

## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

Unidad responsable: 295 - EEBE - Escuela de Ingeniería de Barcelona Este  
Unidad que imparte: 713 - EQ - Departamento de Ingeniería Química  
Curso: 2019  
Titulación: GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA (Plan 2009). (Unidad docente Obligatoria)  
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA (Plan 2009). (Unidad docente Obligatoria)  
Créditos ECTS: 6 Idiomas docencia: Catalán, Castellano, Inglés

### Profesorado

Responsable: ANTONIO ESPUÑA CAMARASA  
Otros: Antonio Espuña Camarasa - Moisès Graells Sobré - Ana Somoza Tormos

### Horario de atención

Horario: A definir, en función de los horarios de clase.

### Capacidades previas

Las propias de las asignaturas planificadas previamente en el plan de estudios, con especial énfasis en las asignaturas indicadas como "requisitos".

### Requisitos

OPERACIONS BÀSIQUES II - Prerequisit  
SIMULACIÓ I OPTIMITZACIÓ DE PROCESSOS QUÍMICS - Prerequisit

### Competencias de la titulación a las cuales contribuye la asignatura

Específicas:

2. Capacidad para el análisis, diseño, simulación y optimización de procesos y productos.

CEQUI-22. Capacidad para diseñar, gestionar y operar procedimientos de simulación, control e instrumentación de procesos químicos.

CEQUI-26. Estudiar la viabilidad del proyecto propuesto.

CEQUI-27. Capacidad para la síntesis de la información y el autoaprendizaje.

12. Conocimientos sobre balances de materia y energía, biotecnología, transferencia de materia, operaciones de separación, ingeniería de la reacción química, diseño de reactores, y valorización y transformación de materias primas y recursos energéticos.

Genéricas:

CG-04. Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

CG-07. Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.

Transversales:

14. APRENDIZAJE AUTÓNOMO - Nivel 3: Aplicar los conocimientos alcanzados en la realización de una tarea en función de la pertinencia y la importancia, decidiendo la manera de llevarla a cabo y el tiempo que es necesario

## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

dedicarlo y seleccionando las fuentes de información más adecuadas.

19. EMPRENDEDURÍA E INNOVACIÓN - Nivel 3: Utilizar conocimientos y habilidades estratégicas para la creación y gestión de proyectos, aplicar soluciones sistémicas a problemas complejos y diseñar y gestionar la innovación en la organización.

22. SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL - Nivel 3: Tener en cuenta las dimensiones social, económica y ambiental al aplicar soluciones y llevar a cabo proyectos coherentes con el desarrollo humano y la sostenibilidad.

25. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN - Nivel 3: Planificar y utilizar la información necesaria para un trabajo académico (por ejemplo, para el trabajo de fin de grado) a partir de una reflexión crítica sobre los recursos de información utilizados.

### Metodologías docentes

La asignatura debe permitir conectar muchas de las competencias básicas previamente adquiridas a lo largo del plan de estudios, así como desarrollar el pensamiento crítico y su formulación a través de elementos cuantitativos, para plantear ciclos de mejora continua en un proceso químico (no se introducen nuevos conceptos). Por ello, la carga docente de la asignatura (6.0 créditos ECTS) se distribuye en tres actividades principales, que globalmente conforman una metodología de trabajo basada en el estudio de casos:

- Clases de pizarra/ordenador (aprox. 10 horas de clase): En estas clases se exponen (recuerdan) los conceptos básicos de ingeniería química (balances, equilibrio, transporte, cinética... pre-requisito="todo"), y se reformulan sobre un número necesariamente limitado de situaciones, para fundamentar las bases de su aplicación conjunta a la toma de decisiones sobre un proceso (optimización del diseño, operación y/o control de un procesos químico), utilizando la sistemática básica de la ingeniería de procesos (siempre la misma), normalmente con la ayuda de herramientas de cálculo asistido por ordenador (simulación y optimización). Se hace un énfasis especial en las similitudes conceptuales entre los diferentes sistemas que se analizan en el curso (cuyo número también es necesariamente limitado), y en las equivalencias en cuanto a forma de abordarlos, a fin de que el estudiante sea capaz de plantear la conveniencia o no de utilizar una determinada aproximación o método de cálculo a cualquiera de los sistemas estudiados, o a cualquier otro sistema no estudiado en este curso.
- Clases de problemas/prácticas y actividades dirigidas: Constituye el núcleo básico de la actividad del curso ("aprendizaje por estudio de casos"): durante el desarrollo del curso se irán proponiendo diversos problemas para resolver tanto en clase (aprox. 20 horas) como fuera de clase (actividades dirigidas y aprendizaje autónomo), dedicados a la aplicación de los conceptos básicos de modelización, cálculo y optimización a algunos procesos específicos. Cuando se entreguen dentro del plazo establecido, estos problemas serán corregidos para permitir una auto-evaluación continuada, y se tendrán en cuenta en la calificación de las competencias relacionadas con el aprendizaje autónomo. Trabajar sobre estos problemas es, en cualquier caso, una buena forma de invertir parte de las 6 horas semanales de trabajo personal que, como media, se espera que se dediquen a la asignatura.
- Ejercicio de continuidad: consistente en el desarrollo de un caso práctico inspirado en una situación real, en el que se deberán aplicar las técnicas y procedimientos desarrollados en la asignatura (síntesis de sistemas de separación, síntesis de sistemas de reacción e integración de procesos) (aprox. 20 horas de clase dedicadas a la supervisión/tutoría).

Trabajo personal: Globalmente, se prevé una dedicación personal de 1.5 horas de trabajo personal por cada hora de clase (sin considerar, lógicamente, el tiempo dedicado a "recordar" conceptos propios de otras asignaturas, ni las eventuales ineficiencias resultado de una mala gestión del "trabajo en equipo").

Nota: Para la resolución de los problemas y el desarrollo del ejercicio de continuidad se promueve la colaboración entre estudiantes (planteamiento del problema, búsqueda de información, etc.: aprendizaje colaborativo). Deberá hacerse un esfuerzo para que el "trabajo en equipo" no acabe planteándose como un "trabajo conjunto", que no suele ser eficiente ni eficaz (p. ej.: varias personas viendo como una de ellas trabaja en un único ordenador).

## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

### Objetivos de aprendizaje de la asignatura

#### Objetivo general:

La asignatura sintetiza el planteamiento general de la Ingeniería Química: Entronca directamente con los principios científicos y técnicos de la Termodinámica y los Fenómenos de Transporte (transferencia de masa, energía y cantidad de movimiento), replanteándolos en las diferentes Operaciones (Mecánica de Fluidos, Transferencia de Calor, Operaciones Básicas e Ingeniería de la Reacción Química) e integrando los modelos resultantes (Simulación y Optimización de Procesos Químicos). Se establecen así las bases necesarias para determinar el funcionamiento global de un sistema (proceso químico), y para abordar eventuales mejoras tanto en su diseño, operación y/o control.

#### Objetivos específicos:

Se pretende que al finalizar la asignatura el estudiante:

- \* Comprenda globalmente los principios físicos, químicos y termodinámicos en que se basan los procesos químicos, y por tanto sea capaz de plantear un modelo adecuado a un proceso cualquiera, y no solamente en casos correspondientes al temario de la asignatura.
- \* Disponga de los métodos y conocimientos necesarios para analizar, calcular y eventualmente mejorar el funcionamiento de un proceso químico, y sea capaz de aplicarlos.
- \* Sepa adaptar dicho cálculo a los diferentes niveles de rapidez de respuesta y precisión que se le pueden exigir a un Ingeniero Químico.
- \* Sea capaz de utilizar herramientas de cálculo por ordenador para realizar los cálculos necesarios, y entienda las ventajas e inconvenientes de su utilización.

### Horas totales de dedicación del estudiantado

|                        |                              |     |        |
|------------------------|------------------------------|-----|--------|
| Dedicación total: 150h | Horas grupo grande:          | 30h | 20.00% |
|                        | Horas grupo mediano:         | 0h  | 0.00%  |
|                        | Horas grupo pequeño:         | 30h | 20.00% |
|                        | Horas actividades dirigidas: | 0h  | 0.00%  |
|                        | Horas aprendizaje autónomo:  | 90h | 60.00% |

## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

### Contenidos

|   |   |
|---|---|
| <p>Introducción</p>   | <p>Dedicación: 12h</p> <p>Grupo grande/Teoría: 3h<br/>Grupo pequeño/Laboratorio: 3h<br/>Actividades dirigidas: 6h</p> |
| <p>Descripción:<br/>Introducción a la asignatura.<br/>Objetivos y herramientas de la "Ingeniería de Procesos". Ejemplos.</p> <p>Actividades vinculadas:<br/>Resolución de un ejercicio específico no evaluable (simulación y optimización de un sistema propio de nuestra actividad diaria).</p> <p>Objetivos específicos:<br/>Identificación de la sistemática que propone la Ingeniería de Procesos Químicos.<br/>Puesta en práctica de esta sistemática en ejemplos cotidianos</p>   |   |
| <p>Herramientas de cálculo (Simulación y optimización)</p>  | <p>Dedicación: 16h</p> <p>Grupo grande/Teoría: 1h<br/>Grupo pequeño/Laboratorio: 7h<br/>Actividades dirigidas: 8h</p> |
| <p>Descripción:<br/>Repaso de las herramientas básicas: Sistemas de simulación y optimización<br/>Introducción a las herramientas concretas que se van a utilizar durante el curso.</p> <p>Actividades vinculadas:<br/>Resolución de un ejercicio específico no evaluable (simulación de un sistema de proceso).<br/>Resolución de un ejercicio específico no evaluable (optimización del sistema anterior).</p> <p>Objetivos específicos:<br/>Repaso de las herramientas básicas, ya introducidas en asignaturas anteriores:<br/>Sistemas de simulación específicos de la Ingeniería Química.<br/>Otros sistemas de cálculo.<br/>Principios de los sistemas de Optimización.<br/>Sistemas de optimización específicos.</p> |   |

## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

|  |   |
|--|---|
| <p>Síntesis de Procesos</p>  | <p>Dedicación: 12h<br/>Grupo grande/Teoría: 4h<br/>Aprendizaje autónomo: 8h</p> |
| <p>Descripción:<br/>Desarrollo y aplicación de métodos sistemáticos de "síntesis de procesos" (generación de estructuras alternativas técnicamente factibles, que satisfagan objetivos previamente establecidos).</p> <p>Actividades vinculadas:<br/>Resolución de un ejercicio específico no evaluable.<br/>Aplicación de las metodologías planteadas al "ejercicio de continuidad".</p> <p>Objetivos específicos:<br/>Sistemas Jerárquicos. Procedimientos de descomposición.<br/>Uso de herramientas de optimización matemática a la síntesis de procesos<br/>Integración de sistemas heurísticos en estrategias de optimización matemática</p> |   |
| <p>Análisis de Procesos</p>  | <p>Dedicación: 8h<br/>Grupo grande/Teoría: 4h<br/>Aprendizaje autónomo: 4h</p>  |
| <p>Descripción:<br/>Introducción al uso de herramientas sistemáticas y cuantitativas para analizar la eficacia y/o eficiencia de un determinado sistema.</p> <p>Actividades vinculadas:<br/>Resolución de un ejercicio específico.<br/>Aplicación de las metodologías planteadas al "ejercicio de continuidad".</p> <p>Objetivos específicos:<br/>Análisis Económico<br/>Análisis Termodinámico</p>  |   |

## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

|   |  |
|---|--|
| <p>Ingeniería de Producto</p>   | <p>Dedicación: 12h<br/>Grupo grande/Teoría: 4h<br/>Aprendizaje autónomo: 8h</p>                                    |
| <p>Descripción:<br/>A diferencia de otros campos de la Ingeniería, la Ingeniería Química "tradicional" plantea el diseño y la utilización de equipos para la elaboración de un producto "ya existente" en la naturaleza (no creado/diseñado para cumplir una función específica).</p> <p>En este tema se abordará la extensión de las metodologías de síntesis y análisis de procesos para a su aplicación a los productos propiamente dichos, como primer paso hacia la síntesis sistemática de nuevos productos.</p> <p>Actividades vinculadas:<br/>Resolución de un ejercicio específico práctico.</p> <p>Objetivos específicos:<br/>Extensión de las metodologías de síntesis y análisis de procesos para a su aplicación a los productos propiamente dichos.</p>   |  |
| <p>Síntesis y optimización de sistemas de separación</p>  | <p>Dedicación: 12h<br/>Grupo grande/Teoría: 1h<br/>Grupo pequeño/Laboratorio: 3h<br/>Actividades dirigidas: 8h</p> |
| <p>Descripción:<br/>Después de haber cursado las asignaturas específicas de operaciones básicas / operaciones de separación, en este punto se plantearán las metodologías que permiten integrar de forma eficaz y eficiente los "sistemas de separación" en un "proceso", extendiendo por un lado los conceptos, necesidades y objetivos de "separación" al resto de operaciones del proceso (incluyendo otras operaciones de separación), y los planteamientos de toma de decisiones utilizados en el resto de temas de la asignatura a la operativa asociada a los sistemas de separación.</p> <p>Actividades vinculadas:<br/>Resolución de un ejercicio específico: simulación y optimización de un sistema, atendiendo a los grados de libertad asociados a los sistemas de separación presentes.</p> <p>Objetivos específicos:<br/>Ser capaz de identificar adecuadamente los grados de libertad de un sistema que incluye operaciones de separación.<br/>Plantear y resolver adecuadamente problemas de ingeniería de proceso que incluyan operaciones de separación.</p> |  |

## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

|  |   |
|--|---|
| <p>Síntesis y optimización de sistemas de reacción</p>   | <p>Dedicación: 6h<br/>Grupo grande/Teoría: 1h<br/>Grupo pequeño/Laboratorio: 1h<br/>Actividades dirigidas: 4h</p> |
| <p><b>Descripción:</b><br/>Después de haber cursado las asignaturas específicas relacionadas con la ingeniería de la reacción química, en este punto se plantearán las metodologías que permiten integrar de forma eficaz y eficiente los "sistemas de reacción" en un "proceso", extendiendo por un lado los conceptos, necesidades y objetivos de "reacción" al resto de operaciones del proceso (incluyendo otras operaciones de reacción), y los planteamientos de toma de decisiones utilizados en el resto de temas de la asignatura a la operativa asociada a los sistemas de reacción.</p> <p><b>Actividades vinculadas:</b><br/>Resolución de un ejercicio específico: simulación y optimización de un sistema de reacción complejo, atendiendo a los grados de libertad asociados a los sistemas de reacción presentes.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b><br/>Ser capaz de identificar adecuadamente los grados de libertad de un sistema que incluye operaciones de reacción.<br/>Plantear y resolver adecuadamente problemas de ingeniería de proceso que incluyan operaciones de reacción.</p> |   |

## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

|   |   |
|---|---|
| <p>Síntesis y optimización de sistemas de control</p>   | <p>Dedicación: 4h<br/>Grupo grande/Teoría: 1h<br/>Grupo pequeño/Laboratorio: 1h<br/>Actividades dirigidas: 2h</p> |
| <p><b>Descripción:</b><br/>Como es sabido, un sistema de control consiste en un conjunto de actividades encaminadas a administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Estas actividades se suelen implementar con la ayuda de sistemas específicos que permiten implementar estas actividades y ejecutarlas automáticamente.</p> <p>Después de haber cursado una asignatura específica sobre sistemas de control, en este punto se plantearán las metodologías que permiten integrar de forma eficaz y eficiente los "sistemas de control" en un "proceso", extendiendo por un lado los conceptos de "control de procesos" al resto de la jerarquía de toma de decisiones, y los planteamientos de toma de decisiones utilizados en el resto de temas de la asignatura a la operativa necesaria para la actuación directa sobre el proceso.</p> <p><b>Actividades vinculadas:</b><br/>Resolución de un ejercicio específico: simulación y optimización de un sistema de control de un reactor, atendiendo a los grados de libertad asociados a los sistemas de control.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b><br/>Profundizar en las diferencias entre los diferentes esquemas que puede adoptar un "sistema de control" (lazo abierto, lazo cerrado, control avanzado,...)</p> <p>Extender el concepto de "sistema de control" a actividades de gestión operativa, táctica y estratégica.</p> <p>Ser capaz de identificar adecuadamente los grados de libertad asociados a un sistema de control</p> <p>Plantear y resolver adecuadamente problemas de ingeniería de proceso que incluyan operaciones de separación.</p> <p>Integrar los objetivos operacionales en la lógica de los sistemas de control.</p> |   |



## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

|   |   |
|---|---|
| <p>Visión global: Integración de Procesos</p>   | <p>Dedicación: 23h<br/>Grupo grande/Teoría: 3h<br/>Grupo pequeño/Laboratorio: 6h<br/>Actividades dirigidas: 14h</p> |
| <p>Descripción:<br/>Finalmente, se plantearán las metodologías que permiten obtener una visión (y un análisis) global del funcionamiento de un "proceso", más allá de los conceptos, necesidades y objetivos de cada uno de sus componentes específicos.</p> <p>Actividades vinculadas:<br/>Resolución de un ejercicio específico: Integración energética y/o de los consumos de agua en un sistema de proceso.</p> <p>Objetivos específicos:<br/>Métodos y técnicas de Integración Energética<br/>Métodos y técnicas de Integración del consumo de agua y otros servicios comunes</p>  |   |
| <p>Desarrollo de un caso de Ingeniería de Proceso</p>   | <p>Dedicación: 45h<br/>Grupo pequeño/Laboratorio: 15h<br/>Actividades dirigidas: 30h</p>                            |
| <p>Descripción:<br/>Trabajo en equipo en el que, en base a una situación inicial de un determinado proceso (diferente para cada equipo), se deberá:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Describir dicha situación inicial</li> <li>* Identificar las magnitudes que permitan evaluar cuantitativamente su funcionamiento</li> <li>* Identificar "grados de libertad" básicos de los que depende dicho funcionamiento</li> <li>* Elaborar un modelo del sistema que reproduzca la situación anterior</li> <li>* Plantear y evaluar eventuales mejoras sobre la situación inicial del sistema escogido, con especial énfasis en la evaluación de alternativas estructurales, de acuerdo con lo desarrollado en los temas anteriores (síntesis de sistemas de separación, síntesis de sistemas de reacción, integración de procesos)</li> </ul> <p>Actividades vinculadas:<br/>Ver los detalles en la actividad homónima</p> <p>Objetivos específicos:<br/>Poner en práctica de forma integrada los conocimientos, metodologías y competencias adquiridos en la asignatura (y otros muchos adquiridos previamente).</p> |   |

## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

### Sistema de calificación

$$N_{\text{final}} = 0.30 \max(N_{\text{pp}}; N_{\text{ef1}}) + 0.30 * N_{\text{ef2}} + 0.30 * N_{\text{tr}} + 0.1 * N_{\text{cg}}$$

Donde:

$N_{\text{pp}}$  es la nota de la prueba parcial (semana 8 aprox.)

$N_{\text{ef1}}$  es la nota del examen final correspondiente a la primera parte de la asignatura (objeto de la prueba parcial)

$N_{\text{ef2}}$  es la nota del examen final correspondiente a la segunda parte de la asignatura

$N_{\text{tr}}$  es la nota de evaluación del trabajo de continuidad:  $N_{\text{tr}} = (0.20 * N_{\text{mem}} + 0.05 * N_{\text{exp}} + 0.05 * N_{\text{val}}) / 0.3$

$N_{\text{cg}}$  es la nota de evaluación de la competencia genérica a evaluar (aprendizaje autónomo de nivel 3)

$N_{\text{mem}}$  es la nota de la memoria del trabajo de continuidad

$N_{\text{exp}}$  es la nota de la exposición del trabajo de continuidad

$N_{\text{val}}$  es la nota de la valoración de los trabajos de continuidad

**REVALUACIÓN.** La nota de la reevaluación sustituye la nota del examen final y a la del examen parcial, en las condiciones que establece la Normativa de Evaluación y Permanencia de la EEBE

(<https://eebe.upc.edu/ca/estudis/normatives-academiques/documents/eebe-normativa-avaluacio-i-permanencia-18-19-aprovat-je-2018-06-13.pdf>)

Podrán acceder a la prueba de reevaluación aquellos estudiantes que cumplan los requisitos fijados por la EEBE en la mencionada Normativa de Evaluación y Permanencia.

### Normas de realización de las actividades

Se realizarán una prueba parcial ( $N_{\text{pp}}$ , orientativamente durante la semana 8) y un examen final ( $N_{\text{ef}}$ , en la fecha determinada por "gestión académica", dividido en dos partes). En todos los casos, las pruebas/exámenes consistirán en varios problemas basados en los ejercicios propuestos durante el curso, de elevada carga teórica, pensados para evaluar si el estudiante ha comprendido adecuadamente los conceptos básicos de la asignatura. Se pretende determinar si el estudiante es capaz de "identificar", "entender", "describir", "prever" y "mejorar" el comportamiento de un determinado sistema, aplicando las sistemáticas explicadas en clase. En todas las pruebas los estudiantes podrán utilizar cualquier información propia (libros, apuntes, calculadora, ordenador propio, etc.) que deseen, con la lógica excepción de aquellos sistemas susceptibles de ser utilizados como medio de comunicación con otros estudiantes o con el exterior.

Adicionalmente, durante el curso los alumnos desarrollarán un "ejercicio de continuidad", cuya calificación tendrá un peso del 30% de la nota final, en base a tres calificaciones:

\* Calificación de la "Memoria" descriptiva del trabajo y código del sistema generado (20%). Se valorarán principalmente la discusión de las hipótesis realizadas (se deberá JUSTIFICAR que son adecuadas a la dificultad del problema, para poder resolverlo con la dedicación prevista) y la discusión / análisis de resultados (FUNDAMENTAL!).

\* Presentación del trabajo (5%). Se valorará esencialmente que, a partir de la presentación, un compañero pueda valorar los aspectos indicados en el punto anterior. Es por tanto imprescindible dar información que permita valorar la dificultad del problema, y que justifique la validez de las hipótesis y del procedimiento de resolución, y la coherencia de los resultados.

\* Valoración razonada de los trabajos realizados, incluyendo el propio (5%). A partir de cada presentación, cada estudiante deberá valorar razonadamente el trabajo (la valoración debe ser "del trabajo" y no "de la Presentación", aunque se tendrá en cuenta que, excepto en el trabajo propio, la información disponible ha sido únicamente la de la presentación).

Este "ejercicio de continuidad", además de formar parte de la calificación final en sí mismo, será uno de los elementos fundamentales para la valoración de las competencias relacionadas con el aprendizaje autónomo (junto con las entregas de los problemas planteados).

## 820523 - EPQ - Ingeniería de Procesos Químicos

### Bibliografía

#### Básica:

Seider, Warren D. Product and process design principles : synthesis, analysis, and evaluation. 3rd ed., international student version. Hoboken: John Wiley & Sons, cop. 2010. ISBN 9780470414415.

Biegler, Lorenz T.; Grossmann, Ignacio E.; Westerberg, Arthur W. Systematic methods of chemical process design. Upper Saddle River (New Jersey): Prentice Hall PTR, cop. 1997. ISBN 0134924223.

Smith, Robin. Chemical process design and integration. Chichester, UK: John Wiley & Sons, cop. 2005. ISBN 0471486817.

Douglas, James M. Conceptual design of chemical processes. New York [etc.]: McGraw-Hill, cop. 1988. ISBN 0070177627.

Ulrich, Gael D. A Guide to chemical engineering process design and economics. New York [etc.]: Wiley, cop. 1984. ISBN 0471082677.

Edgar, Thomas F.; Himmelblau, David Mautner; Lasdon, Leon S. Optimization of chemical processes. 2nd ed. Boston [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2001. ISBN 0070393591.

#### Complementaria:

CAPE : computer aided process and product engineering. Weinheim: Wiley-VCH, cop. 2006. ISBN 9783527308040.

#### Otros recursos:

Copias de las transparencias utilizadas en clase y otros materiales distribuidos a través de la intranet docente