



Máster Oficial en Ingeniería Química

DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre:

Análisis y Diseño avanzado de Operaciones de Transferencia

Denominación en inglés:

Analysis and Advanced Design of Transfer Operations

Código:

1140103

Carácter:

Obligatorio

Horas:

| | Totales | Presenciales | No presenciales |
|-------------------|---------|--------------|-----------------|
| Trabajo estimado: | 150 | 60 | 90 |

Créditos:

| Grupos grandes | Grupos reducidos | | | |
|----------------|------------------|-------------|--------------------|---------------------|
| | Aula estándar | Laboratorio | Prácticas de campo | Aula de informática |
| 4.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |

Departamentos:

Ingeniería Química, Química Física y Ciencias de los Materiales

Áreas de Conocimiento:

Ingeniería Química

Curso:

1º - Primero

Cuatrimestre:

Primer cuatrimestre

DATOS DE LOS PROFESORES

Nombre:

*García Morales, Moisés

E-Mail:

moises.garcia@diq.uhu.es

Teléfono:

959218207

Despacho:

Facultad CC.
Experimentales P4-N6-06

*Profesor coordinador de la asignatura

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

1. Descripción de contenidos

1.1. Breve descripción (en castellano):

Separación de mezclas multicomponentes; métodos avanzados de separación de mezclas complejas; operaciones avanzadas de adsorción, extracción, cromatografía e intercambio iónico, humidificación y torres de enfriamiento; separaciones mediante membranas y operaciones híbridas; prácticas de laboratorio a escala piloto.

1.2. Breve descripción (en inglés):

Separation of multicomponent mixtures; advanced methods for separation of complex mixtures; advanced operations of adsorption, extraction, chromatography and ion exchange, humidification and cooling towers; membranes separations and hybrid operations; laboratory work in pilot plants.

2. Situación de la asignatura

2.1. Contexto dentro de la titulación:

Los descriptores de esta asignatura se centran fundamentalmente en el estudio de operaciones avanzadas de transferencia de calor y materia. Así, esta asignatura complementa a las asignaturas "Operaciones Básicas de la Ingeniería Química I y II", que se imparten en el Grado en Ingeniería Química Industrial. Por tanto, deben aplicarse conocimientos y habilidades adquiridos en dichas asignaturas, así como de balances de materia y energía, transmisión de calor y equilibrio entre fases.

2.2. Recomendaciones:

Para asimilar de forma conveniente la asignatura, el alumno debe tener unos conocimientos previos de balances de materia y energía, de los mecanismos de transmisión del calor, saber estimar datos de equilibrio mediante correlaciones termodinámicas y manejar los distintos diagramas de fases, así como tener un conocimiento sólido de cálculo numérico y matricial.

3. Objetivos (Expresados como resultados del aprendizaje):

- Identificar componentes clave en rectificación multicomponente, adquirir conocimiento de cálculo matemático avanzado para resolver problemas complejos, aplicar software especializado para determinar e interpretar perfiles de concentración, temperatura y flujos.
- Conocer técnicas de destilación para la separación de mezclas complejas (azeotrópicas) y sus procedimientos de diseño.
- Entender los fundamentos de operaciones avanzadas de extracción y separación que implican fluidos supercríticos, fenómenos superficiales o intercambio iónico.
- Adquirir conocimiento sobre los principios y el diseño de las operaciones de humidificación y torres de refrigeración, proceso que implica la transferencia simultánea de calor y materia.
- Conocer los fundamentos y el diseño de las operaciones de separación basadas en la transferencia de un soluto a través de una membrana semipermeable, consideradas técnicas complementarias o competitivas con las anteriores.
- Entender cómo se desarrollan industrialmente las operaciones de transferencia de materia a través de experimentación en equipos a escala piloto.
- Diseño de desecares industriales basados en los coeficientes individuales de transferencia de calor y materia

4. Competencias a adquirir por los estudiantes

4.1. Competencias específicas:

- **CEPP1:** Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otras ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas teóricos
- **CEPP2:** Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la organización de otros ya desarrollados, tomando como base tecnológica las diversas áreas de la ingeniería química, comprensivas de procesos y fenómenos de transporte, operaciones de separación e ingeniería de las reacciones químicas, nucleares, electroquímicas y bioquímicas
- **CEPP3:** Conceptualizar modelos de ingeniería, aplicar métodos innovadores en la resolución de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas, para el diseño, simulación, optimización y control de procesos y sistemas
- **CEPP4:** Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos o que tengan especificaciones en competencia, considerando los posibles métodos de solución incluidos los más innovadores, seleccionando el más apropiado y poder corregir la puesta en práctica, evaluando las diferentes soluciones de diseño

4.2. Competencias básicas, generales o transversales:

- **CB6:** Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación
- **CB7:** Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
- **CB10:** Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo
- **CG01:** Capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y economía, para formular y resolver problemas complejos en procesos, equipos, instalaciones y servicios, en los que la materia experimente cambios en su composición, estado o contenido energético, característicos de la industria química y de otros sectores relacionados entre los que se encuentran el farmacéutico, biotecnológico, materiales, energético, alimentario o medioambiental
- **CG02:** Concebir, proyectar, calcular y diseñar procesos, equipos, instalaciones industriales y servicios, en el ámbito de la ingeniería química y sectores industriales relacionados, en términos de calidad, seguridad, economía, uso racional y eficiente de los recursos naturales y conservación del medio ambiente
- **CG05:** Saber establecer modelos matemáticos y desarrollarlos mediante la informática apropiada, como base científica y tecnológica para el diseño de nuevos productos, procesos, sistemas y servicios, y para la optimización de otros ya desarrollados
- **CG10:** Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor
- **CG11:** Poseer las habilidades del aprendizaje autónomo para mantener y mejorar las competencias propias de la ingeniería química que permitan el desarrollo continuo de la profesión
- **CT3:** Capacidades asociadas al trabajo en equipo: cooperación, liderazgo, responsabilidad
- **CT5:** Capacidad de razonamiento crítico y creatividad
- **CT7:** Motivación por la calidad y a la mejora continua
- **CT9:** Capacidad de análisis y de síntesis

5. Actividades Formativas y Metodologías Docentes

5.1. Actividades formativas:

- Sesiones de Teoría sobre los contenidos del Programa.
- Sesiones de Resolución de Problemas.
- Sesiones Prácticas en Laboratorios Especializados o en Aulas de Informática.
- Actividades Académicamente Dirigidas por el Profesorado: seminarios, conferencias, desarrollo de trabajos, debates, tutorías colectivas, actividades de evaluación y autoevaluación.

5.2. Metodologías docentes:

- Clase Magistral Participativa.
- Desarrollo de Prácticas en Laboratorios Especializados o Aulas de Informática en grupos reducidos.
- Resolución de Problemas y Ejercicios Prácticos.
- Tutorías Individuales o Colectivas. Interacción directa profesorado-estudiantes.
- Evaluaciones y Exámenes.

5.3. Desarrollo y justificación:

1. **Sesiones académicas de teoría (MeDo1):** Exposición de los contenidos teóricos de la asignatura. Durante su desarrollo, el profesor puede interactuar constantemente con los estudiantes haciendo preguntas, poniendo ejemplos y proponiendo soluciones, solicitando opiniones, etc., favoreciendo la participación activa y el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.
2. **Sesiones académicas de problemas (MeDo4):** Exposición y realización de ejercicios, problemas tipo y casos prácticos vinculados con los contenidos teóricos. Planteamiento de problemas diversos y, en algunos casos, entrega por parte de los estudiantes de los problemas planteados.
3. **Tutorías individuales o colectivas (MeDo5):** Incluyen el seguimiento individual del estudiante mediante actividades propuestas por el profesorado. Se puede fomentar el aprendizaje cooperativo promoviendo que sean también los propios estudiantes los que resuelvan las dudas planteadas.
4. **Realización de pruebas parciales evaluables (MeDo8):** Para realizar la evaluación de los conocimientos se pueden emplear diversas metodologías de evaluación, como exámenes de respuestas a desarrollar, exámenes de respuestas cortas, ejercicios de autoevaluación, etc.
Estas cuatro primeras metodologías suponen **4,5 créditos ECTS**.
5. **Sesiones prácticas en laboratorio (MeDo2):** Las tareas planteadas ayudarán a desarrollar, a nivel práctico, los conocimientos adquiridos en la teoría. Resolución de ejercicios y supuestos prácticos en el laboratorio de informática mediante la utilización de software específico (Aspen Plus).
Esta última metodología supone **1,5 créditos ECTS**.

6. Temario desarrollado:

BLOQUE I. OPERACIONES GAS-LÍQUIDO

TEMA 1. RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES

1. Introducción. Componentes clave
2. Perfiles en rectificación multicomponente
3. Métodos de cálculo aproximados: método de Fenske-Underwood-Gilliland
4. Métodos de cálculo etapa a etapa: método de Lewis-Matheson
5. Métodos matriciales. Introducción a Aspen Plus

TEMA 2. MÉTODOS AVANZADOS DE RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS COMPLEJAS

1. Introducción.
2. Rectificación mezclas azeotrópicas binarias
 - 2.1. Desplazamiento del azeótropo mediante cambios de presión
 - 2.2. Mezclas con heteroazeótropo
3. Rectificación con adición de un tercer componente
 - 3.1. Azeotrópica
 - 3.2. Extractiva

TEMA 3. HUMIDIFICACIÓN Y TORRES DE ENFRIAMIENTO

1. Introducción. Definiciones
2. Diagrama psicrométrico de la mezcla aire-vapor de agua
3. Temperaturas de bulbo húmedo y de saturación adiabática
4. Diseño de torres de enfriamiento

BLOQUE II. OPERACIONES SÓLIDO-FLUIDO

TEMA 4. ADSORCIÓN, CROMATOGRAFÍA E INTERCAMBIO IÓNICO

1. Introducción
2. Descripción del equilibrio de adsorción
3. Operaciones de adsorción
 - 3.1. Adsorción en etapa simple
 - 3.2. Adsorción en múltiples etapas con corrientes cruzadas
 - 3.3. Adsorción en múltiples etapas en contracorriente
 - 3.4. Contacto diferencial en estado estacionario
4. Cromatografía e intercambio iónico

BLOQUE III. OPERACIONES DE SEPARACIÓN POR MEMBRANA

TEMA 5. INTRODUCCIÓN A LAS SEPARACIONES POR MEMBRANA

1. Introducción
2. Clasificación de las membranas
3. Materiales empleados en la fabricación de membranas
4. Técnicas de preparación de membranas
5. Técnicas de caracterización de membranas

TEMA 6. TRANSPORTE EN MEMBRANAS

1. Introducción
2. Transporte en membranas porosas
 - 2.1. Flujo viscoso
 - 2.2. Flujo Knudsen
3. Transporte en membranas no porosas
4. Transporte en membranas iónicas
5. Polarización y ensuciamiento

TEMA 7. PROCESOS DE MEMBRANA

1. Modelos de flujo
2. Procesos controlados por diferencia de presión
 - 2.1. Micro y Ultrafiltración
 - 2.2. Ósmosis inversa
3. Procesos controlados por diferencia de concentración
 - 3.1. Permeación de gases
 - 3.2. Pervaporación
 - 3.3. Diálisis
4. Procesos controlados por diferencia de potencial eléctrico
 - 4.1. Electrodialisis

7. Bibliografía

7.1. Bibliografía básica:

OPERACIONES DE SEPARACIÓN POR ETAPAS DE EQUILIBRIO EN INGENIERÍA QUÍMICA
 E.J. Henley, J.D. Seader. Reverté, Barcelona, 1988
EQUILIBRIUM-STAGED SEPARATIONS
 P.C. Wankat. Prentice Hall, New Jersey, 1988
OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA (2nd ED.)
 R.E. Treybal. McGraw-Hill, México D.F., 1991
BASIC PRINCIPLES OF MEMBRANE TECHNOLOGY
 M. Mulder. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1996
TRANSPORT PROCESSES AND SEPARATION PROCESS PRINCIPLES (INCLUDES UNIT OPERATIONS)
 C.J. Geankoplis. Prentice Hall, New Jersey, 2003
MEMBRANE TECHNOLOGY AND APPLICATIONS (2nd ED.)
 R.W. Baker. John Wiley & Sons, Chichester, 2004.
SEPARATION PROCESS PRINCIPLES (2nd ED.)
 J.D. Seader, E.J. Henley. John Wiley & Sons, New York, 2006
SEPARATION PROCESS ENGINEERING (2nd ED.)
 P.C. Wankat. Prentice Hall, New Jersey, 2007
MASS TRANSFER AND SEPARATION PROCESSES. PRINCIPLES AND APPLICATIONS (2nd ED.)
 D. Basmadjian. CRC Press, Boca Raton, 2007
PRINCIPLES AND MODERN APPLICATIONS OF MASS TRANSFER OPERATIONS (2nd ED.)
 J. Benítez. Wiley, New Jersey, 2009
MASS TRANSFER OPERATIONS FOR THE PRACTICING ENGINEER
 L. Theodore, F. Ricci. John Wiley & Sons, New Jersey, 2010
MASS TRANSFER CONCEPTS
 K. Asokan. CRC Press, Boca Raton, 2011

7.2. Bibliografía complementaria:

HANDBOOK OF SEPARATION TECHNIQUES FOR CHEMICAL ENGINEERS
 P.A. Schweitzer. McGraw-Hill, New York, 1997
CHEMICAL ENGINEERING, VOL. 2, PARTICLE TECHNOLOGY AND SEPARATION PROCESSES (5th ED.)
 J.F. Richardson, J.H. Harker. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002
PRINCIPLES OF CHEMICAL SEPARATIONS WITH ENVIRONMENTAL APPLICATIONS
 R.D. Noble, P.A. Terry. CUP, Cambridge, 2004
OPERACIONES DE SEPARACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA. MÉTODOS DE CÁLCULO
 P.J. Martínez de la Cuesta, E. Rus Martínez. Prentice Hall, Madrid, 2004
DESIGN AND CONTROL OF DISTILLATION SYSTEMS FOR SEPARATING AZEOTROPES
 W.L. Luyben, I-Lung Chien. New Jersey, Wiley: AIChE, 2010
ASPEN PLUS V8.0. GETTING STARTED BUILDING AND RUNNING A PROCESS MODEL
 Aspen Technology Inc., Burlington, 2012
DISTILLATION DESIGN AND CONTROL USING ASPEN SIMULATION (2nd ED.)
 W.L. Luyben. New Jersey, Wiley, 2013
DISTILLATION: EQUIPMENT AND PROCESSES
 A. Gorak, Z. Olujic. Elsevier, Amsterdam, 2014
USING ASPEN PLUS IN THERMODYNAMICS INSTRUCTION: A STEP-BY-STEP GUIDE
 S.I. Sandler. New Jersey, Wiley: AIChE, 2015

8. Sistemas y criterios de evaluación.

8.1. Sistemas de evaluación:

- Examen de teoría/problemas
- Defensa de Prácticas
- Seguimiento Individual del Estudiante
- Examen de prácticas

8.2. Criterios de evaluación y calificación:

1. **Examen de teoría/problemas.** Se realizará un examen final, que constará de cuestiones teórico-prácticas y de problemas. La calificación del examen representará un 70% de la calificación global de la asignatura.

2. **Seguimiento individual del estudiante y resolución/defensa de las prácticas (AADs)** a realizar en los grupos reducidos de laboratorio de informática. Este apartado representará un 30% de la calificación global de la asignatura. Para realizar las AADs es necesario asistir, al menos, a un 80% de las sesiones de informática.

OBSERVACIONES:

- Para superar la asignatura es necesario obtener una calificación global igual o superior a 5 puntos sobre 10.
- La calificación correspondiente al apartado 2 anterior sólo se tendrá en cuenta si la calificación del examen de teoría/problemas es igual o superior a 4 puntos sobre 10. De no ser así, la calificación final será la del examen de teoría/problemas. No se aplicará la nota de las prácticas si supone una disminución de la calificación final.
- Para aquellos alumnos cuyas circunstancias personales no les permitan la realización de las prácticas, la calificación del examen de teoría/problemas representará el 100% de la calificación global de la asignatura.

NOTAS IMPORTANTES:

- Queda prohibido el uso de dispositivos de telefonía móvil, en las clases, aula de informática y exámenes. Salvo con la autorización del profesor, estos dispositivos deberán permanecer apagados y guardados hasta el fin de la actividad.
- También queda prohibido, salvo con autorización expresa del profesor, comer y beber durante las clases.

9. Organización docente semanal orientativa:

| | Semanas | Grupos Grandes | Grupos Reducidos Aula Estándar | Grupos Reducidos Aula de Informática | Grupos Reducidos Laboratorio | Grupos Reducidos prácticas de campo | Pruebas y/o actividades evaluables | Contenido desarrollado |
|-----|---------|----------------|-----------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------------|--|
| #1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | Tema 1 |
| #2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | Tema 1 |
| #3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | Tema 2 |
| #4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | Tema 2 |
| #5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | Tema 3 |
| #6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | Tema 3 |
| #7 | 3 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | | | Tema 4; introducción a Aspen Plus |
| #8 | 3 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | | | Tema 4; simulación separación multicomponente |
| #9 | 3 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | | | Tema 5; simulación separación multicomponente |
| #10 | 3 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | | | Tema 5; simulación separación azeótropo binario por cambios de presión |
| #11 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | Tema 6 |
| #12 | 3 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | | | Tema 6; simulación separación heteroazeótropo binario |
| #13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | Tema 7 |
| #14 | 3 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | Simulación de procesos avanzados de separación por transferencia de materia; Aspen Plus, por grupos | | Tema 7 |
| #15 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | PRUEBA EVALUABLE | | |
| | 45 | 0 | 15 | 0 | 0 | | | |