



Asignatura: Termodinámica Química Aplicada  
Código: 16544  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Grado en Ingeniería Química  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Obligatoria  
Nº de créditos: 6 ECTS

## ASIGNATURA / COURSE TITLE

Termodinámica Química Aplicada / Chemical Engineering Thermodynamics

### 1.1. Código / Course number

16544

### 1.2. Materia / Content area

Energía y Mecánica de Fluidos (Módulo Común de la Rama Industrial)

### 1.3. Tipo / Course type

Formación obligatoria / Compulsory subject

### 1.4. Nivel / Course level

Grado / Bachelor (first cycle)

### 1.5. Curso / Year

2º / 2<sup>nd</sup>

### 1.6. Semestre / Semester

1º / 1<sup>st</sup> (Fall semester)

### 1.7. Número de créditos / Credit allotment

6 créditos ECTS / 6 ECTS credits

### 1.8. Requisitos previos / Prerequisites

Conocimientos previos recomendados: Se recomienda tener conocimientos previos de cálculo, álgebra, física y química así como nociones sobre Ingeniería Química.

Asignaturas previas recomendadas: Haber cursado las asignaturas Matemáticas I, Matemáticas II, Física, Química y Fundamentos de Ingeniería Química.



Asignatura: Termodinámica Química Aplicada  
Código: 16544  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Grado en Ingeniería Química  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Obligatoria  
Nº de créditos: 6 ECTS

## 1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales / **Minimum attendance requirement**

La asistencia a las clases teóricas es muy recomendable. La asistencia a los seminarios, clases prácticas y prácticas con medios informáticos es obligatoria en un 80%.

## 1.10. Datos del equipo docente / **Faculty data**

Docente(s) / **Lecturer(s)**: Noelia Alonso Morales (coordinadora)  
Departamento de / **Department of**: Química Física Aplicada  
Facultad / **Faculty**: Ciencias  
Despacho - Módulo / **Office - Module**: 08-504.1  
Teléfono / **Phone**: +34 91 497 3590  
Correo electrónico/**Email**: noelia.alonso@uam.es  
Página web/**Website**: <http://www.uam.es/departamentos/ciencias/ingquim/>  
Horario de atención al alumnado/**Office hours**: Previa petición de hora.

Docente(s) / **Lecturer(s)**: Francisco José Palomar Herrero  
Departamento de / **Department of**: Química Física Aplicada  
Facultad / **Faculty**: Ciencias  
Despacho - Módulo / **Office - Module**: 08-603  
Teléfono / **Phone**: +34 91 497 6938  
Correo electrónico/**Email**: pepe.palomar@uam.es  
Página web/**Website**: <http://www.uam.es/departamentos/ciencias/ingquim/>  
Horario de atención al alumnado/**Office hours**: Previa petición de hora.

Docente(s) / **Lecturer(s)**: Alicia Polo Díez  
Departamento de / **Department of**: Química Física Aplicada  
Facultad / **Faculty**: Ciencias  
Despacho - Módulo / **Office - Module**: 08-504.1  
Teléfono / **Phone**: +34 91 497 3590  
Correo electrónico/**Email**: alicia.polo@uam.es  
Página web/**Website**: <http://www.uam.es/departamentos/ciencias/ingquim/>  
Horario de atención al alumnado/**Office hours**: Previa petición de hora.

Docente(s) / **Lecturer(s)**: Victor Ferro Fernandez  
Departamento de / **Department of**: Química Física Aplicada  
Facultad / **Faculty**: Ciencias  
Despacho - Módulo / **Office - Module**: 08-603  
Teléfono / **Phone**: +34 91 497 7607  
Correo electrónico/**Email**: victor.ferro@uam.es  
Página web/**Website**: <http://www.uam.es/departamentos/ciencias/ingquim/>  
Horario de atención al alumnado/**Office hours**: Previa petición de hora.



Asignatura: Termodinámica Química Aplicada  
Código: 16544  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Grado en Ingeniería Química  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Obligatoria  
Nº de créditos: 6 ECTS

## 1.11. Objetivos del curso / Course objectives

Competencias transversales del Grado a cuyo desarrollo contribuye la asignatura:

Capacidad de análisis y síntesis  
Comunicación oral y escrita en lengua propia  
Conocimiento de informática en el ámbito de estudio.  
Capacidad de gestión de la información  
Resolución de problemas.  
Trabajo en equipo.  
Razonamiento crítico.  
Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica.  
Habilidad de trabajar de forma autónoma.  
Sensibilidad hacia temas medioambientales

Competencias específicas del Grado a cuyo desarrollo contribuye la asignatura:

Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biotecnología e ingeniería  
Analizar sistemas utilizando balances de materia y energía  
Analizar, modelizar y calcular sistemas con reacción química  
Evaluar y aplicar sistemas de separación  
Dimensionar sistemas de intercambio de energía  
Comparar y seleccionar alternativas técnicas  
Concebir, Calcular y Evaluar (procesos desde la perspectiva que ofrece el método termodinámico).

**Contenidos y habilidades específico(a)s a desarrollar (y evaluar) en la asignatura.**

- Conocer las bases y la estructura del método termodinámico y aplicarlo al estudio de procesos de interés químico-industrial.
- Reconocer el alcance y las limitaciones del método termodinámico en el estudio de procesos de interés industrial.
- Evaluar cuantitativamente los intercambios de energía en diferentes procesos y condiciones propios de la industria química.
- Interpretar sobre diagramas de equilibrio y nomogramas balances energéticos de procesos de interés químico-industrial y derivar de ellos información útil para el diseño de equipos y procesos.
- Aplicar el método termodinámico clásico a la predicción del estado de equilibrio y el cambio (la espontaneidad) en procesos con cambio de fase o reacción química.
- Seleccionar los modelos termodinámicos adecuados para describir el estado termodinámico de un componente en una mezcla y calcular los parámetros termodinámicos fundamentales utilizados con este fin.



Asignatura: Termodinámica Química Aplicada  
Código: 16544  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Grado en Ingeniería Química  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Obligatoria  
Nº de créditos: 6 ECTS

- Desarrollar una actitud crítica y productiva en relación con el uso racional de la energía en procesos de interés industrial, introduciendo el concepto de integración energética basado en los aspectos cuantitativos y cualitativos de la energía.

## 1.12. Contenidos del programa / Course contents

### Contenidos Teóricos y Prácticos

La asignatura introduce el método termodinámico clásico (incluyendo el método de los potenciales termodinámicos) aplicándolo a compuestos puros para posteriormente generalizar su aplicación a los sistemas de composición variable a través del concepto de potencial químico, que es utilizado en los procesos con cambios de fase y reacción química. Así, se desarrollarán los fundamentos termodinámicos de las operaciones de separación, las aplicaciones de los procesos con reacción química y termo-técnicas, pero sin entrar en los detalles de los desarrollos prácticos e industriales de las mismas. Esto último corresponde a las asignaturas Ingeniería Energética y Transmisión de Calor, Ingeniería de la Reacción Química, Operaciones de Separación y otras. Se insistirá en la integración de los contenidos, revelando sistemáticamente la naturaleza del método termodinámico (naturaleza, alcance, limitaciones) a lo largo de todo el curso.

### Temario

#### Tema 1. El método termodinámico clásico.

Objeto, estructura y alcance de la termodinámica. Evolución histórica y estructura del método termodinámico clásico. Propiedades termodinámicas, estados y procesos. Estado de equilibrio y proceso reversible. Primer principio de la termodinámica y conservación de la energía. Calor, trabajo y energía interna. Entalpía. Balances de energía en sistemas cerrados y abiertos: masa y volumen de control. Aplicación a gases ideales. Segundo principio de la termodinámica. Procesos espontáneos y no espontáneos. Entropía. Balances de entropía en sistemas cerrados y abiertos. Aplicación a gases ideales. Análisis energético de ciclos. Ciclos de potencia y refrigeración. Ciclo ideal de Carnot. Consecuencias prácticas del segundo PTD; energía disponible y no disponible. Ecuaciones termodinámicas fundamentales; método de los potenciales termodinámicos. Energía libre de Gibbs como potencial termodinámico. Concepto de Exergía. Cálculo de la exergía en los principales procesos termodinámicos. Fuentes de irreversibilidad en procesos reales.

#### Tema 2. Estudio termodinámico de compuestos puros.

Diagramas P-v-T de sustancias puras. El equilibrio de fases en compuestos puros. Diagramas de equilibrio: contenido termodinámico. Condición termodinámica del cambio y el equilibrio de fases. Presión de vapor de un líquido saturado y sublimación de un sólido. Entalpías de los cambios de fase y entalpía de vaporización: Ecuaciones de Clapeyron y Clausius-Clapeyron. Evaluación de propiedades termodinámicas con tablas de vapor y nomogramas. Ecuación de estado de los gases ideales: límites de



Asignatura: Termodinámica Química Aplicada  
Código: 16544  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Grado en Ingeniería Química  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Obligatoria  
Nº de créditos: 6 ECTS

validez. Factor de compresibilidad. Fugacidad y coeficiente de fugacidad en gases. Ecuaciones de estado en sistemas reales. Ecuaciones de estado de Van der Waals. Ecuaciones de estado cúbicas. Ecuaciones de Lee-Kesler-Plocker y otras.

### Tema3. Estudio termodinámico de mezclas

Mezclas ideales y reales. Magnitudes molares y molares parciales. Propiedades de mezcla y exceso. Potencial químico de un componente en una mezcla. Estado de referencia. Fugacidad de un componente en una mezcla. Actividad y coeficientes de actividad. Determinación experimental de los coeficientes de actividad. Modelos termodinámicos para mezclas reales. Método de las funciones de exceso. Modelos termodinámicos de actividad.

### Tema 4. Procesos termodinámicos en mezclas sin reacción química. Equilibrios y cambios de fase.

Equilibrios y cambios de fases en sistemas bi-, tri- y multi-componentes. Equilibrios LG, LV, LL y SL. Estados de referencia. Diagramas de equilibrio. Leyes de Henry y Raoult. Solubilidad y miscibilidad. Puntos característicos de los diagramas de equilibrio: puntos de rocío y burbuja, azeótropos, eutécticos, etc. Los datos de equilibrio en la evaluación de los parámetros de modelos termodinámicos. Introducción a las operaciones de separación.

### Tema 5. Termodinámica de los procesos con reacción química.

El calor en las reacciones químicas, Termoquímica. Ley de Hess. Entalpías de formación y reacción. El estado de referencia en los procesos con reacción química. Coordenada de reacción. Aplicación de criterios de equilibrio a reacciones químicas. Variación de la energía libre de Gibbs estándar y constante de equilibrio. Relación de las constantes de equilibrio con la composición y la presión. Dependencia con la Temperatura. Diferentes formas de expresar la constante de equilibrio. Conversiones de equilibrio para reacciones únicas en una o varias fases. Regla de las fases para sistemas con transformaciones químicas. Equilibrios en reacciones múltiples.

### Tema 6. Análisis termodinámico de procesos industriales del aire.

Conceptos básicos y definiciones de psicrometría. Propiedades termodinámicas aplicadas a psicrometría. Diagrama psicrométrico. Ejemplos de procesos psicrométricos. Licuefacción de gases. Diagrama de Hausen para el aire.

## 1.13. Referencias de consulta / Course bibliography

Referencias básicas:

- Moran, M.J., Shapiro, H. N. Fundamentos de Termodinámica Técnica. 2005. Editorial Reverté. 2ª ed.
- Koretsky, Milo D. Engineering and chemical thermodynamics. 2004. Editorial John Wiley & Sons. 1ª ed.



Asignatura: Termodinámica Química Aplicada  
Código: 16544  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Grado en Ingeniería Química  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Obligatoria  
Nº de créditos: 6 ECTS

Libros de consulta:

- Smith, J.M., Van Ness, H.C y Abbott, M.M. 2007. "Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química", Mc Graw-Hill, 7ª ed.
- Prausnitz, J.M.; Lichtenhaler, R.N. and Gomes de Acevedo, E. 2000. "Termodinámica molecular de los equilibrios de fases". Prentice-Hall, Inc. 3ª ed.
- Poling, B.E., Prausnitz, J.M. and. O'Connell, J.P. 2001. "The Properties of Gases and Liquids". McGraw Hil. 5ª ed.
- Levenspiel, O., "Understanding engineering thermo". Prentice-Hall PTR, NJ.1996 Traducido al castellano: "Fundamentos de Termodinámica". Prentice-Hall. 1997.

## 2. Métodos docentes / Teaching methodology

### • Actividades presenciales

- Clases teóricas: consistirán de forma prioritaria en lecciones magistrales en las que se expondrá de forma ordenada y sistemática el temario de la asignatura. Se utilizarán de manera habitual materiales multimedia que estarán a disposición de los alumnos en la página virtual de la asignatura.
- Clases prácticas de resolución de problemas numéricos: consistirán en la resolución detallada de un conjunto de problemas seleccionados, cuyos enunciados estarán a disposición del alumnado con la suficiente antelación.
- Clases prácticas en aula: Los estudiantes que conforman el grupo se dividirán en grupos de 20. Los seminarios se dedicarán a la resolución de ejercicios y supuestos prácticos organizados en torno a casos de interés práctico-industrial.
- Prácticas con medios informáticos: Los estudiantes que conforman el grupo se dividirán en grupos de 20. Las prácticas se dedicarán a resolver algunos de los problemas seleccionados en clase mediante paquetes informáticos y programas de simulación (Aspen Plus y Aspen HYSYS).
- Tutorías en grupo: Los alumnos que conforman el grupo se dividirán en grupos de 10 estudiantes para la orientación, seguimiento del trabajo realizado y resolución de dudas.

La asignatura no recoge prácticas de laboratorio. Se realizan prácticas relativas a esta disciplina en las asignaturas Experimentación en Ingeniería Química I, Experimentación en Ingeniería Química II y Laboratorio de Desarrollo Industrial.

### • Actividades dirigidas

- Entrega de problemas e informes de prácticas con medios informáticos.
- Docencia en red: materiales didácticos y problemas resueltos.
- Tutorías (incluidas virtuales).



Asignatura: Termodinámica Química Aplicada  
Código: 16544  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Grado en Ingeniería Química  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Obligatoria  
Nº de créditos: 6 ECTS

En el desarrollo de las actividades dirigidas se aprovecharán las prestaciones que brinda la página del profesor para la presentación de contenidos (transparencias, hojas de problemas, ejemplos, problemas resueltos, etc.) y en la comunicación entre los profesores y los estudiantes y entre los propios estudiantes. Se potenciará el uso del foro y el chat para lograr un aprendizaje cooperativo a través de la red.

### 3. Tiempo de trabajo del estudiante / **Student workload**

		Nº de horas	Porcentaje
Presencial	Clases teóricas	47 h (31,3%)	64 horas (42,7%)
	Clases prácticas de resolución de problemas		
	Clases prácticas en aula	4 h (2,7%)	
	Prácticas con medios informáticos	3 h (2%)	
	Tutorías programadas	2h (1,3%)	
	Actividades de evaluación	8 h (5,3%)	
No presencial	Estudio de teoría, ejemplos y resolución de problemas (5h semanales)	50 h (33,3%)	86 horas (57,3%)
	Preparación de clases prácticas	8 h (5,3%)	
	Preparación de prácticas con medios informáticos	8 h (6%)	
	Preparación de exámenes	20 h (13,3%)	
<b>Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 6 ECTS</b>		<b>150 h</b>	

La distribución por tema de las actividades presenciales es como sigue:

Tema	Clases Teóricas y problemas	Clases Prácticas en aula	Prácticas Informáticas	Total
1	9	1	0,5	10,5
2	7	0	0,5	7,5
3	7	1	0,5	8,5
4	12	1	0,5	13,5
5	7	1	0	8
6	5	0	1	6
Total	47	4	3	54



Asignatura: Termodinámica Química Aplicada  
Código: 16544  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Grado en Ingeniería Química  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Obligatoria  
Nº de créditos: 6 ECTS

#### 4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final / Evaluation procedures and weight of components in the final grade

La nota final de la asignatura resultará de las siguientes contribuciones:

Evaluación frecuente (entrega de problemas e informes de prácticas con medios informáticos): 30%

Examen final: 70%

El estudiante que haya participado en conjunto, en menos de un 10% de las actividades prácticas (clases prácticas en aula y prácticas con medios informáticos) y de la evaluación frecuente (entrega de problemas e informes) será calificado en la convocatoria ordinaria como “No Evaluado”.

En el período extraordinario de evaluación se examinarán los objetivos que, como generalidad, no hayan sido superados en el período ordinario. Incluye dos formas evaluativas: una entrega de problemas y un examen con cuestiones teóricas y problemas.

#### 5. Cronograma / Course calendar

El cronograma orientativo de la asignatura aparece a continuación. Puede experimentar alteraciones por las propias necesidades del proceso.

Semana Week	Fechas From - To	Contenido Contents	Horas presenciales Contact hours
1 (6h)	24/09 - 28/09	Tema 1	5h CT 1h CP
2 (5h)	01/10 - 05/10	Tema 1 Tema 2	4h CT 1h CT
3 (4h)	8/10 - 12/10	Tema 2	4h CT
4 (6h)	15/10 - 19/10	Tema 2 Tema 3	2h CT, 1h PI 2h CT, 1h CP
5 (5h)	22/10 - 26/10	Tema 3	5h CT
6 (5h)	29/10 - 02/11	Tema 4	4h CT, 1h CP
7 (4h)	05/11 - 9/11	Tema 4	4h CT





Asignatura: Termodinámica Química Aplicada  
Código: 16544  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Grado en Ingeniería Química  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Obligatoria  
Nº de créditos: 6 ECTS

Semana Week	Fechas From - To	Contenido Contents	Horas presenciales Contact hours
8 (4h)	12/11 - 16/11	Tema 4	3h CT, 1h PI
9 (5h)	19/11 - 23/11	Tema 4 Tema 5	1h CT 4h CT
10 (6h)	26/11 - 30/11	Tema 5 Tema 6	3h CT, 1h CP 2h CT
11 (4h)	03/12 - 07/12	Tema 6	3h CT, 1h PI

Nomenclatura: CT- clase teórica o resolución de problemas, CP- clase práctica en aula, PI- práctica con medios informáticos.