



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**55000029 - Termodinamica Ii**

### PLAN DE ESTUDIOS

05TI - Grado En Ingeniería En Tecnologías Industriales

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

|  |    |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos.....                       | 1  |
| 2. Profesorado.....                              | 1  |
| 3. Conocimientos previos recomendados.....       | 2  |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 3  |
| 5. Descripción de la asignatura y temario.....   | 4  |
| 6. Cronograma.....                               | 6  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 8  |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 12 |
| 9. Otra información.....                         | 12 |

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |  |
|--|--|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 55000029 - Termodinamica II                            |
| <b>No de créditos</b>                      | 4.5 ECTS   |
| <b>Carácter</b>                            | Obligatoria  |
| <b>Curso</b>                               | Segundo curso  |
| <b>Semestre</b>                            | Cuarto semestre  |
| <b>Período de impartición</b>              | Febrero-Junio  |
| <b>Idioma de impartición</b>               | Castellano   |
| <b>Titulación</b>                          | 05TI - Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 05 - E.T.S. De Ingenieros Industriales                 |
| <b>Curso académico</b>                     | 2025-26  |

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

| <b>Nombre</b>                 | <b>Despacho</b> | <b>Correo electrónico</b> | <b>Horario de tutorías</b><br>*              |
|-------------------------------|-----------------|---------------------------|--|
| Jose Luis Rapun Jimenez       |                 | jl.rapun@upm.es           | Sin horario.                                 |
| Carlos Rafael Arnaiz Del Pozo |                 | cr.arnaiz@upm.es          | Sin horario.                                 |
| Fernando Herrero Acebes       | Termodinámica   | fernando.herrero@upm.es   | Sin horario.<br>A concertar con el profesor. |

|   |               |                                |  |
|---|---------------|--------------------------------|--|
| Angel Jimenez Alvaro                    | Termodinámica | a.jimenez@upm.es               | Sin horario.<br>A concertar con el profesor. |
| Javier Rodriguez Martin                 | Termodinámica | javier.rodriguez.martin@upm.es | Sin horario.<br>A concertar con el profesor. |
| Susana Sanchez Orgaz<br>(Coordinador/a) | Termodinámica | susana.sanchez.orgaz@upm.es    | Sin horario.<br>A concertar con el profesor  |

\* 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

- Calculo I
- Calculo Ii
- Termodinamica I

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Cálculo diferencial e integral
- Derivadas parciales de funciones de varias variables
- Desarrollo en serie de Taylor
- Método de los Multiplicadores de Lagrange (no imprescindible)
- Manejo de unidades
- Conceptos básicos de Mecánica y Física general (Leyes de Newton, teorema de las fuerzas vivas, campo gravitatorio, Ley de Hooke, ...)

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE22C - Conocimientos aplicados de ingeniería térmica.

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial.

CG2 - Poseer capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos industriales, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas.

CG4 - Comprender el impacto de la ingeniería industrial en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

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

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA435 - Interpretar los diagramas termodinámicos más utilizados.

RA439 - Determinar efectos calóricos en sistemas reactivos.

RA438 - Resolver problemas de equilibrio físico en sistemas polifásicos.

RA440 - Resolver problemas de equilibrio químico en sistemas monorreactivos y monofásicos.

RA441 - Relacionar las propiedades macroscópicas con las microscópicas.

RA442 - Determinar las propiedades termodinámicas significativas y la eficiencia en ciclos directos e inversos.

RA436 - Aplicar los Principios de la Termodinámica Clásica en sistemas abiertos.

RA437 - Determinar propiedades termodinámicas de mezclas.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Desde el punto de vista de la formación de un Ingeniero, la Termodinámica tiene fundamentalmente el siguiente triple objetivo:

- Plantear y evaluar balances de energía en procesos físicos: Principio de conservación de la Energía (Primer Principio)
- Evaluar la calidad de los flujos de energía. Análisis exergético: Principio de degradación de la Energía (Segundo Principio)
- Calcular las propiedades termodinámicas en sistemas de diferente complejidad: Sustancias puras, mezclas, sistemas polifásicos, sistemas reactivos,...

Mediante el enfoque de la Termodinámica Clásica ó Fenomenológica, se desarrollan los conceptos y herramientas necesarias para el cálculo de balances de energía y exergía (entropía) en procesos con sistemas abiertos, en los que pueden intervenir sustancias puras, mezclas, sistemas reactivos, etc. Además se desarrolla una aplicación de lo anterior para los elementos industriales básicos en las industrias química y de generación de energía.

La asignatura constituye "un todo" junto con Termodinámica I. Se amplía la metodología empleada previamente para plantear los balances del Primer y Segundo Principio en Sistemas Abiertos. Se desarrolla un formalismo para la descripción y caracterización de sistemas multicomponente así como la modelización de mezclas ideales y no ideales. Se plantean los criterios de equilibrio estable en sistemas multicomponente, polifásicos y reactivos, y se lleva a cabo un análisis en detalle de los sistemas con capacidad de reacción química. Se realiza también un breve recorrido por los principios básicos de la Termodinámica Estadísticas que permiten establecer los fundamentos del Tercer Principio. Por último, la asignatura se cierra con la descripción y análisis termodinámico de procesos y ciclos básicos con aplicación en la industria.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Sistemas abiertos y ciclos
  - 1.1. Sistemas abiertos, ecuaciones generales
  - 1.2. Procesos no estacionarios
  - 1.3. Procesos estacionarios
  - 1.4. Ciclos de Rankine
  - 1.5. Ciclo Brayton
  - 1.6. Ciclos criogénicos
2. Sistemas homogéneos multicomponentes
3. Modelos ideales de mezcla. mezclas reales
4. Sistemas con capacidad de reacción química

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad tipo 1   | Actividad tipo 2 | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación  |
|-----|--|------------------|----------------|--|
| 1   | <b>Ciclos y sistemas abiertos</b><br>Duración: 03:15<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |                  |                |  |
| 2   | <b>Ciclos y sistemas abiertos</b><br>Duración: 03:15<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |                  |                |  |
| 3   | <b>Ciclos y sistemas abiertos</b><br>Duración: 02:10<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Problemas</b><br>Duración: 01:05<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas |                  |                |  |
| 4   | <b>Ciclos y sistemas abiertos</b><br>Duración: 02:10<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Problemas</b><br>Duración: 02:10<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas |                  |                |  |
| 5   | <b>Ciclos y sistemas abiertos</b><br>Duración: 03:15<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |                  |                | AEP en el aula, se ha puesto una fecha pero no tiene porque ser esa ya que cada profesor en su grupo las realizará según su horario.<br>OT: Otras técnicas evaluativas<br>Evaluación Progresiva<br>Presencial<br>Duración: 01:00 |
| 6   | <b>Ciclos y sistemas abiertos</b><br>Duración: 02:10<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Problemas</b><br>Duración: 01:05<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas |                  |                |  |
| 7   | <b>Ciclos y sistemas abiertos</b><br>Duración: 01:05<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Problemas</b><br>Duración: 02:10<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas |                  |                |  |

|    |   |  |  |   |
|----|---|--|--|---|
| 8  | <p><b>Sistemas homogéneos multicomponentes</b><br/>Duración: 02:10<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b><br/>Duración: 01:05<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>       |  |  |   |
| 9  | <p><b>Sistemas homogéneos multicomponentes</b><br/>Duración: 02:10<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b><br/>Duración: 01:05<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>       |  |  |   |
| 10 | <p><b>Modelo ideales de mezcla. Mezclas reales</b><br/>Duración: 02:10<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b><br/>Duración: 01:05<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>   |  |  |   |
| 11 | <p><b>Sistemas con capacidad de reacción química</b><br/>Duración: 02:10<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b><br/>Duración: 01:05<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> |  |  |   |
| 12 | <p><b>Sistemas con capacidad de reacción química</b><br/>Duración: 02:10<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Problemas</b><br/>Duración: 01:05<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> |  |  |   |
| 13 |   |  |  |   |
| 14 |   |  |  |   |
| 15 |   |  |  |   |
| 16 |   |  |  |   |
| 17 |   |  |  | <p><b>Examen Final</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br/>Evaluación Global<br/>Presencial<br/>Duración: 02:00</p> |

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.

## 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            |
|------|--|--------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|-----------------------------------|
| 5    | AEP en el aula, se ha puesto una fecha pero no tiene porque ser esa ya que cada profesor en su grupo las realizará según su horario. | OT: Otras técnicas evaluativas | Presencial | 01:00    | 1%              | / 10        | CE22C<br>CG2<br>CG5<br>CG1<br>CG4 |

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción  | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas            |
|-----|--------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|-----------------------------------|
| 17  | Examen Final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00    | 100%            | 5 / 10      | CE22C<br>CG2<br>CG5<br>CG1<br>CG4 |

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción  | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas            |
|--------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|-----------------------------------|
| Examen final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00    | 100%            | 5 / 10      | CE22C<br>CG2<br>CG5<br>CG1<br>CG4 |

## 7.2. Criterios de evaluación

### 1. Normas generales de las pruebas de evaluación

En todas las pruebas el/la alumno/a tiene obligación de acudir provisto del material necesario, incluyendo las tablas que se indican en el curso, y de un documento legal (DNI, carnet de la Escuela, etc.) que permita su identificación.

Durante la realización del examen no se podrá tener encima de la mesa más material que el que se indique, que será habitualmente: bolígrafo(s); calculadora; tablas; carnet; hoja de examen. Tampoco se podrán tener teléfonos móviles o cualquier otro dispositivo de comunicación encendidos.

No está permitido comunicarse con nadie durante el examen salvo con el profesor. El incumplimiento de estas norma implicará la expulsión del examen y la puntuación de 0 en el mismo.

Se recuerda que, según normativa UPM, no es posible acceder a un examen después de transcurridos 20 min, ni abandonarlo hasta pasados 20 min, desde su inicio.

### 2. Criterios generales de evaluación en todas las pruebas

En la evaluación de todas las pruebas no se podrá tener en cuenta más información que la entregada por el alumno en la prueba; están explícitamente descartados borradores u otras hojas que pueda presentar el alumno con posterioridad a que se haya recogido el examen.

**Unidades.** Es obligación del alumno saber manejar las unidades del Sistema Internacional. Además, se recuerdan las siguientes conversiones, cuyo conocimiento es obligatorio:

- $1 \text{ l} = 0,001 \text{ m}^3$
- $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$
- $1 \text{ atmósfera} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 101\,325 \text{ Pa}$
- $t \text{ (}^\circ\text{C)} = T \text{ (K)} - 273,15$
- $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$

En caso de que pueda determinarse que un resultado es erróneo por un mal manejo de unidades, la puntuación obtenida en el apartado correspondiente se verá reducida en mayor o menor medida en función de la gravedad del error, pudiendo llegar incluso a perderse toda la puntuación del apartado.

**Valores de las constantes físicas.** Dado que el valor exacto de la constante de los gases  $R$  tiene muchos decimales, se tomará como valor correcto  $8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ . Respecto a otras constantes físicas, como las constante de Boltzmann, Planck, Avogadro, aceleración de la gravedad en la superficie terrestre, etc., se darán los valores en el propio enunciado cuando sea necesario.

**Fórmulas.** Toda fórmula que se utilice debe estar deducida de principios generales justificando razonadamente su posible uso a cada caso particular. EN general, no se tendrán en cuenta en la evaluación fórmulas que no estén demostradas.

**Errores de concepto.** Los errores de concepto serán considerados muy graves y anularán totalmente la puntuación de la parte del ejercicio en que se cometan. Se considerarán también errores de concepto todos aquellos resultados numéricos manifiestamente absurdos o que contradigan la Termodinámica, sea cual sea su causa. Por citar algunos ejemplos: generaciones entrópicas negativas, destrucciones exergéticas negativas, temperaturas absolutas negativas, aplicación del modelo de gas ideal a algo a lo que no sea aplicable. También serán considerados errores de concepto los errores en las dimensiones, tanto en las fórmulas como en las unidades.

Cuando un resultado dependa de un dato cuyo valor numérico se dé de forma literal (una variable indefinida representada típicamente mediante una letra), el resultado será igualmente literal, en función de dicho dato. Todos los resultados cuyo valor numérico no dependa de algún dato cuyo valor numérico no se haya dado, deberán ser numéricos. La falta del resultado numérico, incluso con la fórmula necesaria demostrada, implicará una fuerte reducción de la nota adjudicada al resultado. La cuantía de esta reducción será decidida por el profesor en función del ejercicio concreto, pero en todo caso se considerará equivalente a la de un resultado numérico muy alejado del real.

### 3. Evaluación de la asignatura

La evaluación de la asignatura se realizará mediante las siguientes actividades:

- Actividades puntuables para la evaluación progresiva (AEP): Se realizarán en horario de clase una actividad durante el transcurso de la asignatura. Esta actividad puede tener lugar en cualquier momento, sin aviso previo. No será revisable, repetible ni recuperable en ningún caso. Se adaptará a la evolución de

la asignatura en contenido, duración, formato, etc. La máxima nota AEP será de 1 punto. Una vez comenzada la actividad puntuable para la evaluación progresiva, no se permitirá la entrada de alumnos en el aula. Los alumnos deberán realizar la AEP en el grupo en el que estén matriculados.

- Actividad piloto optativa (AP): Para obtener la calificación de esta actividad piloto el alumno se deberá apuntar y asistir a las 8 horas, repartidas en varias sesiones, que dura la actividad . Se detallará cómo apuntarse y el horario al comienzo de la asignatura de Termodinámica II. La máxima nota que se puede obtener será de 1 punto.
- Examen final (EF): Todos los alumnos deberán realizar el examen final, que recibirá una calificación máxima de 10 puntos . Tanto en convocatoria ordinaria como en extraordinaria, el examen escrito final (EF) constará de varios ejercicios. La puntuación de cada ejercicio podrá ser diferente, y se indicará en la hoja del enunciado. Igualmente, en la hoja del enunciado se indicarán las fechas previstas de publicación de notas y de revisión del examen. En la medida de lo posible, se intentará respetar dichas fechas.

La nota final (NF) de la asignatura se calculará de la siguiente forma:

Los alumnos que sólo se presenten al examen final

- $NF = EF$

Los alumnos que hagan AEP:

- Si EF es mayor o igual que 4:  $NF = EF + AEP$  (si al realizar esta suma se obtuviera un valor de NF mayor que 10, se adoptaría  $NF = 10$ )

Los alumnos que además hagan la AP:

- Si su NF es mayor o igual que 5: se le sumará la nota de AP (si al realizar esta suma se obtuviera un valor de NF mayor que 10, se adoptaría  $NF = 10$ )

El aprobado de la asignatura se obtiene cuando Nota es mayor o igual a 5.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre                                    | Tipo         | Observaciones                          |
|---|--------------|--|
| Termodinámica (Edición de 2013)           | Bibliografía | Libro de texto                         |
| Tablas de Termodinámica (Edición de 2019) | Otros        | Tablas de uso en la asignatura         |
| Diagrama de Mollier                       | Otros        | Diagrama h-s del agua                  |
| Cuestiones de Termodinámica               | Bibliografía | Libro de problemas y ejercicios cortos |
| Problemas de Termodinámica                | Bibliografía | Libro de problemas largos              |
| Material de la asignatura                 | Recursos web | Recursos y apuntes en Moodle           |

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Se recuerda a los alumnos la conveniencia de haberse leído los temas que se van a explicar antes de la clase; pueden encontrarse con bastante aproximación en el cronograma, si bien éste es meramente orientativo. Cada profesor adaptará el ritmo y el momento de realizar las clases de problemas y ejercicios según las necesidades de su grupo.

Se estima que por cada hora de clase el alumno debería dedicar aproximadamente hora y media al estudio personal, que tendría el mismo reparto temporal prácticamente que las clases, es decir una carga de unas 8 horas semanales de trabajo durante todo el semestre, de forma uniforme.

En el ámbito de la termodinámica, se pueden abordar diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Uno de los ODS más relevantes es el ODS 7, cuyo propósito es "Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna". Este objetivo pretende fomentar prácticas energéticas sostenibles y la transición hacia

fuentes de energía más limpias y eficientes.

La termodinámica es esencial para comprender y optimizar el funcionamiento de los sistemas energéticos. Algunos conceptos clave de la termodinámica y su relación con el ODS 7 incluyen:

- **\*\*Eficiencia energética\*\***: La termodinámica nos permite analizar y mejorar la eficiencia de procesos y máquinas, contribuyendo directamente a la sostenibilidad energética.
- **\*\*Fuentes de energía renovable\*\***: La termodinámica se aplica al estudio de fuentes de energía renovable, como la solar o la eólica, que son cruciales para lograr un acceso sostenible a la energía.
- **\*\*Transición energética\*\***: La termodinámica ayuda a entender cómo podemos cambiar de fuentes de energía no sostenibles (como los combustibles fósiles) a opciones más limpias y renovables.

La termodinámica puede contribuir a otros Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) más allá del ODS 7. Aquí hay algunos ejemplos:

#### ### ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

- **\*\*Desarrollo de tecnologías eficientes\*\***: La termodinámica es clave para diseñar y mejorar tecnologías industriales y de infraestructura que sean más eficientes energéticamente.
- **\*\*Innovación en procesos industriales\*\***: Permite la creación de procesos industriales más limpios y sostenibles, reduciendo el consumo de recursos y la generación de residuos.

#### ### ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles

- **\*\*Eficiencia energética en edificios\*\***: Aplicando principios termodinámicos, se pueden diseñar edificios que consuman menos energía para calefacción, refrigeración e iluminación.
- **\*\*Transporte sostenible\*\***: La termodinámica ayuda en el desarrollo de sistemas de transporte más eficientes y con menor impacto ambiental, como vehículos eléctricos y transporte público eficiente.

#### ### ODS 12: Producción y Consumo Responsables

- **\*\*Optimización de recursos\*\***: La termodinámica permite una mejor gestión y utilización de recursos naturales en procesos de producción, minimizando el desperdicio y el consumo excesivo.

- **Ciclo de vida de productos**: Ayuda en el análisis del ciclo de vida de productos, promoviendo la producción y el consumo más sostenibles.

### ### ODS 13: Acción por el Clima

- **Reducción de emisiones**: La termodinámica es crucial para entender y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la optimización de procesos industriales y energéticos.

- **Adaptación y mitigación**: Contribuye al desarrollo de tecnologías y estrategias para adaptarse al cambio climático y mitigar sus efectos.

### ### ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento

- **Tratamiento de agua**: La termodinámica se aplica en procesos de desalación y tratamiento de aguas residuales, mejorando la eficiencia y sostenibilidad de estas tecnologías.

- **Gestión de recursos hídricos**: Permite un uso más eficiente de la energía en la gestión y distribución del agua, contribuyendo a su sostenibilidad.

### ### ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres

- **Conservación de recursos naturales**: La termodinámica ayuda a desarrollar tecnologías que reducen la presión sobre los ecosistemas mediante un uso más eficiente de los recursos naturales.

En resumen, la termodinámica es una disciplina transversal que puede apoyar la consecución de múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible mediante la mejora de la eficiencia energética, la promoción de tecnologías limpias y la optimización del uso de recursos.

