



# Guía Docente:

## INGENIERÍA DE LA REACCIÓN QUÍMICA

---



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**CURSO 2014-2015**

**I.- IDENTIFICACIÓN**

<b>NOMBRE DE LA ASIGNATURA:</b>	<b>Ingeniería de la Reacción Química</b>
<b>NÚMERO DE CRÉDITOS:</b>	<b>12</b>
<b>CARÁCTER:</b>	<b>Obligatoria</b>
<b>MATERIA:</b>	<b>Ingeniería de la Producción Química</b>
<b>MÓDULO:</b>	<b>Tecnología Química</b>
<b>TITULACIÓN:</b>	<b>Grado en Ingeniería Química</b>
<b>SEMESTRE/CUATRIMESTRE:</b>	<b>Anual (tercer curso)</b>
<b>DEPARTAMENTO/S:</b>	<b>Ingeniería Química</b>

**PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:**

<b>Grupo A</b>	
<b>Teoría Seminario Tutoría</b>	<b>Profesora:</b> AURORA SANTOS LÓPEZ <b>Departamento:</b> Ingeniería Química <b>Despacho:</b> QA B57 <b>e-mail:</b> <a href="mailto:aurasan@quim.ucm.es">aurasan@quim.ucm.es</a>
<b>Teoría Seminario Tutoría Prácticas</b>	<b>Profesor:</b> SERGIO RODRÍGUEZ VEGA <b>Departamento:</b> Ingeniería Química <b>Despacho:</b> QA B60 <b>e-mail:</b> <a href="mailto:srvega@quim.ucm.es">srvega@quim.ucm.es</a>
<b>Prácticas</b>	<b>Profesor:</b> JOSE MANUEL TOLEDO GABRIEL <b>Departamento:</b> Ingeniería Química <b>Despacho:</b> QA-B58 <b>e-mail:</b> <a href="mailto:jmtoledo@quim.ucm.es">jmtoledo@quim.ucm.es</a>
	<b>Profesora:</b> MERCEDES MARTÍNEZ RODRÍGUEZ <b>Departamento:</b> Ingeniería Química <b>Despacho:</b> QA B71 <b>e-mail:</b> <a href="mailto:mmr1@quim.ucm.es">mmr1@quim.ucm.es</a>
	<b>Profesor:</b> ABDERRAHIM BOUAID <b>Departamento:</b> Ingeniería Química <b>Despacho:</b> QA B53 <b>e-mail:</b> <a href="mailto:babderra@quim.ucm.es">babderra@quim.ucm.es</a>

**II.- OBJETIVOS****■ OBJETIVO GENERAL**

Introducir al alumno en la Ingeniería de la Reacción Química con el fin de que adquiriera un conocimiento claro de la metodología empleada en el diseño de los reactores químicos y pueda aplicarla a diferentes situaciones que se presentan en la industria química y en instalaciones destinadas a la transformación de sustancias contaminantes. Conseguir que logre destreza en la identificación y descripción



cuantitativa de los fenómenos que determinan el comportamiento de los reactores químicos, en la formulación de modelos cinéticos de reacciones y de reactores, en la obtención e interpretación de datos cinéticos, en la simulación numérica de diferentes tipos de reactores y, finalmente, que disponga de criterios claros para seleccionar reactores y condiciones de operación apropiadas para llevar a cabo procesos de fabricación o de transformación en instalaciones industriales.

## ■ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular modelos cinéticos para reacciones homogéneas y heterogéneas.
- Obtener e interpretar información cinética de reacciones simples y múltiples.
- Conocer la formulación, preparación y caracterización de catalizadores empleados en procesos catalíticos industriales.
- Analizar la influencia de las etapas físicas en las reacciones polifásicas.
- Valorar el efecto de las principales variables (temperatura, composición, área interfacial, tamaño partículas, etc.) en la velocidad de reacción observada.
- Conocer y clasificar los diversos tipos de reactores químicos atendiendo a criterios de circulación y número de fases.
- Ser capaz de modelar el comportamiento de los diversos tipos de reactores químicos en función de las variables de entrada, condiciones hidrodinámicas del proceso y sistema de intercambio de calor.
- Seleccionar la configuración de reactor más conveniente para llevar a cabo un determinado proceso químico, en función de sus características específicas.
- Analizar la estabilidad de los diversos reactores químicos.

## III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

### ■ CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Termodinámica Aplicada. Bases de la Ingeniería. Matemáticas. Física. Cálculo Numérico.

### ■ RECOMENDACIONES:

Es conveniente tener conocimientos de software de cálculo científico.

## IV.- CONTENIDOS

### ■ BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Cinética de reacciones químicas. Métodos de análisis de datos cinéticos. Catálisis. Tipos de reactores químicos. Modos de operación del reactor en la industria química. Ecuaciones básicas de diseño del reactor. Reactores reales. Experimentación para la determinación de ecuaciones cinéticas. Experimentación con reactores químicos.

### ■ PROGRAMA:

1. Concepto de la Ingeniería de la Reacción Química. Fundamentos científicos. Análisis y modelado de los reactores químicos.
2. Reactores químicos. Reactores más frecuentes en la industria. Reactores ideales.



3. Balances de materia en reactores ideales homogéneos. Reactor discontinuo, reactor continuo de mezcla completa y reactor continuo tubular de flujo pistón.
4. Cinética Química Aplicada. Modelos mecanísticos y empíricos. Obtención e interpretación de datos cinéticos. Discriminación de modelos y estimación de parámetros.
5. Efectos térmicos en reactores químicos ideales.
6. Rendimiento en reacciones múltiples homogéneas. Reacciones en paralelo, serie, serie-paralelo. Flujo No Ideal.
7. Reactores heterogéneos. Tipos y aplicaciones.
8. Reactores de Lecho Fijo. Catálisis heterogénea. Fenomenología y extrapolación de datos de laboratorio a reactores reales.
9. Reactores de Lecho Fluidizado. Fenomenología y extrapolación de datos de laboratorio a reactores reales.
10. Reactores Gas-Sólido no catalíticos. Fenomenología y extrapolación de datos de laboratorio a reactores reales.
11. Reactores Fluido-Fluido no miscibles. Fenomenología y extrapolación de datos de laboratorio a reactores reales.

## V.- COMPETENCIAS

### ■ GENÉRICAS:

- **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:** Aplicar conceptos de biotecnología, transferencia de materia, operaciones de separación, ingeniería de la reacción química. Diseñar reactores, y evaluar la transformación de materias primas y recursos energéticos.
- **CG5-TQ1:** Analizar, diseñar, simular y optimizar procesos y productos.

### ■ ESPECÍFICAS:

- **CE20-IP4:** Reconocer los fundamentos de las operaciones básicas y de la ingeniería de la reacción química.
- **CE20-IP5:** Realizar cálculos sencillos de operaciones básicas, cinética química y diseño de reactores ideales.
- **CE20-IP6:** Calcular los parámetros básicos de diseño de reactores.
- **CE20-IP7:** Analizar el comportamiento de reactores químicos.
- **CE22-IP1:** Aplicar los métodos que permiten formular los modelos cinéticos y calcular los parámetros cinéticos.



■ **TRANSVERSALES:**

- **CT1-TQ1:** Desarrollar capacidad de análisis y síntesis.
- **CT2-TQ1:** Resolver problemas en el área de la Tecnología Química.
- **CT4-TQ1:** Comunicarse en español utilizando los medios audiovisuales habituales.
- **CT5-TQ1:** Consultar, utilizar y analizar fuentes bibliográficas en el área de la Tecnología Química.
- **CT5-TQ2:** Consultar, utilizar y analizar bases de datos especializadas y de recursos accesibles a través de Internet.
- **CT6-TQ1:** Utilizar herramientas y programas informáticos para calcular, simular y aproximar.
- **CT8-TQ1:** Demostrar capacidad para el razonamiento crítico y autocrítico.
- **CT11-TQ1:** Aprender de forma autónoma.
- **CT12-TQ1:** Desarrollar sensibilidad hacia la repercusión social y medioambiental de las soluciones ingenieriles.

**VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD**

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	60	90	6
Seminarios	23	34,5	2,3
Tutorías/Trabajos dirigidos	6	9	0,6
Laboratorios	30	22,5	2,1
Preparación de trabajos y exámenes	7	18	1
<b>Total</b>	<b>126</b>	<b>174</b>	<b>12</b>

**VII.- METODOLOGÍA**

Los contenidos de la asignatura se presentan a los alumnos en clases presenciales, divididas en dos tipos:

- Las denominadas **clases presenciales de teoría** se impartirán al grupo completo, y en ellas se dará a conocer al alumno el contenido de la asignatura. Al comienzo de cada tema se expondrá claramente el contenido y objetivos principales de dicho tema. Al final del tema se hará un breve resumen de los contenidos más relevantes y se plantearán nuevos objetivos que permitirán interrelacionar contenidos ya estudiados.



**Durante la exposición de contenidos se propondrán cuestiones que ejemplifiquen los conceptos desarrollados o que sirvan de introducción a nuevos contenidos.** Para facilitar la labor de seguimiento por parte del alumno de las clases presenciales se le proporcionará **la parte que se estime necesaria del material docente utilizado por el profesor**, bien en fotocopia o en el Campus Virtual. **La exposición de cada uno de los temas se hará haciendo uso de la pizarra y de software de presentaciones, simulación, cálculo numérico, etc.**

- Las **clases presenciales de problemas**. Periódicamente se suministrará al alumno una relación de problemas/ejercicios. Algunos de estos ejercicios serán resueltos en clase por el profesor y otros se propondrán al alumno para ser resueltos como trabajo personal. Estos últimos se entregarán al profesor. Posteriormente se discutirán los resultados de estos problemas, en grupos reducidos.
- Las **clases presenciales de laboratorio**. A lo largo del curso se realizarán tres prácticas de laboratorio, con asistencia obligatoria. En ellas, el alumno -trabajando en grupos de reducido tamaño- obtendrá datos en un sistema experimental y aplicará los conceptos, habilidades y destrezas adquiridos en las clases de teoría y problemas para su análisis e interpretación. El alumno elaborará de forma individual un guión de la práctica, donde presentará el objeto de la práctica, la experimentación realizada, los resultados experimentales obtenidos y la discusión razonada de éstos que le permita elaborar las conclusiones alcanzadas. Se calificará tanto el trabajo realizado en el laboratorio como el guión individual presentado.
- En las **actividades dirigidas** los alumnos deberán **realizar** algún trabajo a lo largo del curso, sobre temas propios de la asignatura, que se evaluarán como actividades de trabajo autónomo o no presencial. El objetivo general de estos trabajos es que los alumnos aprendan a realizar búsquedas bibliográficas para obtener la información necesaria para resolver un problema abierto y orientado hacia la realidad industrial, a analizarla, valorarla y aplicarla. Los trabajos propuestos a cada alumno incluyen, además del trabajo bibliográfico, métodos de cálculo, interpretación de resultados y elaboración del correspondiente informe. **Sería conveniente, si el número de alumnos lo permite, que el alumno presente su trabajo en clase una vez finalizado, respondiendo además a las cuestiones que planteen el profesor y los compañeros.**
- Las **tutorías** se programarán de forma individualizada o con grupos reducidos. En ellas se resolverán las dudas planteadas por los alumnos y se discutirán los problemas y las cuestiones aportadas por el profesor relacionadas con el temario de la asignatura, así como casos prácticos concretos.
- Se utilizará el **Campus Virtual** para permitir una comunicación fluida entre profesores y alumnos y como instrumento para poner a disposición de los alumnos el material que se considere necesario del utilizado en las clases tanto teóricas como de problemas. También podrá utilizarse como foro en el que se presenten algunos temas complementarios cuyo contenido, aunque importante en el conjunto de la materia, no se considere oportuno presentarlo en las clases presencial.



## VIII.- BIBLIOGRAFÍA

### ■ BÁSICA:

- Levenspiel, O.: "*Ingeniería de las Reacciones Químicas*", 2ª Ed. Reverté. 1981; 3ª Ed., John Wiley, 1999.
- Fogler, H.S.: "*Elements of Chemical Reaction Engineering*", 3ª Ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1999.
- Froment, F.F. y Bischoff, K.B.: "*Chemical Reactor Analysis and Design*". 1ª Ed., John Wiley, 1979. 2ª Ed., 1990.
- Smith, J.M.: "*Ingeniería de la Cinética Química*", CECSA, 1981.
- Metcalfe, I.S.: "*Chemical Reaction Engineering. A first Course*", Oxford Science Publications, 1999.

### ■ COMPLEMENTARIA:

- González Velasco, J.R.; González Marcos, M.A.; González Marcos, M.P., Gutiérrez Ortiz, J.I. y Gutiérrez Ortiz, M.A.: "*Cinética Química Aplicada*", Ed. Síntesis, Madrid, 1999.
- Santamaría, J., Erguido, J., Menéndez, M.A. y Monzón, A.: "*Ingeniería de Reactores*", Ed. Síntesis. Madrid, 1999.
- Villermaux, J.: "*Genie de la reaction chimique. Conception et fonctienement des reacteurs*", Lavoisier, 1982.
- Missen, R.W, Mins, C.A. y Saville, B.A.: "*Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics*", Wiley, 1999.
- Westertep, K.R., van Swaaij, W.P.M. y Beenackers, A.A.C.C.: "*Chemical Reactor Design and Operation*", Wiley, 2ª Ed., 1984.

## IX.- EVALUACIÓN

El rendimiento académico del alumno y la calificación final de la asignatura se computarán de forma ponderada atendiendo a los siguientes porcentajes, que se mantendrán en **todas las convocatorias**:

### ■ EXÁMENES ESCRITOS:

**70 %**

Se realizarán dos exámenes parciales, uno al final del primer semestre y otro al final del curso, correspondientes al temario de la asignatura. La calificación de estos exámenes contribuirá en un 70 % a la nota global. Los alumnos cuya media de los exámenes parciales sea igual o superior a 4 sobre 10 y que hayan obtenido una calificación igual o superior a 5 sobre 10 en la nota global (teniendo en cuenta la calificación del trabajo personal) no están obligados a presentarse al examen final.

El examen final de toda la asignatura contribuirá en un 70% a la nota final. Será necesario obtener una puntuación mínima de 5,0 puntos sobre 10,0 en el examen final para acceder a la calificación global de la asignatura. Este último criterio se mantendrá para la convocatoria extraordinaria.



■ **TRABAJO PERSONAL:** **30 %**

La evaluación del trabajo de aprendizaje individual realizado por el alumno se realizará teniendo en cuenta los factores:

- Destreza del alumno en la resolución de los problemas y ejercicios propuestos, que se recogerán periódicamente en las clases presenciales.
- Valoración del trabajo en las clases presenciales de problemas y en tutorías.
- Valoración del trabajo realizado en las prácticas de laboratorio (asistencia obligatoria).

■ **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) y haber asistido a las clases de laboratorio.





**PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA**

El programa se desarrollará con el siguiente esquema (los temas están ordenados cronológicamente):

TEMA	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS
<b>1. Concepto de Ingeniería de la Reacción Química</b>	Clases Teoría	1	1
<b>2. Reactores químicos</b>	Clases Teoría	4	1
<b>3. Balances de materia en reactores ideales homogéneos</b>	Clases Teoría	6	1
	Clases Seminarios	4	
<b>4. Cinética Química Aplicada</b>	Clases Teoría	10	1
	Clases Seminarios	4	
	Tutoría programada	1	
	Laboratorio	6	
<b>5. Efectos térmicos en Reactores Químicos Ideales.</b>	Clases Teoría	9	1
	Clases Seminarios	3	
	Tutoría programada	1	
<b>6. Rendimiento en reacciones múltiples homogéneas Flujo No ideal</b>	Clases Teoría	8	1
	Clases Seminarios	4	
	Tutoría programada	1	
	Laboratorio	6	
<b>7. Reactores heterogéneos. Catálisis heterogénea</b>	Clases Teoría	5	1
	Laboratorio	12	
<b>8. Reactores de lecho fijo</b>	Clases Teoría	6	1
	Clases Seminarios	4	
	Tutoría programada	1	
	Laboratorio	15	
<b>9. Reactores de lecho fluidizado</b>	Clases Teoría	2	1
	Clases Seminarios	2	1
	Tutoría programada	1	
<b>10. Reactores gas-sólido</b>	Clases Teoría	4	1
	Clases Seminarios	1	1
<b>11. Reactores fluido-fluido no miscibles</b>	Clases Teoría	5	1
	Clases Seminarios	1	1
	Tutoría programada	1	

Las clases de laboratorios y tutorías se harán en grupos reducidos.