



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

2019/20 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

| | |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos..... | 1 |
| 2. Profesorado..... | 1 |
| 3. Conocimientos previos recomendados..... | 2 |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2 |
| 5. Descripción de la asignatura y temario..... | 4 |
| 6. Cronograma..... | 6 |
| 7. Actividades y criterios de evaluación..... | 9 |
| 8. Recursos didácticos..... | 11 |
| 9. Otra información..... | 12 |

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|--|--|
| Nombre de la asignatura | 53001360 - Catálisis y Reactores Heterogéneos |
| No de créditos | 4.5 ECTS |
| Carácter | Obligatoria |
| Curso | Primer curso |
| Semestre | Primer semestre |
| Período de impartición | Septiembre-Enero |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 05BC - Master Universitario En Ingeniería Química |
| Centro responsable de la titulación | 05 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales |
| Curso académico | 2019-20 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|---|-----------------|---------------------------|---------------------------------|
| 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.

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

No hay descripción de la asignatura.

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/Al₂O₃ catalyst
 - 4.2. Natural gas reforming in Ni/La₂O₃ catalyst
 - 4.3. Partial oxidation of methane to synthesis gas in Ru/TiO₂ 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 | Otra actividad presencial | Actividades de evaluación |
|-----|---|-------------------------------------|---------------------------|--|
| 1 | Chapter 1: Basic Concepts Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 2 | Chapter 1: Basic Concepts Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Chapter 1: Basic Concepts, Exercises Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 01:00 |
| 3 | Chapter 2: General Characteristics of Solid Catalysts Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Chapter 2: General Characteristics of Solid Catalysts Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
| 4 | Chapter 3: Kinetics of Catalytic Reactions Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 5 | Chapter 3: Kinetics of Catalytic Reactions Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Chapter 3: Kinetics of Catalytic Reactions, Exercises Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 01:00 |
| 6 | Chapter 4: Mechanistic Kinetics in Catalysts: Applications Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Chapter 4: Mechanistic Kinetics in Catalysts: Applications Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
| 7 | Chapter 5: External Mass and Heat Transfer Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | Evaluación a través de un examen escrito después de terminal el Tema (capítulo) 4 de la asignatura EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 02:00 |

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

| | | | | |
|----|--|--|--|--|
| 17 | | | | Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 03:00 |
|----|--|--|--|--|

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

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 | 30% | / 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 | 70% | / 10 | CG4 CG5 CE1 CE2 CG1 |
|----|--------------|-------------------------------------|------------|-------|-----|------|---------------------------------|

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 | 30% | / 10 | |
| 17 | Examen final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00 | 70% | / 10 | CG4 CG5 CE1 CE2 CG1 |

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 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**