

Curso
2026/2027

Guía Docente:

AMPLIACIÓN DE OPERACIONES DE SEPARACIÓN



FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS



1. IDENTIFICACIÓN

Titulación	Grado en Ingeniería Química		Código	801559
Asignatura	Ampliación de Operaciones de Separación		ECTS	6
Materia	Operaciones de la Industria Química			
Módulo	Tecnología Química			
Carácter	Optativo	Curso	Cuarto	Semestre Segundo
Departamento responsable	Ingeniería Química y de Materiales			

Profesores responsables

Actividad	Profesor	Email	Despacho
Tª/S/Tut.	MARCOS LARRIBA MARTÍNEZ	marcoslarriba@ucm.es	QP-B07
Tª/S/Tut.	JOSÉ MARÍA GÓMEZ MARTÍN	segojmgm@ucm.es	QA-152
Coord. Lab	ANA BALEA MARTÍN	anabalea@ucm.es	QB-501

Laboratorio Aula de Informática

Grupo	Profesor	Email	Despacho
A1	MARCOS LARRIBA MARTÍNEZ	marcoslarriba@ucm.es	QP-B07
A1	ANA BALEA MARTÍN	anabalea@ucm.es	QB-501
A2	ANA BALEA MARTÍN	anabalea@ucm.es	QB-501

2. OBJETIVOS

Objetivo General

El propósito final de la asignatura "Ampliación de Operaciones de Separación" es el estudio de las operaciones controladas por la transferencia de materia o simultáneamente por transferencia de materia y transmisión de calor que han sido mejoradas para resolver problemas de separación específicos o que son más novedosas. Concretamente en esta asignatura, se va a abordar la destilación mejorada para romper azeótropos y la extracción selectiva con fluidos en estado supercrítico. También es objetivo de la asignatura estudiar en detalle las separaciones utilizando membranas cuyas aplicaciones comerciales han crecido exponencialmente en los últimos 60 años. Y hacer una introducción a la operación de liofilización por la creciente aplicación de esta tecnología para la conservación de alimentos, medicamentos, vacunas, etc.

Objetivos específicos

- Describir las operaciones de separación mejoradas y/o avanzadas.
- Comprender los principios que rigen estas operaciones de separación.
- Aplicar los fundamentos de la transferencia de materia y de calor para el dimensionamiento/simulación de equipos donde llevarlas a cabo.
- Describir las principales aplicaciones, fundamentalmente aquellas que estén a escala comercial.
- Mejorar las habilidades en la resolución de problemas de separación.



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: Fundamentos de Ingeniería Química, Termodinámica Aplicada, Ingeniería Térmica, Mecánica de Fluidos, Operaciones de Separación, Matemáticas, Simulación y Control. 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 y ver vídeos en inglés, realizar búsquedas de información y comunicarse por escrito y oralmente en ese idioma. Asimismo, es recomendable que esté familiarizado con herramientas y programas informáticos para la resolución de problemas complejos, así como con aplicaciones para la redacción, edición y presentación de informes técnicos. Además, para un mejor aprovechamiento de la asignatura, se recomienda tener conocimiento de manejo del programa ASPEN PLUS, hojas Excel, Power Point, etc.

4. CONTENIDOS

Breve descripción de los contenidos

Destilación mejorada: Destilación extractiva, Destilación azeotrópica, Destilación reactiva. Optimización de secuencias de columnas de destilación. Extracción supercrítica. Operaciones de separación con membranas: Tipos de membranas y módulos. Diálisis y electrodiálisis. Ósmosis inversa. Microfiltración. Ultrafiltración. Operaciones de separación controladas conjuntamente por la transferencia de materia y la transmisión de calor: liofilización.

La asignatura integra los principios de la química verde para diseñar procesos ambientales más seguros, eficientes y sostenibles.

Programa

Destilación mejorada

Tema 1

Diagramas triangulares para resolución de destilaciones mejoradas: mapas de curvas residuales. Mapas de curvas de destilación. Regiones de pajarita.

Tema 2.

Tipos de destilaciones mejoradas. Destilación extractiva. Destilación con adición de sal. Destilación con cambios de presión. Destilación azeotrópica homogénea y heterogénea. Destilación reactiva. Fundamentos. Dimensionamiento de equipos. Ejemplos industriales.

Extracción Supercrítica

Tema 3.

Extracción supercrítica. Propiedades de los disolventes supercríticos. Métodos de separación disolvente-soluto. Ciclo del disolvente. Fundamentos. Adición de modificadores. Operación en continuo y contracorriente. Aplicaciones comerciales. Equipos. Costes.



Operaciones con Membranas

Tema 4.

Conceptos básicos de las separaciones con membranas. Aplicaciones generales. Clasificación de las membranas. Preparación de membranas. Módulos de membranas. Diseño de sistemas. Tipos de flujo. Modelos de transporte. Reducción de flujo de permeado. Transporte de especies disueltas. Polarización de la concentración. Rechazos.

Tema 5.

Procesos de membrana con diferencia de presión como fuerza impulsora: microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa. Aspectos de la separación. Tipo y materiales de las membranas. Aplicaciones. Cálculo del flujo a través de la membrana.

Tema 6.

Procesos de membrana con diferencia de concentración como fuerza impulsora: pervaporación, permeación de gas y diálisis. Aspectos de la separación. Tipo y materiales de las membranas. Aplicaciones. Cálculo del flujo a través de la membrana.

Tema 7.

Procesos de membrana con diferencia de potencial eléctrico como fuerza impulsora: electrodiálisis. Aspectos de la separación. Tipo y materiales de las membranas. Aplicaciones. Cálculo del flujo a través de la membrana.

Tema 8.

Procesos de membrana con diferencia de temperatura como fuerza impulsora: destilación con membranas. Aspectos de la separación. Tipo y materiales de las membranas. Aplicaciones. Cálculo del flujo a través de la membrana.

Operaciones avanzadas de secado

Tema 9.

Liofilización. Introducción. Fundamentos: congelación, sublimación y secado secundario. Equipos. Formulación y optimización del ciclo. Fugas. Determinación del punto final. Costes del proceso. Modelos matemáticos en la liofilización.

5. COMPETENCIAS

Generales

CG1-TQ1	Utilizar conceptos para el aprendizaje autónomo de nuevos métodos y teorías
CG1-TQ2	Diseñar y gestionar procedimientos de experimentación aplicada, especialmente para la determinación de propiedades termodinámicas y de transporte, y de modelado de fenómenos y sistemas en el ámbito de la ingeniería química, sistemas con flujo de fluidos, transmisión de calor, operaciones de transferencia de materia, cinética de las reacciones químicas y reactores.
CG4-TQ1	Resolver problemas en el área de la ingeniería química con iniciativa, capacidad de decisión y razonamiento crítico.
CG5-TQ1	Analizar, diseñar, simular y optimizar procesos y productos.

Específicas

CE20-OIQ1	Explicar los principios en que se basan las diferentes operaciones de separación.
-----------	---



CE20-OIQ2	Diseñar los equipos en qué llevar a cabo las diferentes operaciones de separación.
CE22-OIQ1	Medir parámetros técnicos en equipos e instalaciones de operaciones de separación basadas en la transferencia de materia.
CE22-OIQ2	Proponer su interpretación técnica.

Transversales

CT1-TQ1	Desarrollar capacidad de análisis y síntesis.
CT2-TQ1	Resolver problemas en el área de la Tecnología Química.
CT5-TQ1	Consultar, utilizar y analizar fuentes bibliográficas en el área de la Tecnología Química.
CT6-TQ1	Utilizar herramientas y programas informáticos para calcular, simular y aproximar.
CT8-TQ1	Demostrar capacidad para el razonamiento crítico y autocrítico.

6. HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	30	45	3
Seminarios	15	20	1,4
Tutorías/Trabajos dirigidos	3	4,5	0,3
Laboratorios	12	9	0,84
Preparación de trabajos y exámenes	3	8,5	0,46
Total	63	87	6

7. METODOLOGÍA

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

La **teoría** se impartirá en un solo grupo, formado por el conjunto de todos los estudiantes matriculados en la asignatura. Se desarrollará con lecciones magistrales en las que se expondrán los fundamentos de las operaciones.

Los **seminarios** se llevarán a cabo también en un solo grupo. En estas clases se abordará fundamentalmente la resolución de casos prácticos y problemas hipotéticos cuyos enunciados tendrán disponibles previamente los alumnos. En ocasiones, se pedirá a los alumnos que lleven resueltos algunos de estos problemas que luego se resolverán en clase y que se recogerán para tenerlos en cuenta como elemento de evaluación. También se presentarán ejemplos de procesos actuales que emplean tecnología de membranas y liofilización.

Las **tutorías** se desarrollarán en dos grupos, cada uno de los cuales estará formado por la mitad de los estudiantes matriculados en la asignatura. En las tutorías se resolverán dudas, tanto conceptuales como sobre la resolución de los ejercicios que se pidan para entregar. Asimismo, se utilizará para hacer el seguimiento del progreso de aprendizaje de cada alumno mediante el planteamiento de problemas que tendrán que resolver.

Se realizarán **prácticas** de simulación utilizando algún programa comercial como Aspen Plus. En total está previsto que cada alumno lleve a cabo al menos tres prácticas con un total de 12 horas presenciales. Se prevé que se realicen al completar los contenidos teóricos y los seminarios del bloque temático.

Como recursos didácticos se utilizarán principalmente transparencias, la pizarra, vídeos y material de apoyo: los libros básicos de la asignatura y/o artículos de revisión que serán entregados previamente a los alumnos a través del **Campus Virtual** de la UCM. Esta herramienta también se utilizará como medio de comunicación entre el profesor y los estudiantes.

Parte de la bibliografía recomendada y parte del material de apoyo que se deposita en el campus virtual para el desarrollo de las actividades docentes de esta asignatura están en inglés.

8. BIBLIOGRAFÍA

Básica

Destilación mejorada y membranas

- E.J. Henley, J.D. Seader, D.K. Roper: “*Separation Process Principles*”, John Wiley & Sons, Asia, 2011.

Extracción Supercrítica

- G. Brunner: “*Gas Extraction*”, Springer, New York, 1994.

Liofilización

- A.S. Mujumdar: “*Handbook of industrial drying*”, 3ª ed., Taylor & Francis, 2006.

Complementaria

- R. W. Baker: “*Membrane Technology and Applications*”, 2nd ed., John Wiley & Sons, West Sussex, 2004.
- W.S.W. Ho, K.K. Sirkar: “*Membrane Handbook*”, Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
- M. Mulder: “*Basic Principles of Membrane Technology*”, Kluwer Academic Publishers, 1991.
- W.L. McCabe, J.C. Smith, P. Harriot: “*Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*”, 7ª ed., McGraw-Hill, México, 2007.
- P.C. Wankat: “*Equilibrium Staged Separations*”, Prentice Hall, New Jersey, 1994.
- E. Goldberg: “*Handbook of Downstream Processing*”, Blackie & Academic & Professional, London, 1997.
- M. Verrall: “*Downstream Processing of Natural Products*”, Wiley & Sons, West Sussex, 1996.
- A. Casp; J. Abril: “*Procesos de Conservación de Alimentos*”, 2ª ed., Mundi- Prensa, 2003.

9. EVALUACIÓN

Tanto las tutorías dirigidas como las prácticas de laboratorio son obligatorias. Para poder acceder a la evaluación final será necesario que el alumno haya participado al menos en el 70% de las actividades presenciales.

La evaluación del rendimiento del alumno y de las competencias adquiridas en la asignatura se llevará a cabo mediante:

- 1) un examen que se realizará en la fecha que asigne la facultad, que contribuirá con un 60% del peso en la calificación final.



- 2) la entrega de ejercicios/problemas/trabajos, que contarán con un 25%.
- 3) la realización de prácticas y entrega de una memoria, que supondrán el 15% restante.

Es imprescindible obtener una nota mínima de 5,0 en la evaluación de las Prácticas de Laboratorio para superar asignatura.

Es imprescindible obtener una nota mínima de 5,0 puntos sobre 10 en cada parte del examen final para superar la asignatura (primera parte: Temas 1 a 3, segunda parte: Temas 4 a 9). De esta forma, quedarán evaluadas todas las competencias de la asignatura. Es imprescindible realizar las presentaciones orales de los trabajos.

❖ **EXÁMENES ESCRITOS: 60%**

El examen consistirá en preguntas de respuesta múltiple (tipo test) con cuestiones conceptuales, de cálculos sencillos y en la resolución de problemas.

❖ **ENTREGA DE PROBLEMAS Y TRABAJOS PROPUESTOS: 25%**

Se pedirá la entrega de problemas resueltos antes de su discusión y resolución en las clases de seminario. También la realización de trabajos y/o presentaciones orales.

❖ **PRÁCTICAS DE LABORATORIO: 15%**

Después de realizar las prácticas, se pedirá una breve memoria de cada práctica realizada que resuma los resultados obtenidos y una discusión crítica de los mismos. La realización de las prácticas es obligatoria cuando estén programadas, pero si la memoria queda suspendida en la convocatoria ordinaria, se realizará una prueba en la convocatoria extraordinaria. Los alumnos que hayan realizado las prácticas en cursos anteriores tendrán la opción de solicitar la no repetición de estas siempre que no haya transcurrido más de 1 curso desde que llevaron a cabo esas prácticas.

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.

Las calificaciones de las actividades previstas para la evaluación de la asignatura 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 todo caso, se respetará el plazo mínimo de diez días entre la publicación de las calificaciones y la fecha del examen final de la asignatura.

La asignatura integra los principios de la química verde para diseñar procesos ambientales más seguros, eficientes y sostenibles.

PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES - CRONOGRAMA

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
I. Destilación mejorada	Teoría	12	1	1ª Semana	3ª Semana
	Seminario	6	1	4ª Semana	5ª Semana
II. Extracción supercrítica	Teoría	2	1	5ª Semana	5ª Semana
	Seminario	2	1	6ª Semana	6ª Semana
III. Membranas	Teoría	10	1	6ª Semana	8ª Semana
	Seminario	5	1	9ª Semana	10ª Semana
IV. Liofilización	Teoría	4	1	10ª Semana	11ª Semana
	Seminario	3	1	11ª Semana	11ª Semana

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

ACTIVIDAD DOCENTE	COMPETENCIAS ASOCIADAS	ACTIVIDAD PROFESOR	ACTIVIDAD ESTUDIANTE	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN	P	NP	TOTAL	C
Clases de teoría	CG1-TQ1, CG2-TQ2, CG4-TQ1, CG5-TQ1, CE20-OIQ1, CE20-OIQ2 CT1-TQ1, CT8-TQ1	Exponer fundamentos y aplicaciones. Desarrollar métodos de dimensionamiento/ simulación de equipos.	Atender y participar activamente en el desarrollo de la clase	Examen	30	45	75	
Seminarios	CT2-TQ1, CT5-TQ1, CT6-TQ1, CT8-TQ1, CE20-OIQ2	Plantear y/o resolver casos reales y problemas hipotéticos.	Atender y participar activamente en la resolución de los casos reales y problemas o exposiciones.	Entrega de ejercicios resueltos y realización de examen	15	20	35	25%
Tutorías	CT2-TQ1, CT5-TQ1, CT6-TQ1, CT8-TQ1, CE20-OIQ2	Resolver dudas. Dirigir el aprendizaje del alumno con explicaciones y con recomendaciones bibliográficas	Consultar al profesor dudas teóricas o de resolución práctica sobre la materia		3	4,5	7,5	
Laboratorio	CE22-OIQ1, CE22-IQ2	Proponer, poner a punto y desarrollar las prácticas de laboratorio	Llevar a cabo las simulaciones, obtener los datos, resumirlos e interpretarlos en una memoria escrita	Corrección de la memoria	12	9	21	15%
Exámenes	Todas las de la asignatura	Proponer, vigilar y corregir el examen. Calificar al alumno	Preparar y realizar el examen		3	8,5	11,5	60%

P: Actividades presenciales

NP: Actividades no presenciales (trabajo autónomo)

C: Calificación