

## PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2016-2017

Identificación y características de la asignatura											
Código	501069						Créditos ECTS	6			
Denominación (español)	Termodinámica Técnica										
Denominación (inglés)	Technical Thermodynamics										
Titulaciones	Grado en Ingeniería Eléctrica (rama industrial) Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática (rama industrial) Grado en Ingeniería Mecánica (rama industrial) Grado en Ingeniería de Materiales										
Centro	Escuela de Ingenierías Industriales										
Semestre	4º	Carácter	Obligatoria								
Módulo	CRI										
Materia	Termodinámica y Mecánica de Fluidos										
Profesor/es											
Nombre	Despacho	Correo-e				Página web					
Eduardo Sabio Rey	B1.4	esabio@unex.es				<a href="http://campusvirtual.unex.es/">http://campusvirtual.unex.es/</a>					
Carmen M <sup>a</sup> . González García	B1.1	cggarcia@unex.es				<a href="http://campusvirtual.unex.es/">http://campusvirtual.unex.es/</a>					
Silvia Román Suero	B1.1	sroman@unex.es				<a href="http://campusvirtual.unex.es/">http://campusvirtual.unex.es/</a>					
Área de conocimiento	Física Aplicada										
Departamento	Física Aplicada										
Profesor coordinador (si hay más de uno)	Eduardo Sabio Rey										
Competencias (ver <a href="http://bit.ly/competenciasGrados">http://bit.ly/competenciasGrados</a> )											
Competencias Básicas	Marcar con una "X"	Competencias Generales	Marcar con una "X"	Competencias Transversales	Marcar con una "X"	Competencias Específicas FB	Marcar con una "X"	Competencias Específicas CRI	Marcar con una "X"	Competencias Específicas TE	Marcar con una "X"
CB1	X	CG1	X	CT1	X	CEFB1		CECRI1	X	CETE1	
CB2	X	CG2		CT2	X	CEFB2		CECRI2		CETE2	
CB3	X	CG3	X	CT3	X	CEFB3		CECRI3		CETE3	
CB4	X	CG4	X	CT4	X	CEFB4		CECRI4		CETE4	
CB5	X	CG5	X	CT5	X	CEFB5		CECRI5		CETE5	
		CG6	X	CT6	X	CEFB6		CECRI6		CETE6	
		CG7	X	CT7	X			CECRI7		CETE7	
		CG8		CT8	X			CECRI8		CETE8	
		CG9		CT9	X			CECRI9		CETE9	
		CG10		CT10	X			CECRI10		CETE10	
		CG11	X					CECRI11		CETE11	
								CECRI12			

Contenidos
<b>Breve descripción del contenido</b>
Aplicaciones del Primer Principio a la Ingeniería (sistemas abiertos). Segundo Principio: análisis energético y exergético. Ciclos termodinámicos de las máquinas térmicas. Aplicaciones de la transmisión de calor a la Ingeniería.
<b>Temario de la asignatura</b>
<p>Denominación del tema 1: <b>Transmisión de Calor</b></p> <p>Contenidos del tema 1: Transferencia de calor por conducción. Transferencia de calor por convección. Transferencia de calor por radiación. Aplicaciones con conducción, convección y radiación combinadas. Intercambiadores de calor.</p> <p>Actividades prácticas 1.1: <b>Práctica de ordenador (O1. 4h)</b>. Utilizando la hoja de cálculo Excel se realizará el análisis de la transmisión de calor en régimen estacionario. Título: Aislamiento térmico de un muro exterior de acuerdo al Código Técnico</p> <p>Actividades prácticas 1.2: <b>Resolución de problemas. Cuestionario 1 (C1. 3h)</b>. El alumno deberá resolver problemas prácticos relacionados la transmisión de calor</p>
<p>Denominación del tema 2: <b>Primer Principio de la Termodinámica. Sistemas abiertos.</b></p> <p>Contenidos del tema 2: Sistemas abiertos. Variación de la energía almacenada por un sistema abierto. Flujo estacionario. Ecuación energética del flujo estacionario. Sistemas conservativos. Aplicaciones del Primer Principio en sistemas abiertos: Toberas, difusores, venturímetros, tuberías, bombas, compresores, turbinas, calderas, intercambiadores y captadores solares.</p> <p>Actividades prácticas 2.1: <b>Prácticas de laboratorio (L1. 2h)</b>. Cada alumno realizará una de las prácticas que se señalan a continuación, en una sesión que durará 2 h.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Bomba de Calor.</li> <li>2.- Determinación del calor específico de un líquido.</li> <li>3.- Determinación del calor específico por el método de las mezclas.</li> <li>4.- Capacidad térmica de los gases.</li> <li>5.- Presión del vapor del agua a alta temperatura.</li> <li>6.- Efecto Joule-Thomson.</li> <li>7.- Medida de presiones en el interior de un conducto. Tubo de Pitot.</li> <li>8.- El colector solar térmico.</li> <li>9.- El colector solar fotovoltaico</li> <li>10.- La pila de combustible PEM.</li> </ol> <p>Actividades prácticas 2.2: <b>Resolución de problemas. Cuestionario 2 (C2. 3h)</b>. El alumno deberá resolver problemas prácticos relacionados con toberas, difusores, venturímetros y tuberías.</p> <p>Actividades prácticas 2.3: <b>Resolución de problemas. Cuestionario 3 (C3. 4h)</b>. El alumno deberá resolver problemas prácticos relacionados con bombas, compresores, turbinas, calderas, intercambiadores y captadores solares.</p>
<p>Denominación del tema 3: <b>Segundo Principio de la Termodinámica</b></p> <p>Contenidos del tema 3: Insuficiencia del Primer Principio. Conceptos previos: fuente térmica, máquina térmica y bomba de calor. Enunciado del Segundo Principio. Equivalencias. Procesos reversibles e irreversibles.</p>

<p>Actividades prácticas:</p> <p>Denominación del tema 4: <b>Ciclo de Carnot</b></p> <p>Contenidos del tema 4: Ciclo y máquina de Carnot. Rendimiento del ciclo de Carnot. Ciclo de refrigeración de Carnot. Teorema de Carnot. Corolarios. Aplicación a los motores térmicos, bombas de calor y máquinas frigoríficas.</p> <p>Actividades prácticas 4.1: <b>Seminario (S1.1h)</b>. Se realizará un seminario para profundizar en el análisis de los balances de energía que tienen lugar en el dimensionamiento de las bombas de calor y máquinas frigoríficas.</p> <p>Actividades prácticas 4.2: <b>Resolución de problemas. Cuestionario 4 (C4. 3h)</b>. El alumno deberá resolver problemas prácticos relacionados con bombas de calor y máquinas frigoríficas</p>
<p>Denominación del tema 5: <b>Entropía. Formulación matemática del Segundo Principio</b></p> <p>Contenidos del tema 5: Teorema de Clausius. Entropía. Formulación matemática del Segundo Principio para procesos reversibles. Diagrama entrópico o T-s. Cálculo de las variaciones de entropía en procesos reversibles. Relación entre el calor y el trabajo puestos en juego en un proceso por vía reversible y por vía irreversible. Formulación matemática del Segundo Principio para procesos irreversibles. Sistemas aislados.</p> <p>Actividades prácticas 5.1: <b>Resolución de problemas. Cuestionario 5 (C5. 3h)</b>. El alumno deberá resolver problemas prácticos relacionados con el cálculo de la entropía en ingeniería.</p>
<p>Denominación del tema 6: <b>Introducción al análisis exergético.</b></p> <p>Contenidos del tema 6: Transformaciones energéticas. Exergía. Exergía de un sistema cerrado en presencia de una sola fuente de calor. Exergía del calor. Exergía de un sistema abierto en régimen estacionario. Exergía perdida en procesos irreversibles.</p> <p>Actividades prácticas 6.1: <b>Seminario (S2. 1h)</b>. Se realizará un seminario para profundizar en el análisis de los balances de entropía y exergía.</p> <p>Actividades prácticas 6.2: <b>Práctica de ordenador (O2. 4h)</b>. Utilizando la hoja de cálculo Excel se realizará el análisis energético y entrópico-exergético de intercambiadores de calor. Título: Dimensionamiento y análisis termodinámico de un intercambiador de tubo y carcasa</p> <p>Actividades prácticas 6.3: <b>Resolución de problemas. Cuestionario 6 (C6. 3h)</b>. El alumno deberá resolver problemas prácticos relacionados con el cálculo de exergía en ingeniería.</p>
<p>Denominación del tema 7: <b>Introducción al estudio de los ciclos.</b></p> <p>Contenidos del tema 7: Ciclos y máquinas térmicas. Clasificación de las máquinas térmicas. Ciclos teóricos y reales. Rendimientos. El ciclo de Carnot como ciclo comparativo en las máquinas térmicas. Ciclos de máximo rendimiento. Ciclos regenerativos. Ciclo de Carnot equivalente. Temperaturas medias.</p> <p>Actividades prácticas:</p>
<p>Denominación del tema 8: <b>Ciclos de trabajo de las turbinas de vapor.</b></p> <p>Contenidos del tema 8: Ciclo de Rankine. Ciclo con recalentamiento. Características que mejoran el rendimiento. Recalentamiento intermedio.</p>

Actividades prácticas 8.1: **Práctica de ordenador (O3. 2h)**. Utilizando la hoja de cálculo Excel se realizará el análisis termodinámico de un central termosolar.  
Título: Análisis termodinámico de un Central Termosolar

Actividades prácticas 8.2: **Resolución de problemas. Cuestionario 7 (C7. 3h)**. El alumno deberá resolver problemas prácticos relacionados con centrales térmicas de vapor.

Denominación del tema 9: **Ciclos de trabajo de las turbinas de gas.**

Contenidos del tema 9: Ciclo de Brayton no regenerativo. Rendimiento. Otros ciclos de trabajo de las turbinas de gas. Rendimientos. Motores a reacción. Cogeneración

Actividades prácticas 9.1: **Resolución de problemas. Cuestionario 8 (C8. 3h)**. El alumno deberá resolver problemas prácticos relacionados con el cálculo de motores de turbina de gas.

Denominación del tema 10: **Ciclos de gas. Motores de combustión interna alternativos.**

Contenidos del tema 10: Motores de combustión interna: clasificación. Motor de Otto y ciclo de Otto. Rendimiento. Motor y ciclo de Diesel. Rendimiento. Comparación del ciclo de Diesel con el ciclo de Otto. Cogeneración

Actividades prácticas 10.1: **Seminario (S3. 1h)**. Se realizará un seminario para profundizar en el análisis de la cogeneración, centrándose en el uso de los motores de combustión interna alternativos en la micro-cogeneración.

Actividades prácticas 10.2: **Resolución de problemas. Cuestionario 9 (C9. 3h)**. El alumno deberá resolver problemas prácticos relacionados con el cálculo de motores de combustión interna alternativos.

### Actividades formativas

Horas de trabajo del alumno por tema		Presencial					No presencial
Tema/Evaluación	Total	GG	S	O	L	TP	EP
<b>1.- Transmisión de calor</b>	<b>19</b>	<b>5</b>		<b>4</b>			<b>10</b>
<b>2.- 1er Principio</b>	<b>18</b>	<b>6</b>			<b>2</b>		<b>10</b>
<b>4.- 2º Principio</b>	<b>7</b>	<b>3</b>					<b>4</b>
<b>3.- Ciclo de Carnot</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>1</b>			<b>1</b>	<b>8</b>
<b>1er Examen Parcial (1-4)</b>	<b>5</b>	<b>2</b>					<b>3</b>
<b>5.- Entropía</b>	<b>14</b>	<b>4</b>					<b>10</b>
<b>6.- Exergía</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>		<b>1</b>	<b>10</b>
<b>7.- Ciclos</b>	<b>5</b>	<b>2</b>					<b>3</b>
<b>8.- Motor Turbina de vapor</b>	<b>16</b>	<b>5</b>		<b>2</b>		<b>1</b>	<b>10</b>
<b>9.- Motor Turbina de gas</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>1</b>				<b>6</b>
<b>10.- Motor de CIA</b>	<b>14</b>	<b>4</b>					<b>8</b>
<b>Evaluación del conjunto</b>	<b>8</b>	<b>3</b>					<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>150</b>	<b>45</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>87</b>

GG: Grupo Grande (100 estudiantes).

S: Seminario (clases de problemas, seminarios, casos prácticos = 40 estudiantes).

O: Ordenador (prácticas en sala de ordenadores = 30 estudiantes).

L: Laboratorio (prácticas de laboratorio o de campo = 15 estudiantes).

TP: Tutorías programadas (seguimiento docente tipo tutorías ECTS).

EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo y lectura de bibliografía.

### Metodologías docentes

De entre las metodologías docentes incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

Metodologías docentes	Se indican con una "X" las utilizadas
1. Explicación y discusión de los contenidos teóricos	<b>x</b>
2. Resolución, análisis y discusión de ejemplos de apoyo o de problemas previamente propuestos	<b>x</b>
3. Exposición de trabajos previamente encargados a los estudiantes	
4. Desarrollo en laboratorio, aula de informática, campo, etc., de casos prácticos	<b>x</b>
5. Resolución de dudas puntuales en grupos reducidos, para detectar posibles problemas del proceso enseñanza-aprendizaje y guía en los trabajos, prácticas y estudio del estudiante	<b>x</b>
6. Búsqueda de información previa al desarrollo del tema o complementaria una vez que se han realizado actividades sobre el mismo	
7. Elaboración de trabajos, individualmente o en grupos	<b>x</b>
8. Estudio de cada tema, que puede consistir en: estudios de contenidos, preparación de problemas o casos, preparación del examen, etc.	<b>x</b>

### Resultados de aprendizaje

"Los alumnos obtendrán una visión general de los conceptos fundamentales de la Termodinámica y la Transmisión de calor, así como la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos para resolver cuestiones prácticas y problemas relacionados con la ingeniería, analizando de forma comprensiva los resultados para una adecuada toma de decisiones."

### Sistemas de evaluación

#### **Criterios de evaluación (CE)**

1. Correcta asimilación de los conceptos, teoremas y leyes de la Termodinámica valorando la claridad y concisión en su exposición, así como el uso adecuado del lenguaje. CB1-5, CG1, CG3-7, CG11, CT1-10, CECRI1
2. Detallada explicación del planteamiento en la resolución de un problema. El resultado (incluidas las unidades) sólo se tendrá en cuenta si el procedimiento seguido para resolverlo es correcto. CB1-2, CG4, CT2, CECRI1
3. Claridad y precisión en la utilización de tablas y diagramas. Se valorará su inclusión en aquellos casos que proceda. CB3, CG3-7, CECRI1
4. Utilización del método científico (sobre todo en las prácticas de laboratorio, de ordenador y en los casos prácticos de ingeniería). CB1-3, CG3-7, CG11, CT1-10, CECRI1
5. Adecuada elección de las fuentes de información, en el caso de que se necesite su

consulta. CB5, CG3-7, CG11, CT10, CECRI1

### **Actividades de evaluación**

De entre las actividades de evaluación incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

<b><u>Actividades de evaluación</u></b>	<b><u>Rango establecido</u></b>	<b><u>Convocatoria ordinaria</u></b>	<b><u>Convocatoria extraordinaria</u></b>
1. Examen final teórico/práctico y/o exámenes parciales acumulativos y/o eliminatorios.	0%–80%	80% <sup>(1)</sup>	80% <sup>(1)</sup>
2. Aprovechamiento de actividades prácticas realizadas en: aula, laboratorio, sala de ordenadores, campo, visitas, etc.	0%–50%	8% <sup>(1)</sup>	8% <sup>(1,2)</sup>
3. Resolución y entrega de actividades (casos, problemas, informes, trabajos, proyectos, etc.), individualmente y/o en grupo (GG, SL, ECTS).	0%–50%	8% <sup>(1)</sup>	8% <sup>(1,2)</sup>
4. Participación activa en clase.	0%–10%		
5. Asistencia a las actividades presenciales.	0%–10%	4% <sup>(1)</sup>	4% <sup>(1,2)</sup>

### **Descripción de las actividades de evaluación**

#### **Convocatoria Ordinaria**

##### **Actividad de evaluación 1: (80%) CE1-4;**

Se realizará un examen parcial, que será eliminatorio cuando la nota sea igual o superior a 7 sobre 10. La realización de las relaciones de problemas (actividad evaluación 3) y participación activa en clase, con un comportamiento adecuado, permitirá reducir la nota de corte para eliminar el parcial a 5,5 sobre 10.

- **Los alumnos que no eliminen el parcial** realizarán un examen final con toda la asignatura. La nota de la actividad 1 será la nota del examen final.
- **Los alumnos que elimine el parcial**, en el examen final sólo se examinarán del resto de la asignatura. La nota de la actividad 1 será:  
 $40\% * \text{Nota 1P} + 60\% * \text{Nota Examen Final}$ . Para que se aplique esta fórmula será necesario sacar un mínimo de 3,5 en cada examen.

La puntuación de los exámenes irá de 0 a 10 y, como se indica en la tabla, la actividad de evaluación 1 supondrá el 80% de la nota final de la asignatura.

**Importante:** Es necesario que en la actividad 1 se obtenga un mínimo de un 4,5 sobre 10 para que el resto de las actividades de evaluación contabilicen en la nota final.

##### **Actividades de evaluación 2: (8% No recuperable) CE1-5**

**a) Práctica de laboratorio:** Se tendrá en cuenta la asistencia a las sesiones de prácticas de laboratorio y se evaluará la memoria de la misma. La calificación de esta prueba será de "APTO" o "NO APTO". La consideración de "NO APTO", que se aplicará en el caso de faltas de asistencia o inadecuado comportamiento dentro del laboratorio, obliga a realizar repetición de la práctica.

##### **b) Prácticas de ordenador:**

Se tendrá en cuenta la asistencia a las sesiones de prácticas de ordenador y se evaluará

el cuestionario que se realizará al final de las mismas. La calificación será de 0 a 10 y supondrá un 8% de la nota final de la asignatura.

**Actividades de evaluación 3: (8% No recuperable) CE1-5**

Se plantearán cuestionarios de relaciones de problemas de los diferentes temas. Los cuestionarios se puntuarán de 0 a 10. Esta actividad de evaluación supondrá el 8% de la nota.

**Actividades de evaluación 5: (4% No recuperable)**

Se llevará un control de la asistencia a las actividades presenciales. La puntuación será de 0 a 10 y supondrá un 4% de la nota final. Para que puntúe esta actividad es necesario mantener un comportamiento adecuado.

**Comentario (1)**

En caso de no superar los criterios establecidos para aprobar la asignatura y la nota sea superior a 4, en el acta la calificación será de 4.

**Comentario (2) en Convocatoria extraordinaria**

La convocatoria extraordinaria consistirá en un examen de toda la asignatura (actividad evaluación 1). La nota de las actividades 2, 3 y 5 se guardará durante 1 curso académico. A partir de ese momento, si el alumno quiere que le puntúen estas actividades deberá repetirlas.

**Bibliografía y otros recursos**

**Bibliografía básica**

1. Apuntes de Termodinámica Técnica y Transmisión (Campus Virtual).
2. Moran-Shapiro. Fundamentos de Termodinámica Técnica. (Ed. Reverté, Barcelona, 2004)
3. ÇENGEL. Transmisión de Calor y de Masa. (McGraw-Hill. México, 2007)
4. Jurarez y Morales. Termodinámica Técnica. Teoría y 222 ejercicios resueltos. (Ed. Paraninfo, 2015)

**Bibliografía complementaria**

1. Ramiro, González, Sabio y González, Termodinámica Técnica (UEX, 1994).
2. Çengel-Boles, Termodinámica. (McGraw-Hill, 2006).
3. Kreith, Principios De Transferencia De Calor (Thomson, 2001)

**Páginas web**

[www.idae.es](http://www.idae.es) (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía)  
[www.acogen.es](http://www.acogen.es) (asociación española de cogeneración).  
[www.mityc.gob.es](http://www.mityc.gob.es) (ministerio de industria, turismo y comercio)

**Otros recursos y materiales docentes complementarios**

[www.idae.es](http://www.idae.es) (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía)  
[www.acogen.es](http://www.acogen.es) (asociación española de cogeneración).  
[www.mityc.gob.es](http://www.mityc.gob.es) (ministerio de industria, turismo y comercio)

<b>Horario de tutorías</b>
<p><u>Tutorías Programadas:</u> El horario y lugar de las tutorías programadas se publicarán, mediante los procedimientos establecidos para ello, en cuanto sean oficialmente determinados por la Dirección del Centro.</p>
<p><u>Tutorías de libre acceso:</u> El horario y lugar de las tutorías de libre acceso se publicarán, mediante los procedimientos establecidos para ello, en cuanto sean oficialmente aprobados por el Departamento.</p>
<b>Recomendaciones</b>
<p>El alumno debe tener conocimientos básicos de termodinámica, impartidos en la asignatura Física I de primer curso, de las unidades físicas fundamentales (S.I.) y de cálculo diferencial e integral elementales.</p>