



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**53001360 - Catálisis Y Reactores Heterogéneos**

### PLAN DE ESTUDIOS

05BC - Master Universitario En Ingeniería Química

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	53001360 - Catálisis y Reactores Heterogéneos
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05BC - Master Universitario en Ingeniería Química
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Aikaterini Foteinopoulou	Materiales	k.foteinopoulou@upm.es	L - 09:30 - 10:30
Nikolaos Karagiannis (Coordinador/a)	Materiales	n.karayiannis@upm.es	M - 11:00 - 13:00

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Herranz Feito, Miguel	miguel.herranzf@upm.es	Karagiannis, Nikolaos

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Reactores Químicos

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Reactores Químicos
- Ecuaciones Diferenciales
- Termodinámica
- Fenómenos de Transporte
- Procesos Químicos
- Química Física
- Balance de masa y energía

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE1 - 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 técnicos.

CE2 - Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la optimización 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.

CG1 - 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.

CG4 - Realizar la investigación apropiada, emprender el diseño y dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería, en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, originalidad, innovación y transferencia de tecnología

CG5 - 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

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA67 - Ser capaz de realizar la integración energética de un proceso químico

RA43 - Predicción y análisis del comportamiento de reactores químicos

RA120 - Conocer el contexto multidisciplinar de la asignatura.

RA42 - Realizar tareas de selección y diseño de reactores químicos

RA44 - Determinar parámetros cinéticos y leyes de velocidad

RA16 - Conocimiento de los principios de Catálisis y resolver problemas relativos contemporáneos de industria

RA15 - Conocimiento de diseñar y realizar experimentos en el campo de Ingeniería Química y analizar los datos correspondientes

RA13 - Capacidad de trabajo con literatura científica en inglés

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Para el año 2020-21 la asignatura de Catálisis probablemente se impartirá de manera 100% presencial si la situación de pandemia lo permite.

Con este modo no sería necesario cambiar la organización de las tareas en clase que necesitan interacción entre los alumnos y el profesorado.

La asignatura se imparte en inglés.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Basic Concepts
  - 1.1. Basic definitions
  - 1.2. Catalytic process and catalysts
  - 1.3. Stoichiometry and conversion
  - 1.4. Thermodynamics of chemical reactions
2. General Characteristics of Solid Catalysts
  - 2.1. Classification of catalysts
  - 2.2. Carriers and supports
  - 2.3. Synthesis of catalysts
  - 2.4. Characterization of catalysts
  - 2.5. Hypotheses and theories of heterogeneous catalysis
3. Kinetics of Catalytic Reactions
  - 3.1. Intrinsic and global rate
  - 3.2. Development of kinetic mechanisms
  - 3.3. Analysis and interpretation of kinetic data
  - 3.4. Thermodynamic criteria
4. Mechanistic Kinetics in Catalysts: Applications
  - 4.1. Dehydrogenation of methylcyclohexane to toluene in Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst
  - 4.2. Natural gas reforming in Ni/La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst
  - 4.3. Partial oxidation of methane to synthesis gas in Ru/TiO<sub>2</sub> catalyst
5. External Mass and Heat Transfer
  - 5.1. Mass transfer in isolated catalyst particle
  - 5.2. Mass and heat transfer in fixed-bed reactors
  - 5.3. Mass and heat transfer in fluidized bed reactors
  - 5.4. Mass and heat transfer in slurry reactors
  - 5.5. Effect of external mass transfer on selectivity
6. Internal Mass and Heat Transfer

- 6.1. Mass and heat diffusion in porous media
- 6.2. Diffusion and reaction in porous catalysts-isothermal conditions
- 6.3. Diffusion and reaction in porous catalysts - non-isothermal conditions
- 6.4. Effectiveness factor
- 6.5. Effect of internal mass diffusion on catalyst selectivity
- 7. Catalyst Deactivation
  - 7.1. Mechanisms of catalyst deactivation
  - 7.2. Methods to regenerate deactivated catalysts
  - 7.3. Kinetics of poisoning
  - 7.4. Internal diffusion and poisoning
- 8. Catalytic Reactors
  - 8.1. Fixed-bed reactors and modes of function
  - 8.2. Fixed-bed reactor models
  - 8.3. Generalized mass, energy and momentum balances
  - 8.4. Pseudo-homogenous models
  - 8.5. Heterogeneous models
- 9. Design and Modeling of Fixed-Bed Reactors
  - 9.1. Catalytic oxidation of naphthalene to phthalic anhydride in fixed-bed reactor
  - 9.2. Design of adiabatic fixed-bed reactors for the water-gas shift reactions



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Chapter 1: Basic Concepts</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Chapter 1: Basic Concepts</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Chapter 1: Basic Concepts, Exercises</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
3	<b>Chapter 2: General Characteristics of Solid Catalysts</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Chapter 2: General Characteristics of Solid Catalysts</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
4	<b>Chapter 3: Kinetics of Catalytic Reactions</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>Chapter 3: Kinetics of Catalytic Reactions</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Chapter 3: Kinetics of Catalytic Reactions, Exercises</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
6	<b>Chapter 4: Mechanistic Kinetics in Catalysts: Applications</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Chapter 4: Mechanistic Kinetics in Catalysts: Applications</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
7	<b>Chapter 5: External Mass and Heat Transfer</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Evaluación a través de un examen escrito después de terminal el Tema (capítulo) 4 de la asignatura</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00

8	<p><b>Chapter 5: External Mass and Heat Transfer</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Chapter 5: External Mass and Heat Transfer</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
9	<p><b>Chapter 6: Internal Mass and Heat Transfer</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
10	<p><b>Chapter 6: Internal Mass and Heat Transfer</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Chapter 6: Internal Mass and Heat Transfer, Exercises</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
11	<p><b>Chapter 7: Catalyst Deactivation</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Chapter 7: Catalyst Deactivation</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
12	<p><b>Chapter 8: Catalytic Reactors</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
13	<p><b>Chapter 8: Catalytic Reactors</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Chapter 8: Catalytic Reactors, Exercises</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
14	<p><b>Chapter 9: Design and Modeling of Fixed-Bed Reactors</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
15	<p><b>Chapter 9: Design and Modeling of Fixed-Bed Reactors</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Chapter 9: Design and Modeling of Fixed-Bed Reactors, Exercises</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
16				

17				<b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 03:00
----	--	--	--	--

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	%	/ 10	CG1 CG4 CG5 CE1 CE2
5	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	%	/ 10	CG1 CG4 CG5 CE1 CE2
7	Evaluación a través de un examen escrito después de terminal el Tema (capítulo) 4 de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	20%	/ 10	
8	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	%	/ 10	CG1 CG4 CG5 CE1 CE2
10	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	%	/ 10	CG1 CG4 CG5 CE1 CE2
13	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	%	/ 10	CG1 CG4 CG5 CE1 CE2
15	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	%	/ 10	CG1 CG4 CG5 CE1 CE2

17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	80%	/ 10	CG1 CG4 CG5 CE1 CE2
----	--------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	------	---------------------------------

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Evaluación a través de un examen escrito después de terminal el Tema (capítulo) 4 de la asignatura	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	20%	/ 10	
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	80%	/ 10	CG1 CG4 CG5 CE1 CE2

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

En la evaluación continua:

- Los problemas de resolver en casa o en clase (entre 15 y 25) están seleccionados cuidadosamente a fin de facilitar la adquisición de los conocimientos y competencias; al mismo tiempo, los problemas deberán suponer un desafío suficiente que permita evaluar adecuadamente las capacidades y el pensamiento crítico de los estudiantes.
- Los problemas están cuidadosamente elegidos y están conectados con problemas 'reales' de industria o de temas de investigación científica.

En las pruebas de examen escrito (final y de medio semestre)

- Se evalúa la capacidad de estudiante de explicar con claridad el método de solución que haya elegido para resolver los problemas

- Todos los problemas están basados en el conocimiento adquirido durante el curso a través de lecciones y/o la solución de problemas de evaluación continua
- Se evalúa el pensamiento crítico de estudiantes a elegir el método de solución adecuado.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
H. Scott Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall (2006); ISBN: 0130473944 (4th edition)	Bibliografía	General Concepts of Chemical Engineering
J. M. Smith, Chemical Engineering Kinetics, McGraw-Hill Inc. (1981); ISBN: 0070587108 (3rd edition)	Bibliografía	General Concepts of Chemical Engineering
J. M. Thomas and W. J. Thomas, Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis, Wiley-VCH (2015); ISBN: 352731458X (2nd edition)	Bibliografía	Heterogeneous Catalysis
J. R. H. Ross, Heterogeneous Catalysis: Fundamentals and Applications, Elsevier (2012); ISBN: 044453363X.	Bibliografía	Heterogeneous Catalysis
I. Chorkendorff and J. W. Niemantsverdriet, Concepts of Modern Catalysis and Kinetics, Wiley-VCH (2003); ISBN: 3527305742	Bibliografía	Heterogeneous Catalysis (also the latest version of 2017)
scientific articles	Bibliografía	scientific articles for teaching in more detail specific subjects and address modern engineering problems related to catalysis

J. B. Butt, Reaction Kinetics and Reactor Design, Prentice Hall (1980), ISBN: 0137533357	Bibliografía	Heterogeneous Catalysis and Reactors
G. F. Froment and K. B. Bischoff, Chemical Reactor Analysis and Design, Wiley (1990), ISBN: 0471510440	Bibliografía	Heterogeneous Catalysis
X. E. Verykios, Heterogeneous Catalytic Reactions and Reactors, Kostarakis Press (2004), ISBN: 9608765536	Bibliografía	Heterogeneous Catalysis
T. K. Sherwood, R. L. Pigford and C. R. Wilke, Mass Transfer (1975); ISBN: 0070566925	Bibliografía	Mass transfer

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Idioma principal del curso: **Inglés** / main language of the course: **English**