

Curso  
2026/2027

Guía Docente:

# TERMODINÁMICA APLICADA



FACULTAD DE  
CIENCIAS QUÍMICAS



## 1. IDENTIFICACIÓN

<b>Titulación</b>	Grado en Ingeniería Química	<b>Código</b>	801541
<b>Asignatura</b>	Termodinámica Aplicada	<b>ECTS</b>	6
<b>Materia</b>	Termodinámica e Ingeniería Térmica		
<b>Módulo</b>	Ingeniería Industrial		
<b>Carácter</b>	Obligatorio	<b>Curso</b>	Segundo
		<b>Semestre</b>	Segundo
<b>Departamento responsable</b>	Ingeniería Química y de Materiales		

### Profesores responsables

Actividad	Profesor	Email	Despacho
Coordinador asignatura	JUAN CARLOS DOMÍNGUEZ TORIBIO	jucdomin@ucm.es	QB-533

### Grupo A

Actividad	Profesor	Email	Despacho
Tª/S/Tut.	EDUARDO DÍEZ ALCÁNTARA	ediezalc@ucm.es	QP-110
Tª/S/Tut.	JUAN CARLOS DOMÍNGUEZ TORIBIO	jucdomin@ucm.es	QB-533

### Grupo B

Actividad	Profesor	Email	Despacho
Tª/S/Tut.	MIGUEL LADERO GALÁN	mladerog@ucm.es	QA-B64
Tª/S/Tut.	JULIÁN GARCÍA GONZÁLEZ	jgarcia@ucm.es	QB-545

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo General

El objetivo de este curso es el estudio de distintas aplicaciones de los principios termodinámicos a diferentes operaciones de separación, máquinas térmicas y procesos de la industria química.

El objetivo general es proporcionar al estudiante un conocimiento extenso y profundo sobre los principales métodos de estimación y cálculo de las propiedades termodinámicas relacionadas con el equilibrio entre fases y el equilibrio químico, así como estudiar los métodos de análisis termodinámicos (energéticos y exergéticos) para el diseño de sistema térmicos más eficientes.

**Objetivos específicos**

- Resolver problemas de fluidos reales utilizando ecuaciones volumétricas de estado.
- Identificar los criterios de equilibrio en sistemas sujetos a diferentes restricciones.
- Identificar las condiciones de equilibrio entre fases.
- Calcular la fugacidad de un compuesto puro.
- Utilizar la fugacidad en el cálculo del equilibrio líquido-vapor.
- Obtener los criterios del equilibrio entre fases en sistemas multicomponentes.
- Distinguir entre mezclas ideales y mezclas no ideales.
- Entender los conceptos de propiedades de exceso y coeficientes de actividad.
- Calcular la fugacidad de un compuesto en una mezcla multicomponente.
- Utilizar modelos de coeficientes de actividad, tanto si se dispone de datos experimentales como cuando se deben predecir en ausencia de datos experimentales.
- Saber elegir el modelo termodinámico más adecuado al sistema en estudio.
- Calcular el punto de burbuja, punto de rocío y vaporización parcial de sistemas ideales y no ideales.
- Comprender la importancia del equilibrio líquido-vapor en la operación de separación de la destilación.
- Calcular la solubilidad de un gas en un líquido.
- Calcular las composiciones de equilibrio cuando se mezclan dos líquidos parcialmente miscibles.
- Calcular las composiciones de equilibrio cuando se mezclan dos líquidos parcialmente miscibles y su vapor.
- Calcular la solubilidad de un soluto en una fase fluida.
- Calcular el equilibrio químico de un sistema monofásico con una sola reacción química.
- Calcular el equilibrio químico de un sistema multifásico con varias reacciones químicas.
- Calcular la entalpía de un compuesto puro en un sistema monofásico y en un sistema bifásico en equilibrio.
- Calcular la entalpía de mezclas multicomponentes en un sistema multifásico en condiciones de equilibrio.
- Calcular la exergía en sistemas cerrados y abiertos.
- Calcular la eficiencia exergética en diferentes sistemas.
- Realizar el análisis exergético de sistemas térmicos para la producción de potencia.
- Conocer el comportamiento del vapor de agua y obtener sus propiedades de tablas, diagramas y correlaciones.
- Comprender los fundamentos de las máquinas térmicas utilizadas en los ciclos de potencia.
- Modelar termodinámicamente los dispositivos empleados para la generación de potencia.
- Calcular el rendimiento térmico en turbinas de vapor y de gas y conocer las modificaciones para mejorar su eficiencia.
- Calcular el coeficiente de operación en sistemas de refrigeración y conocer las modificaciones para mejorar su eficiencia.

### 3. CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

#### Conocimientos previos

El seguimiento adecuado de esta asignatura requiere que el estudiante haya adquirido previamente los conocimientos y competencias correspondientes a las siguientes asignaturas: “*Informática Aplicada*” del 1<sup>er</sup> curso, primer semestre (1<sup>er</sup> semestre), “*Fundamentos de Ingeniería Química*” del 1<sup>o</sup> curso y “*Termodinámica y Cinética Química*” del 2<sup>o</sup> curso, primer semestre (3er semestre). Aunque la matrícula no esté formalmente condicionada por estos aprendizajes previos, el dominio efectivo de dichos conocimientos resulta esencial para cursar esta asignatura con posibilidades razonables de aprovechamiento.

#### Recomendaciones

Es recomendable que el estudiante tenga un nivel básico de inglés que le permita manejar bibliografía en inglés, realizar búsquedas de información y comunicarse por escrito y oralmente en ese idioma. Además, para un mejor aprovechamiento de la asignatura, se recomienda que el estudiante esté familiarizado con herramientas y programas informáticos para la resolución de problemas complejos, p. ej. Microsoft Excel, así como con aplicaciones para la redacción, edición y presentación de informes técnicos.

### 4. CONTENIDOS

#### Breve descripción de los contenidos

Propiedades termodinámicas de los fluidos reales. Termodinámica del equilibrio entre fases. Equilibrio en las reacciones químicas. Análisis exergético de sistemas. Turbinas de vapor y gas. Máquinas frigoríficas.

#### Programa

##### BLOQUE 1. EQUILIBRIO ENTRE FASES Y EQUILIBRIO QUÍMICO

##### Tema 1: Termodinámica del equilibrio entre fases

Estado de equilibrio. Criterios de equilibrio. El potencial químico. Equilibrio en un sistema multifásico cerrado. Ecuación de Gibbs-Duhem. La regla de las fases. Fugacidad y coeficiente de fugacidad. Sistemas ideales. Actividad y coeficiente de actividad.

##### Tema 2: Fugacidad y coeficiente de fugacidad

Relaciones básicas. Ecuaciones de estado. Expresiones de cálculo.

##### Tema 3: Coeficientes de actividad de mezclas líquidas

Coeficientes de actividad a partir de las funciones de exceso. Ecuaciones de Wilson, NRTL y UNIQUAC. Estimación de coeficientes de actividad por métodos de contribución de grupos: UNIFAC. Coeficientes de actividad a partir de medidas experimentales de equilibrio.

##### Tema 4: Equilibrio líquido-vapor

Diagramas de equilibrio líquido-vapor. Razón de equilibrio líquido-vapor. Razones de equilibrio independientes de la composición. Razones de equilibrio dependientes de la composición. Solubilidad de gases en líquidos. Ley de Henry. Consistencia termodinámica de datos de equilibrio. Diagramas de equilibrio.

##### Tema 5: Equilibrio líquido-líquido

Miscibilidad y estabilidad termodinámica en el equilibrio líquido-líquido. Mezclas binarias. Mezclas ternarias y multicomponentes.

**Tema 6: Equilibrio líquido-sólido**

Solubilidad de sólidos en líquidos. Solubilidad de sólidos y líquidos en fluidos supercríticos.

**Tema 7: Entalpías de mezcla**

Entalpías molares de compuestos puros. Entalpías molares parciales de mezcla. Diagramas entálpicos de mezclas binarias. Entalpías de reacción

**Tema 8: Equilibrio químico**

Equilibrio químico en sistema de una sola fase. La constante de equilibrio. Composiciones de equilibrio. Equilibrio químico de varias reacciones en una sola fase. Combinación de equilibrio químico y equilibrio entre fases.

**BLOQUE 2. TERMOTECNIA****Tema 9. Termodinámica del vapor de agua**

Introducción. El agua en estado líquido. Vapor de agua saturado. Vapor de agua recalentado. Tablas, correlaciones, librería CoolProp y diagramas para el vapor de agua.

**Tema 10: Análisis exergético de sistemas**

Concepto de exergía. Balances exergéticos en sistemas cerrados. Balances exergéticos en sistemas abiertos. Eficacia exergética de equipos. Diagramas de Sankey y de Grassmann.

**Tema 11: Turbinas de vapor**

Introducción. Funcionamiento de una central térmica. El ciclo Rankine. El ciclo Rankine con recalentamiento intermedio del vapor. Ciclo de Rankine regenerativo. Ciclos Rankine Orgánicos. Sistemas de cogeneración.

**Tema 12: Turbinas de gas**

Introducción. Aplicaciones de las turbinas de gas. Ciclo de Brayton. Ciclos de Brayton modificados. Ciclos combinados: gas-vapor.

**Tema 13: Máquinas frigoríficas**

Introducción. Refrigeración por compresión de vapor. Tipos de refrigerantes. Sistemas de compresión en cascada. Sistemas de compresión multietapa. Refrigeración por absorción. La bomba de calor. Refrigeración por gas: Ciclo de Brayton inverso.

## 5. COMPETENCIAS

### Generales

CG1-MII1	Aplicar conceptos de termodinámica aplicada.
----------	--

### Específicas

CE7-T1	Aplicar los Principios de la Termodinámica en diferentes tipos de sistemas.
CE7-T2	Plantear los criterios de equilibrio y estabilidad de los sistemas y saber aplicarlos a los equilibrios de fases y al equilibrio químico.
CE7-T3	Calcular los parámetros y variables que definen el equilibrio entre fases y el equilibrio químico.
CE7-T9	Aplicar los Principios de la Termodinámica a diferentes tipos de sistemas industriales y tecnológicos.
CE7-T11	Diseñar algunas instalaciones y dispositivos relacionados con el calor y el frío: turbinas de vapor y gas, máquinas frigoríficas.



**Transversales**

CT2-II1	Demostrar capacidad de resolución de problemas.
CT5-II1	Consultar, utilizar y analizar fuentes bibliográficas.
CT5-II2	Usar bibliografía y bases de datos especializadas y recursos accesibles a través de Internet.
CT6-III	Utilizar herramientas y programas informáticos.

**6. HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD**

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Teoría	36	49	3,4
Seminarios	20	22,5	1,7
Tutorías	4	6	0,4
Exámenes	6	6,5	0,5
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>84</b>	<b>6</b>

**7. METODOLOGÍA**

El tiempo lectivo del curso se divide en clases teóricas, seminarios y tutorías.

Las **clases teóricas** consistirán, de forma mayoritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrán los conocimientos teóricos necesarios para resolver los ejemplos prácticos que se ven durante el curso.

En los **seminarios** se abordarán tanto la resolución de problemas previamente propuestos como algunos temas de carácter complementario y eminentemente prácticos.

Las **tutorías** se desarrollarán en dos grupos, cada uno de los cuales está formado por la mitad de los estudiantes matriculados en cada grupo. En las tutorías se supervisará el progreso de los estudiantes, resolviendo sus dudas. Parte de las tutorías se realizarán empleando la herramienta Microsoft Excel.

Se utilizará el **Campus Virtual** de la UCM como instrumento para poner a disposición de los estudiantes el material que se utilizará en las clases teóricas y de seminario, y como medio de comunicación entre el profesor y los estudiantes. Parte de la bibliografía recomendada y del material de apoyo que se deposita en el campus virtual para el desarrollo de las actividades docentes de esta asignatura estarán en inglés.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

### Básica

- PRAUSNITZ, J.M.; LICHTENHALER, R.N. GOMES DE ACEVEDO, E., *Termodinámica molecular de los equilibrios de fases*. Prentice-Hall, Inc.; Madrid, 3ª Ed. 2000.
- SMITH, J.M., ABBOTT, M.M., VAN NESS, H.C., *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química*. McGraw Hill de México; México, 7º Ed. 2015.
- MORAN, M. y SHAPHIRO, N., *Fundamentos de Termodinámica Técnica*. Reverté, Barcelona, 2004.
- MORAN, M. y SHAPHIRO, N., *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. Reverté, 9ª Ed. Wiley, 2018.
- ÇENGEL, Y.A., BOLES, M. A., *Termodinámica*. Mc Graw-Hill Interamericana, 8ª Ed. 2015.
- ÇENGEL, Y.A., BOLES, M. A., *Thermodynamics: An Engineering Approach*. Mc Graw-Hill, 9ª Ed. 2018.

### Complementaria

- POLING, B.; PRAUSNITZ, J.M., O'CONNELL, J.O., *The Properties of Gases and Liquids*. McGraw Hill Education Co.; New York, 5ª Ed. 2000.
- HOUGEN, O.A.; WATSON, K.M. y RAGATZ, R.A., *Principios de los Procesos Químicos*. Tomo II. Termodinámica. Reverté; Barcelona. 2ª Ed. 1978.
- WALAS, S.M., *Phase Equilibria in Chemical Engineering*. Butterworth Publishers; Boston, MA. 1985.
- WINTERBONE D., TURAN A., *Advanced Thermodynamics for Engineers*. Butterworth-Heinemann, 2ª Ed. 2015.
- MACCHI, E., ASTOLFI, M. (ed.), *T Organic Rankine Cycle (ORC) Power Systems: Technologies and Applications*. Woodhead Publishing, 2016.

## 9. EVALUACIÓN

El rendimiento académico del estudiante, así como la calificación final de la asignatura se obtendrá de forma ponderada atendiendo a los porcentajes que se expresan a continuación y que se mantendrán en todas las convocatorias.

La calificación final resultará de la media ponderada de las actividades evaluables. No obstante, para superar la asignatura será necesario alcanzar la nota mínima establecida en cada una de ellas. En caso de no cumplirse este requisito, la calificación final será la media ponderada obtenida, con un máximo de 4,5 sobre 10.

### ❖ EXÁMENES ESCRITOS: 70%

Las competencias de la asignatura (CG1-MII1, CG4, CE7-T1, CE7-T2, CE7-T9, CE7-T10, CE7-T11, CT1, CT2, CT8) se evaluarán mediante dos exámenes parciales escritos, de carácter preferentemente práctico. El primer parcial, programado hacia la mitad del curso, evaluará el bloque 1 del programa (equilibrio entre fases y equilibrio químico). El segundo parcial, al final del curso, se centrará en el bloque 2 (termotecnia) y se realizará en aula informática, utilizando MS Excel y el complemento CoolProp, siempre que haya disponibilidad.

Los estudiantes deberán alcanzar una media mínima de 5 en los exámenes parciales para acceder a la calificación global, siendo necesario obtener al menos un 4 en cada parcial para superar la asignatura. Si algún parcial se califica con menos de 4, será obligatorio repetir su evaluación en la convocatoria ordinaria para superar la asignatura.

Los parciales con nota superior a 5 permitirán, si el estudiante así lo desea, liberar materia en la convocatoria ordinaria. No obstante, los estudiantes que opten por presentarse al examen ordinario para mejorar calificación serán evaluados exclusivamente según la nota obtenida en dicha convocatoria.

En la convocatoria extraordinaria, los estudiantes deberán examinarse de ambos bloques, independientemente de las calificaciones obtenidas en los parciales. En ambas convocatorias, ordinaria y extraordinaria, se requiere una nota mínima de 4 en cada bloque y una calificación media mínima de 5 entre ambos bloques para superar la asignatura.

### ❖ **TRABAJO PERSONAL: 30%**

La evaluación del trabajo de aprendizaje individual realizado por el estudiante se realizará teniendo en cuenta la destreza del estudiante en la resolución de problemas modelo de cada una de las partes de la asignatura. En las tutorías en las que se haga uso de MS Excel, además del informe correspondiente, se entregarán los programas/archivos de cálculo desarrollados por el estudiante en la elaboración de resultados. El trabajo personal realizado en cada uno de los dos bloques de la asignatura ponderará un 15 % de la evaluación global, respectivamente.

La evaluación permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG4, CE7-T2, CE7-T11, CT1, CT2, CT5, CT8. El trabajo personal representa el 30% de la evaluación global.

### ❖ **ASISTENCIA Y PARTICIPACIÓN ACTIVA EN LAS CLASES**

Para poder acceder a la evaluación global de la asignatura, el estudiante debe haber participado al menos en el 70% de las actividades presenciales de aula (teoría y seminarios y tutorías).

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura (exámenes, entrega de problemas, pruebas, etc.) se comunicarán a los estudiantes con la antelación suficiente antes de la realización del examen final, para que puedan planificar adecuadamente el estudio de esta u otras asignaturas.

En especial, las notas de los exámenes parciales se comunicarán en un plazo máximo de 20 días, salvo en el caso del segundo parcial, en el que el plazo puede ser menor para adaptarse al examen final.

En todo caso, se respetará el plazo mínimo de siete días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.

**PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES - CRONOGRAMA**

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
<b>1. Equilibrio entre fases y equilibrio químico</b>	Teoría	18	1	1ª Semana	8ª Semana
	Seminario	10	1		
	Tutoría*	2	2	5ª y 7ª Semana	
<b>2. Termotecnia</b>	Teoría	18	1	8ª Semana	15ª Semana
	Seminario	10	1		
	Tutoría*	2	2	12ª y 15ª Semana	

\* Las tutorías programadas están sujetas a posibles modificaciones según la planificación conjunta del curso.

**RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES**

ACTIVIDAD DOCENTE	COMPETENCIAS ASOCIADAS	ACTIVIDAD PROFESOR	ACTIVIDAD ESTUDIANTE	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN	P	NP	TOTAL	C
Teoría	CG1-MII1, CE7-T1, CE7-T2, CE7-T9, CE7-T11	Exponer verbalmente las líneas maestras de cada tema del programa.	Atender y participar activamente en el desarrollo de la clase.	Exámenes escritos.	36	49	85	
Seminarios	CG1-MII1, CE7-T1, CE7-T2, CE7-T9, CE7-T11, CT2-III1, CT5-III1, CT5-II2	Plantear y resolver cuestiones y problemas de carácter numérico.	Discutir y resolver cuestiones y problemas propuestos.	Exámenes escritos.	20	22,5	42,5	
Tutorías	CG1-MII1, CE7-T1, CE7-T2, CE7-T9, CE7-T11, CT2-III1, CT5-III1, CT5-II2	Supervisar el progreso de los estudiantes en su trabajo. Corregir los controles escritos	Desarrollar su trabajo personal y realizar controles escritos.	Controles escritos y entrega de problemas resueltos.	4	6	10	<b>30%</b>
Exámenes	CG1-MII1, CE7-T1, CE7-T2, CE7-T9, CE7-T11, CT2-III1	Diseñar y corregir los exámenes. Calificar al alumno.	Realizar los exámenes.	Exámenes.	6	6,5	12,5	<b>70%</b>

**P:** Actividades presenciales

**NP:** Actividades no presenciales (trabajo autónomo)

**C:** Calificación