



Máster en Ingeniería Química 66222 - Catálisis para medio ambiente y energía

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 3.0

Información básica

Profesores

- **Enrique Romero Pascual** eromero@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para cursar la asignatura de *Catálisis para medio ambiente y energía* se recomienda haber cursado la asignatura optativa *Catálisis y procesos catalíticos de interés industrial* del Grado en Ingeniería Química de la Universidad de Zaragoza, si bien no es un requisito imprescindible.

La asistencia a clase, el estudio continuado y el trabajo día a día son fundamentales para que el alumno alcance de manera satisfactoria el aprendizaje propuesto. Los estudiantes deben tener en cuenta que para su asesoramiento disponen del profesor en tutorías personalizadas y grupales.

Actividades y fechas clave de la asignatura

Se trata de una asignatura de 3 créditos ETCS, lo que equivale a 75 horas de trabajo del estudiante, a realizar tanto en horas presenciales como no presenciales, repartidas del siguiente modo:

- **15 horas de clase presencial**, distribuidas aproximadamente en 1 hora semanal. En ellas se realizará la exposición de contenidos teóricos y conceptos necesarios para la resolución de casos prácticos.
- **10 horas de aprendizaje basado en problemas**, distribuidas aproximadamente en 1 hora semanal. En ellas se desarrollarán problemas y casos prácticos coordinados en contenido con la evolución temporal de las exposiciones teóricas.
- **3 horas de laboratorio** correspondientes a una sesión de realización de un ejercicio práctico en grupos reducidos de alumnos de la asignatura.
- **2 horas de prácticas especiales** correspondientes a una sesión de visita a empresa, charla de expertos, seminario temático o similar, etc.
- **7 horas de trabajos tutelados** que consistirán en la realización de tareas de desarrollo, ampliación, documentación, resolución... de casos propuestos por el profesor, basados en los conceptos vistos en el aula. Estos trabajos estarán distribuidos durante el curso, serán de realización individual o en grupo pequeño (2-3 alumnos) y se plasmarán en un entregable que será corregido y calificado.
- **35 horas de estudio personal y de tutela**, repartidas a lo largo de todo el semestre.
- **3 horas de pruebas de evaluación**, correspondientes a exámenes globales y/o presentaciones de trabajos cuya fecha será fijada por la EINA.

El calendario de la asignatura se adapta al establecido en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA), así como sus horarios y calendario de exámenes, y se pueden consultar todos ellos en su página [Web: http://eina.unizar.es](http://eina.unizar.es)

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

- 1:** Conoce y analiza los principales procesos catalíticos de producción de hidrógeno, gas de síntesis, refino de petróleo y de líquidos derivados de la biomasa.
- 2:** Conoce y selecciona los procesos de eliminación catalítica de efluentes contaminantes en fuentes móviles y estacionarias.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

La asignatura de *Catálisis para medio ambiente y energía* versa sobre la aplicación de materiales catalíticos en campos tan importantes como el medio ambiente y la obtención/utilización de la energía. Aparentemente son dos campos contrapuestos, puesto que generalmente se asocia energía como dañina con el medio ambiente. Sin embargo, la aplicación sobre ambos de la ciencia y la investigación punteras, en el campo de la catálisis, puede resultar en una suerte de colaboración que contribuya, por un lado, a la obtención, utilización y gestión de la energía de un modo más ecológico y, por otro lado, a la reutilización, aprovechamiento o (en última instancia) eliminación de muchas sustancias contaminantes.

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

La asignatura está centrada en el estudio de diferentes procesos industriales realizados con materiales catalíticos y relacionados con energía y medio ambiente. En el campo energético, la aplicación de catalizadores más típica y tradicional es en el refino del petróleo, fundamentalmente para la obtención de combustibles (la fuente de energía tradicional en el sector del transporte). En las últimas décadas se ha desarrollado enormemente el campo de las pilas de combustible, una forma de obtención de energía eléctrica a partir de energía química, partiendo de combustibles como hidrógeno o metanol. Asimismo, la obtención de energía a partir de la biomasa supone un ahorro de combustibles fósiles nada desdeñable hoy en día, puesto que la tendencia global es a un incremento de las necesidades energéticas. Por otro lado, la generación de hidrógeno y de biocombustibles es ya una realidad. Aunque todavía resultan más caros que los combustibles fósiles, el incremento de precio previsto a medio y largo plazo para éstos hace de aquéllos una alternativa viable.

Se pretende complementar la formación en catálisis medioambiental y energética con un análisis de las tendencias existentes de cara a mejorar los procesos industriales y de cara a la intensificación de los mismos. Asimismo, se pretende que el alumno adquiera las últimas novedades en cuanto a investigación relacionadas con medio ambiente y energía, dentro del campo de la catálisis. De esta forma, se tratarán los avances científicos y la aplicación de nuevos materiales a la obtención de electrodos catalíticos más eficientes tanto en pilas de combustible como en baterías avanzadas.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

En el Grado de Ingeniería Química de la Universidad de Zaragoza existe una asignatura optativa, *Catálisis y procesos catalíticos de interés industrial*. Los alumnos que hayan cursado dicha asignatura tendrán, por tanto, un buen punto de partida para ampliar su aprendizaje y competencias a los procesos catalíticos que se estudiarán con mayor profundidad y extensión en la asignatura *Catálisis para medio ambiente y energía*. No obstante, *Catálisis para medio ambiente y energía* se diseña para que el alumno que no haya elegido durante el Grado la asignatura optativa, pueda adaptarse sin problema a los contenidos de la asignatura del Máster.

La asignatura de *Catálisis para medio ambiente y energía* es optativa, formando parte de la materia *Técnicas y campos de investigación en Ingeniería Química* y del Módulo *Ingeniería de procesos y producto*. En ese sentido, al cursar la asignatura el alumno adquirirá competencias características de este módulo para el caso específico de la catálisis medioambiental y energética. A este respecto, se pretende incorporar en la asignatura los últimos avances en investigación dentro del tema de estudio. Ello implica también la consecución del objetivo (competencia), entre otros, de “*adaptarse a los cambios estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver los problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado compromiso de sostenibilidad*”.

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

1:

Competencias Genéricas

- 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. (CG1)
- 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. (CG2)
- Dirigir y gestionar técnica y económicamente proyectos, instalaciones, plantas, empresas y centros tecnológicos en el ámbito de la ingeniería química y los sectores industriales relacionados. (CG3)
- 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. (CG4)
- 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. (CG5)
- Tener capacidad de análisis y síntesis para el progreso continuo de productos, procesos, sistemas y servicios utilizando criterios de seguridad, viabilidad económica, calidad y gestión medioambiental. (CG6)
- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de emitir juicios y toma de decisiones, a partir de información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas del ejercicio profesional. (CG7)
- Liderar y definir equipos multidisciplinares capaces de resolver cambios técnicos y necesidades directivas en contextos nacionales e internacionales. (CG9)
- Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor. (CG10)
- 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. (CG11)

2:

Competencias Específicas

- 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. (CE1)
- 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. (CE2)

- 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. (CE3)
- Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos, y tienen 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. (CE4).
- Dirigir y supervisar todo tipo de instalaciones, procesos, sistemas y servicios de las diferentes áreas industriales relacionadas con la ingeniería química. (CE5)
- Diseñar, construir e implementar métodos, procesos e instalaciones para la gestión integral de suministros y residuos, sólidos, líquidos y gaseosos, en las industrias, con capacidad de evaluación de sus impactos y de sus riesgos. (CE6)
- Dirigir y gestionar la organización del trabajo y los recursos humanos aplicando criterios de seguridad industrial, gestión de la calidad, prevención de riesgos laborales, sostenibilidad, y gestión medioambiental. (CE8)
- Gestionar la Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica, atendiendo a la transferencia de tecnología y los derechos de propiedad y de patentes. (CE9)
- Adaptarse a los cambios estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver los problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado compromiso de sostenibilidad (CE10).
- Dirigir y realizar la verificación, el control de instalaciones, procesos y productos, así como certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes. (CE11)

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

El seguimiento y superación de la asignatura tiene como finalidad completar la formación científica y técnica del estudiante, orientada a su competencia profesional. Asimismo, asegura la incorporación de las recomendaciones relativas a los conocimientos y competencias específicos del Módulo de *Ingeniería de Procesos y Producto*, definidas en Resolución de 8 de junio de 2009 de la Secretaría General de Universidades - BOE 4 agosto 2009-, en su aplicación concreta al caso de los procesos catalíticos de interés para el medio ambiente y la energía.

Con esta intención, se pretende que el alumno sea capaz de adquirir los resultados de aprendizaje enumerados en el apartado correspondiente.

Evaluación

Actividades de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

1:
Opción 1:

La evaluación es global y comprende:

1. Realización de los problemas y casos propuestos durante el desarrollo de la asignatura.
2. Realización de trabajos tutelados. Los entregables correspondientes a trabajos tutelados (del orden de 1-2 tareas por curso), serán calificados valorándose su contenido, la comprensión de los conceptos que en ellos se demuestre y la correcta presentación (podrá ser escrita, incluso con presentación oral, opcionalmente en idioma inglés).

3. Realización de un ejercicio práctico. Se valorará el desarrollo de la misma y la presentación e interpretación de los resultados.
4. Realización de un examen al finalizar la asignatura. Esta prueba constará de: (a) preguntas y cuestiones teórico-prácticas razonadas en la que se pedirá la aplicación de la teoría a casos y ejemplos concretos, y (b) resolución de problemas. Este examen podrá ser sustituido por una prueba consistente en una presentación oral (podrá ser en idioma inglés) de un trabajo a realizar por el alumno y discusión posterior y la realización de problemas y casos.

La nota de la asignatura se calculará según la siguiente fórmula:

$$\text{Nota} = 0,4 \cdot T + 0,6 \cdot E$$

siendo: **T** la nota del trabajo del alumno, correspondiente al promedio de las calificaciones de las actividades de evaluación 1, 2 y 3 (Problemas, Trabajos tutelados y Ejercicio práctico) y **E** la nota del examen/prueba final (actividad de evaluación 4).

Se precisa una nota mínima en el examen, **E**, de 4,0 sobre 10 para superar la asignatura.

2: **Opción 2:**

Aquellos alumnos que no quieran seguir la evaluación según la opción 1, pueden optar por presentarse al examen de convocatoria (100% de la nota final) de similares características que el examen/prueba final de la opción 1.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

El proceso de aprendizaje se desarrollará en varios niveles: clases magistrales, resolución de problemas (casos), práctica de laboratorio, práctica especial y trabajos tutelados, siendo creciente el nivel de participación del estudiante. En las clases de teoría se van a ir desarrollando las bases teóricas que conforman la asignatura y resolviendo algunos problemas modelo. Las clases de problemas y casos y las prácticas de laboratorio y especiales son el complemento eficaz de las clases magistrales, ya que permiten verificar la comprensión de la materia y a su vez contribuyen a desarrollar en el alumno un punto de vista más aplicado. Finalmente los trabajos tutelados complementarán todo lo anterior.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

- 1: Clases magistrales (15 h) donde se impartirá la teoría de los distintos temas que se han propuesto y se resolverán en la pizarra problemas modelo.
- 2: Clases presenciales de resolución de problemas y casos (10 h). En estas clases se resolverán problemas por parte del alumno supervisado por el profesor. Los problemas o casos estarán relacionados con la parte teórica explicada en las clases magistrales.
- 3: Sesión de laboratorio (3 h) donde, mediante un ejercicio práctico, el alumno afianzará los contenidos desarrollados en las clases magistrales.

4:

Sesión de prácticas especiales (2h) correspondientes a visita a empresa, charla de expertos, seminario temático o similar, etc... como complemento formativo a las actividades anteriores.

- 5:** Trabajos tutelados (7 h no presenciales), individuales ó en grupo. Se propondrán 2 ó 3 actividades que serán tuteladas por los profesores.
- 6:** Estudio individual (25 h no presenciales). Se recomienda al alumno que realice el estudio individual de forma continuada a lo largo del semestre.
- 7:** Tutela personalizada profesor- alumno (10 h presenciales).
- 8:** Evaluación (3 h). Se realizaran evaluaciones parciales y una prueba global donde se evaluarán los conocimientos teóricos y prácticos alcanzados por el alumno.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Las clases magistrales y de resolución de problemas se imparten según horario establecido por la EINA. Además, cada profesor informará de su horario de atención de tutorías. El temario previsto para la asignatura es el siguiente:

BLOQUE 1.- INTRODUCCIÓN

1. Conceptos básicos sobre catálisis, energía y medio ambiente.
2. Tipos de catálisis y catalizadores. Desactivación.

BLOQUE 2.- ENERGÍA

3. Obtención convencional de combustibles. Refino del petróleo. Síntesis Fischer-Tropsch.
4. Obtención convencional de hidrógeno, posible vector energético.
5. Hidrógeno renovable a partir de reformado catalítico de biomasa, biogás, metanol y etanol. Reformado con vapor de agua y reformado "seco".
6. Catálisis homogénea: biocombustibles.
7. Conversión de glicerol en biocombustibles.
8. Catálisis en pilas de combustible. Electroquímica.
9. Catálisis en electrodos de baterías. Aplicación de nuevos materiales. Avances en baterías.
10. Fotocatálisis: H₂O y CO₂ hacia combustibles y otros productos.

BLOQUE 3.- MEDIO AMBIENTE

11. Fotocatálisis para purificación de efluentes líquidos contaminados.
12. Eliminación catalítica de NO_x, VOCs y otros contaminantes en efluentes gaseosos móviles y estacionarios.
13. Catálisis homogénea: CO₂ hacia productos valiosos.

BLOQUE 4.- MISCELÁNEA

14. Intensificación de procesos.
15. Catálisis y química sostenible (química "verde").
16. Consideraciones finales y perspectivas futuras.

Bibliografía

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Bartholomew, Calvin H.. Fundamentals of industrial catalytic processes / Calvin H. Bartholomew, Robert J. Farrauto . - 2nd ed. Hoboken, New Jersey : Wiley, cop. 2006
- Catalysis for renewables : from feedstock to energy production / edited by Gabriele Centi and Rutger A. van Santen . - 1st ed., 1st rep. Weinheim : Wiley-VCH, 2008
- GREENER FISCHER-TROPSCH PROCESSES FOR FUEL AND FEEDSTOCKS / Maitlis, P.M. and de Klerk, A. (eds.) Wiley-VCH, Weinheim, 2013
- Handbook of heterogeneous catalysis / edited by G. Ertl ... [et al.] . - 2nd comp. rev. and enl. ed. Weinheim : Wiley-VCH, cop. 2008
- Rothenberg, Gadi. Catalysis : concepts and green applications / Gadi Rothenberg Weinheim : Wiley-VCH, cop. 2008