIS TERMODINÁMICO DE PLANTAS ELÉCTRICAS

Autor/es:Haywood, R. W. ;

Editorial:LIMUSA

•**J. H. Horlock (1992). 1st edition. Oxford: Pergamon Press.**

El libro presenta, con gran claridad en la exposición, un análisis termodinámico y económico de las plantas de potencia combinadas, incluyendo detalles de desarrollos en Europa, Estados Unidos y Japón. Es de gran interés en su conjunto.

•**Haywood, R.W. "Análisis termodinámico de las plantas eléctricas", 3ª Edición en castellano, Ediciones Limusa, 1986.**

Constituye un buen libro de introducción a los aspectos energéticos de los ciclos de las turbinas de vapor, turbinas de gas y ciclos especiales. Cabe destacar, además, un apéndice dedicado al estudio económico de los ciclos.

•**R. Kehlhofer, J. Warner, H. Nielsen, R. Bachmann (1999). Combined Cycle Gas-Steam Turbine Powerplants. 2nd edition. Tulsa, Oklahoma: PennWell.**

El autor ofrece con esta obra práctica y descriptiva un estudio muy interesante en relación con la tecnología de los ciclos combinados gas-vapor, tanto desde el punto de vista termodinámico como desde el relacionado con los componentes individuales y con la operación de este tipo de plantas. Es un libro muy completo en el que además de describir los principios termodinámicos, los diferentes conceptos de ciclo combinado y la actual tecnología en todos sus aspectos (cargas parciales, control, emisiones), cuenta con un capítulo en el que describe el mercado eléctrico, otro en el que describe los ciclos típicos actualmente instalados y otro de tendencias futuras.

•**Kostyuk, A., Frolov, V. (1985) "Steam and Gas Turbines". MIR Publishers, Moscow.**

Libro de la escuela soviética de turbomáquinas. Es un libro claro en la exposición de sus contenidos. Es interesante la parte dedicada al estudio de las turbinas de vapor, en la que se encuentran correlaciones originales para el cálculo de pérdidas.



**•Kotas, T.J. (1985) “The Exergy Method of Thermal Plant Analysis”, Butterworths.**

Describe la técnica del análisis termodinámico, basada en el concepto de exergía, aplicada al cálculo de centrales térmicas. Es un libro de una gran claridad de exposición, habiéndose convertido ya en un clásico de la termodinámica de las plantas de potencia.

**•M. Muñoz, M. Valdés, M. Muñoz (2002). Turbomáquinas Térmicas. Fundamentos del Diseño Termodinámico. Madrid: Ed. Sección de publicaciones ETSII.**

Se trata de un texto sobre diseño termofluidodinámico de turbomáquinas térmicas. Inicia con un primer capítulo introductorio dedicado al análisis del flujo en los procesos de expansión y compresión en conductos. Posteriormente se dedican dos capítulos al estudio de los intercambios de energía en las turbomáquinas, dos capítulos al estudio del flujo bidimensional en turbinas y turbocompresores axiales, uno al estudio del flujo tridimensional y dos al estudio del funcionamiento fuera de diseño y la regulación de estas máquinas. Cada capítulo termina con un ejercicio numérico muy completo relativo a la materia recién explicada.

**•Muñoz, M., Rovira, A. (2006). “Ingeniería Térmica”. UNED. Madrid.**

Es un texto con una clara orientación pedagógica, ya que pertenece a la colección Unidades Didácticas de la UNED. Como es típico en la colección, está dividido en tres unidades didácticas; siendo la segunda y la tercera de ellas las de interés para la presente asignatura. Cuenta con un anexo donde el alumno puede repasar aspectos ya estudiados en otras asignaturas afines para clarificar conceptos.

**•Sabugal, S., Gómez, F. (2006). Centrales Térmicas de Ciclo Combinado. Teoría y Proyecto. Ed. Díaz de Santos, España.**

Es una publicación reciente en la que se aborda el estudio del ciclo combinado desde la perspectiva de la realización de un proyecto industrial. Comienza con unos temas termodinámicos para describir posteriormente las principales configuraciones, con sus criterios de diseño termodinámicos y eléctricos, y finalmente inmersión en el desarrollo del proyecto de una central.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Publicaciones periódicas y no periódicas:

(accesibles a través de los recursos electrónicos de la biblioteca de la UNED. Se dispondrán enlaces en el curso virtual)

Entre las publicaciones periódicas se destacan las de las editoriales siguientes:

- ASME
- Elsevier
- IEEE
- Institution of Mechanical Engineers



- Taylor &Francis
- Wiley
- Otros editores

Por otro lado, de entre las publicaciones no periódicas caben destacar las siguientes: anales de congresos, destacando los de ASME y del Institute of Mechanical Engineers.

Otros medios

- Curso virtual de la asignatura (se accede a través de Campus Uned-e). En la plataforma virtual se incluirá la siguiente información: orientaciones para el estudio (Guía Didáctica), foros de comunicación con el equipo docente, tablón de anuncios, grupos de trabajo, pruebas de evaluación (enunciado y soluciones), información sobre prácticas, exámenes de cursos pasados, dibujos y fotografías de elementos constructivos, links de interés, respuesta a preguntas frecuentes, etc.
- Software para prácticas virtuales: diversos programas de simulación que se podrán descargar a través del curso virtual.

---

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no hayan sido sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.

