



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y
Energía

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

65002027 - Máquinas Térmicas

PLAN DE ESTUDIOS

06RE - Grado En Ingeniería De Los Recursos Energeticos, Combustibles Y Explosivos

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14
10. Adendas.....	15

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	65002027 - Máquinas Térmicas
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Tercero curso
Semestre	Quinto semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	06RE - Grado en Ingeniería de los Recursos Energeticos, Combustibles y Explosivos
Centro responsable de la titulación	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
Curso académico	2022-23

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Natalia Elizabeth Fonseca Gonzalez (Coordinador/a)	M3-501	natalia.fonseca@upm.es	L - 16:00 - 20:00

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Mecanica De Fluidos
- Quimica Fisica
- Transferencia De Calor Y Materia

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Sistema internacional de unidades

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería de los Recursos Energéticos, Combustibles y Explosivos.

CG2 - Poseer capacidad para diseñar, analizar, calcular, proyectar, construir, mantener, conservar, explotar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos de las Tecnologías Mineras, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas, incluyendo la función de asesoría en estos campos.

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, tanto de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

F24 - Industrias de generación, transporte, transformación y gestión de la energía eléctrica y térmica.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA182 - Comprender el funcionamiento de las máquinas térmicas y sus aplicaciones.

RA183 - Aplicar el cálculo de ciclos termodinámicos a las máquinas térmicas.

RA184 - Analizar el proceso integral de generación de vapor en las calderas.

RA185 - Calcular los parámetros característicos de los ciclos del vapor y gas, para la generación de energía.

RA186 - Relacionar los equipos térmicos con el ciclo termodinámico que desarrollan y la optimización del ciclo.

RA187 - Seleccionar el tipo de máquina según la aplicación.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura máquinas térmicas tiene como objetivo que los alumnos:

1. Comprendan el funcionamiento de las máquinas y motores térmicos y sus aplicaciones.
2. Apliquen el cálculo de ciclos termodinámicos a las máquinas térmicas.
3. Analicen el proceso integral de generación de vapor en las calderas.
4. Aprendan a calcular los parámetros característicos de los ciclos del vapor y gas, para la generación de energía.
5. Aprendan a calcular los parámetros característicos de los Motores de Combustión Interna Alternativos
6. Relacionen los equipos térmicos con el ciclo termodinámico que desarrollan y la optimización del ciclo.
7. Aprendan a seleccionar el tipo de máquina y/o motor según la aplicación.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción. Máquinas térmicas y motores térmicos. Clasificación y aplicación de motores térmicos. Criterios de selección de máquinas a través de parámetros de operación.
2. Calderas
 - 2.1. Introducción y clasificación de calderas
 - 2.2. Estequiometría de la combustión. Energía liberada. Física de la combustión. Problemas
 - 2.3. Proceso de vaporización y circulación de agua en calderas. Calderas de combustión y recuperación de calor
 - 2.4. Rendimiento de calderas
3. Fundamentos de las turbomáquinas térmicas
 - 3.1. Introducción, clasificación y ecuación de Euler.
 - 3.2. Balance de energía y Grado de Reacción.
 - 3.3. Tipo de turbinas y rendimiento.
4. Ciclos de Turbina de Vapor
 - 4.1. Componentes principales de las instalaciones de potencia basadas en turbina de vapor. Ciclo de Carnot. Ciclo Rankine básico ideal y ciclo con sobrecalentamiento. Diagrama de Molier
 - 4.2. Influencia de los parámetros termodinámicos, irreversibilidades y pérdidas
 - 4.3. Optiización energética de los ciclos de turbina de vapor: recalentamiento y regeneración
5. Sistemas de control de emisiones en centrales térmicas
 - 5.1. Técnicas de reducción y control de emisiones en centrales térmicas
6. Motores de combustión interna alternativos
 - 6.1. Componentes. Procesos básicos de MCI. Clasificaciones.
 - 6.2. Ciclos de trabajo: ciclos teóricos y reales. Diagrama p-V. Parámetros básicos.
 - 6.3. MEP y MEC: procesos de combustión
 - 6.4. Curvas características
 - 6.5. Renovación de la carga en motores 4T y 2T. Sobrealimentación
7. Turbinas de gas
 - 7.1. Introducción. Tipo de TG. Ciclo Brayton de aire teórico. Irreversibilidades y pérdidas. Ciclo Brayton real. Influencia de los parámetros termodinámicos.

7.2. Optimización energética del ciclo Brayton: Regeneración, refrigeración intermedia, recalentamiento intermedio.

7.3. Cámaras de combustión. Tecnologías para el control de emisiones contaminantes. Sistemas de refrigeración de álabes. Compresores y ventiladores.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>T1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T2.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p>T2.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T2.2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
3	<p>T2.3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T2.4 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T2.4 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
4	<p>T3.1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T3.2 y T3.3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T3.2 y T3.3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
5	<p>T4.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T4.1. Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

6	<p>T4.2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>T4.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Examen bloque 1. Temas 1,2 y 3: Introducción, calderas y turbomáquinas EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
7	<p>T4.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T4.3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
8	<p>T5.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T5.1 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
9	<p>T6.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T6.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p>T6.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T6.2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Examen bloque 2: Temas 4 y 5: TV y Emisiones EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
11	<p>T6.3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T6.4 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T6.5 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Práctica de laboratorio virtual ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 02:30</p>
12	<p>T7.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T7.1 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p>T7.2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>T7.2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Examen bloque 3 (tema 6: MCIA) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>

	T7.2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
14	T7.2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas T7.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15				Trabajo en grupo - aplicación máquinas térmicas TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 02:00
16				
17				Examen bloque 4: TG - tema 7 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00 Examen final global: Bloque 1 (25%): Temas 1,2,3. Bloque 2 (25%); temas 4 y 5. Bloque 3 (17,5%): Tema 6 y Bloque 4: (17,5%) tema 7. El mínimo se exige a cada bloque por separado. EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 04:00 Presentación oral trabajo en grupo - aplicación máquinas térmicas PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Examen bloque 1. Temas 1,2 y 3: Introducción, calderas y turbomáquinas	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	25%	4 / 10	F24 CG2 CG5 CG1
10	Examen bloque 2: Temas 4 y 5: TV y Emisiones	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	25%	4 / 10	CG2 CG5 CG1 F24
11	Práctica de laboratorio virtual	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:30	5%	4 / 10	CG1 F24 CG2
13	Examen bloque 3 (tema 6: MCIA)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	17.5%	4 / 10	F24 CG2 CG5 CG1
15	Trabajo en grupo - aplicación máquinas térmicas	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	02:00	6%	/ 10	CG5
17	Examen bloque 4: TG - tema 7	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	17.5%	4 / 10	F24 CG2 CG5 CG1
17	Presentación oral trabajo en grupo - aplicación máquinas térmicas	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	4%	/ 10	CG5

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-----	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

11	Práctica de laboratorio virtual	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:30	5%	4 / 10	CG1 F24 CG2
15	Trabajo en grupo - aplicación máquinas térmicas	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	02:00	6%	/ 10	CG5
17	Examen final global: Bloque 1 (25%): Temas 1,2,3. Bloque 2 (25%); temas 4 y 5. Bloque 3 (17,5%): Tema 6 y Bloque 4: (17,5%) tema 7. El mínimo se exige a cada bloque por separado.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	85%	4 / 10	F24 CG2 CG5 CG1
17	Presentación oral trabajo en grupo - aplicación máquinas térmicas	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	4%	/ 10	CG5

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Práctica de laboratorio virtual	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	02:30	5%	4 / 10	F24 CG2 CG1
Examen convocatoria extraordinaria: Bloque 1 (25%): Temas 1,2,3. Bloque 2 (25%); temas 4 y 5. Bloque 3 (17,5%): Tema 6 y Bloque 4: (17,5%) tema 7. El mínimo se exige a cada bloque por separado.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	85%	4 / 10	F24 CG2 CG5 CG1
Trabajo en grupo - aplicación máquinas térmicas. A realizar durante la convocatoria ordinaria	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	6%	/ 10	CG5
Presentación oral trabajo en grupo - aplicación máquinas térmicas. A realizar durante la convocatoria ordinaria.	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	4%	/ 10	CG5

7.2. Criterios de evaluación

1. EVALUACIÓN PROGRESIVA

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES EVALUABLES	REQUISITO PARA APROBAR LA ASIGNATURA	FECHA Y HORA	LUGAR	PESO EN LA CALIFICACIÓN
PRÁCTICAS DE LABORATORIO (PL)	Mínimo 4/10	Práctica virtual	Moodle	5%
EXAMEN BLOQUE 1 (EP1): Temas 1,2 y 3	Mínimo 4/10	10 de octubre a las 8 h (por confirmar)	Aula de exámenes por asignar	25%
EXAMEN BLOQUE 2 (EP2): Temas 4 y 5	Mínimo 4/10	7 de noviembre a las 8 h (por confirmar)	Aula de exámenes por asignar	25%
EXAMEN BLOQUE 3 (EP3): Tema 6	Mínimo 4/10	28 de noviembre a las 8 h (por confirmar)	Aula de exámenes por asignar	17,5%
EXAMEN BLOQUE 4 (EP4): Tema 7	Mínimo 4/10	26 de enero a las 9:30 h	Aula de exámenes por asignar	17,5%
TRABAJO EN GRUPO ESCRITO (TG): - aplicación máquinas térmicas	Sin mínimo	Por definir	Moodle	6%
PRESENTACIÓN ORAL TRABAJO EN GRUPO (PTG) - aplicación máquinas térmicas	Sin mínimo	Por definir	Aula de clase	4%

Fórmula usada para obtener la calificación en acta = si se cumplen los mínimos: $0,05 \cdot PL + 0,06 \cdot TG + 0,04 \cdot PTG + 0,25 \cdot EP1 + 0,25 \cdot EP2 + 0,175 \cdot EP3 + 0,175 \cdot EP4$. Si no se cumplen los mínimos se tendrá una calificación máxima de 4.5

CRITERIOS DE EVALUACIÓN:

PRÁCTICA DE LABORATORIO: Se hará 1 práctica de laboratorio, con calificación de 0 a 10. Las prácticas se realizarán este año de forma virtual por Moodle. La práctica de laboratorio es LIBERATORIA siempre y cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 5/10 y será COMPENSATORIA siempre y cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 4/10.

EXÁMENES DE LOS CUATRO BLOQUES TEMÁTICOS:

Cada uno de estos exámenes por bloques temáticos incluirá una parte teórica y una parte práctica (problemas). La parte teórica puede incluir preguntas de tipo test y/o preguntas abiertas, que deben ser bien contestadas y razonadas. En los exámenes **NO SE DEJARÁ USAR FORMULARIO**, pero en caso de ser necesario usar alguna fórmula empírica, se incluirá en el enunciado del problema. Para valorar positivamente una respuesta, además del resultado, se valorará la resolución del problema y no se tendrán en cuenta respuestas que no estén debidamente justificadas, siendo imprescindible presentar el procedimiento de resolución. Los exámenes parciales serán LIBERATORIOS siempre y cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 5/10 y serán COMPENSATORIOS siempre y cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 4/10.

TRABAJO EN GRUPO: El trabajo en grupo se hará en grupos de 4 alumnos, salvo que por el número de alumnos matriculados sea necesario dejar un grupo de 3 o de 5 alumnos, teniendo en cuenta que bajo ningún concepto se podrá hacer de forma INDIVIDUAL. El trabajo en grupo constará de un informe escrito (6% de la calificación global) y de la presentación oral (4% de la calificación global). En cuanto al informe escrito, se valorará el contenido y la presentación, asignando una nota común por grupo. La presentación oral, se evaluará de forma individual y todos los alumnos deberán exponer en el orden que indique el profesor en el momento de la presentación. Se tendrá en cuenta tanto la forma de presentar como la calidad de la presentación utilizada. El hecho de que algún estudiante no pueda asistir de forma regular a clase no le exime de la presentación del trabajo en grupo dado que la UPM ofrece el servicio de videoconferencia (TEAMS) para poderse reunir con los compañeros. La presentación oral del trabajo eventualmente se podrá hacer de forma virtual en el caso de que se justifique la imposibilidad de asistir de forma presencial. El trabajo en grupo será LIBERATORIO siempre y cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 5/10, pero podrá ser COMPENSADO sin nota mínima.

2. EVALUACIÓN GLOBAL

Los alumnos que no se examinen de alguno(s) de los bloque(s) de la evaluación progresiva o que no hayan alcanzado los mínimos exigidos, se podrán presentar el día del examen final (26 de enero a las 9:30 h) a recuperar los bloques suspensos. Los porcentajes y criterios de evaluación a aplicar serán los mismos que los de la evaluación progresiva.

EN EL CASO DE OBTENER UN SUSPENSO EN LA CONVOCATORIA ORDINARIA: **LAS PARTES QUE SE LOGREN LIBERAR** (con calificación mínima de 5/10), SE GUARDARÁN PARA LA CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA Y PARA LAS CONVOCATORIAS ORDINARIA Y EXTRAORDINARIA DEL CURSO SIGUIENTE (2023-24). **LAS PARTES NO LIBERADAS** EN LA CONVOCATORIA ORDINARIA, pero que ALCANCEN LA CALIFICACIÓN MÍNIMA, SE GUARDARÁN ÚNICAMENTE PARA LA CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA DE ESTE CURSO, pudiendo ser COMPENSADAS.

3. EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

Los alumnos que no aprueben en la convocatoria ordinaria, se podrán presentar en la convocatoria extraordinaria a recuperar cualquiera de las partes, SALVO EL TRABAJO EN GRUPO, que dado su carácter grupal deberá hacerse en los plazos fijados para la convocatoria ordinaria, aunque podrá ser COMPENSADO. Las actividades de evaluación y los criterios aplicables serán los mismos que los de la convocatoria ordinaria.

EN EL CASO DE OBTENER UN SUSPENSO EN LA CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: **LAS PARTES QUE SE LOGREN LIBERAR** (con calificación mínima de 5/10), SE GUARDARÁN PARA LAS CONVOCATORIAS ORDINARIA Y EXTRAORDINARIA DEL CURSO SIGUIENTE (2023-24).

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
WARK, K. y RICHARDS D. Termodinámica. Editorial McGrawHill. 2001	Bibliografía	Libro guía para TV y TG
MORAN, M.J. y SHAPIRO H.N. Fundamentos de Termodinámica Técnica. Editorial Reverté. 2004	Bibliografía	Libro de referencia general
MUÑOZ, M y ROVIRA, A. Ingeniería térmica. Editorial UNED. 2006	Bibliografía	Turbomáquinas
PAYRI, F. et al. Motores de combustión interna alternativos. Editorial Reverté. 2011	Bibliografía	Motores de combustión interna alternativos

MUÑOZ, M. Problemas resueltos de motores térmicos y turbomáquinas térmicas. Editorial UNED, 2008	Bibliografía	Turbomáquinas
SANCHEZ, T. et al. Turbomáquinas térmicas. Editorial Síntesis. 2004	Bibliografía	Bibliografía complementaria turbomáquinas
STULTZ, SC. Steam: its generation and use. Editorial Babcock & Wilcox. 1992	Bibliografía	Calderas
FERNANDEZ, J. Centrales Termoeléctricas convencionales. CD Editorial ETSII ? UPM. 2004	Bibliografía	Centrales de Turbina de vapor
SABUGAL, S. y GÓMEZ, F. Centrales Térmicas de ciclo combinado. Teoría y Proyecto. Ediciones Díaz de Santos. 2006	Bibliografía	Centrales de ciclo combinado
Plataforma Moodle asignatura	Recursos web	Incluye las presentaciones de clase y documentación complementaria
Laboratorio de Motores Térmicos ETSI Industriales	Equipamiento	Gracias a un convenio entre ETSI Minas y Energía y ETSI Industriales.

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Las fechas u horario de los exámenes parciales podrían cambiar por problemas de disponibilidad de aula, dado que la guía se cierra sin tener su confirmación.

La asignatura se relaciona con el ODS7.

La Guía ha sido rellenada considerando las condiciones del mes de Junio de 2022 y que en caso de que se produjesen modificaciones se reflejarán a través de las correspondientes Adendas.

10. Adendas

- El profesor que impartirá la asignatura (y nuevo coordinador de la misma) será David Nieto Simavilla (david.nsimavilla@upm.es) - Despacho M3-515 Teléfono 91 667 6413. Horario de tutorías: martes de 16 a 18h y miércoles de 12 a 14h.