

## 1. Identificación de la asignatura

<b>NOMBRE</b>	Laboratorio de Ingeniería Química III: Reactores y Control de Procesos Químicos	<b>CÓDIGO</b>	GIQUIM01-4-005
<b>TITULACIÓN</b>	Graduado o Graduada en Ingeniería Química	<b>CENTRO</b>	Facultad de Química
<b>TIPO</b>	Obligatoria	<b>Nº TOTAL DE CREDITOS</b>	6.0
<b>PERIODO</b>	Primer Semestre	<b>IDIOMA</b>	Español
<b>COORDINADOR/ES</b>	<b>EMAIL</b>		
VEGA GRANDA AURELIO BALBINO	avg@uniovi.es		
<b>PROFESORADO</b>	<b>EMAIL</b>		
VEGA GRANDA AURELIO BALBINO	avg@uniovi.es		
Luque Rodríguez Susana	sluque@uniovi.es		
DIEZ SANZ FERNANDO VALERIANO	fds@uniovi.es		
Collado Alonso Sergio	colladosergio@uniovi.es		
GUTIERREZ CERVELLO GEMMA	gutierrezgemma@uniovi.es		

## 2. Contextualización

La asignatura **“Laboratorio de Ingeniería Química III”** forma parte del módulo fundamental del cuarto curso de la titulación de Graduado/a en Ingeniería Química de la Universidad de Oviedo. Se trata de una asignatura obligatoria de seis créditos que pertenece a la Materia de Ingeniería Química. La asignatura es impartida por el Área de Ingeniería Química del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente.

La asignatura tiene como objetivo poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en las asignaturas: *“Cinética Química Aplicada”*, *“Reactores Químicos”* de tercer curso de Grado en Ingeniería Química y *“Dinámica y Simulación de Procesos Químicos”* de 4º curso. Se pretende que el alumno adquiera competencias como el dominio de técnicas experimentales de laboratorio y el manejo de equipos en el ámbito de los Reactores Químicos, y la Simulación y Control de Procesos Químicos. Se pretende además, que el alumno adquiera conciencia de la importancia de la seguridad en la industria química a través de las clases expositivas y prácticas de aula sobre incendios y explosiones, y también de la importancia de la ética y los aspectos legales en la Ingeniería Química.

También se pretende que el alumno sea capaz de trabajar en equipo, de redactar y presentar oralmente informes, y de planificar su trabajo.

Las tareas docentes que van a desarrollar cada uno de los profesores del Equipo Docente se indican en la siguiente tabla:

<b>Actividad docente</b>	<b>Profesores</b>
CEX	Fernando Valeriano Díez Sanz Aurelio Balbino Vega Granda
PA1	Fernando Valeriano Díez Sanz Susana Luque Rodríguez
PL1	Aurelio Balbino Vega Granda Sergio Collado Alonso Gemma Gutiérrez Cervelló
PL2	Sergio Collado Alonso Gemma Gutiérrez Cervelló

### 3. Requisitos

Para cursar esta asignatura es preciso haber superado la asignatura "Reactores Químicos" de tercer curso de Grado en Ingeniería Química. Para un mejor aprovechamiento de la asignatura, debido a su carácter práctico y por tanto complementario, los alumnos deberían tener conocimientos básicos de dinámica y control de procesos, por lo que **se recomienda** haber cursado previamente la asignatura "Control e Instrumentación de Procesos" de tercer curso.

Los alumnos deben personarse en las sesiones de prácticas con los guiones de prácticas, bata de laboratorio, gafas de seguridad y cuaderno de notas. Opcionalmente se podrá llevar un ordenador portátil para la toma de datos y realización de cálculos. **No se permitirá la entrada en el laboratorio sin los elementos de seguridad imprescindibles.**

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

Los objetivos de la asignatura se concretan del modo siguiente:

#### Competencias generales

CG7 (i)	Conocimientos para realizar mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
CG9 (p)	Capacidad para trabajar sólo o en grupo, posiblemente de carácter multidisciplinar, con disponibilidad y flexibilidad para dirigir y ser dirigido en función de la definición coyuntural o la imposición circunstancial de liderazgos o prioridades.
CG15 (s)	Capacidad para el estudio, la investigación y el desarrollo científico y tecnológico en el ámbito de la Ingeniería Química, de forma creativa y continua.

#### Competencias específicas

CE1 (a)	Capacidad para interiorizar, por vía de comprensión crítica, los conceptos fundamentales de las ciencias básicas experimentales e incorporarlos de forma fluida al pensamiento crítico y experto, fuera y dentro del ámbito del trabajo.
CE3 (a)	Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor: Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería. Leyes generales de la Termodinámica y Cinéticas Física y Química, para establecer los modelos matemáticos que controlan las relaciones de equilibrio y de velocidad de los procesos.
CE6 (a)	Incorporar de forma natural y motivada los modelos y el lenguaje matemático a la interpretación rigurosa y generalizada de los fenómenos de cambio termodinámico, fenómenos de transporte y reactividad química.
CE7 (a)	Conocimientos sobre Balances de Materia y Energía, Operaciones de Separación, Ingeniería de la Reacción Química, y valorización y transformación de materias primas y recursos energéticos.

CE14 (a)	Conocimientos para integrar en el núcleo de la Ingeniería Química los fundamentos científicos del Equilibrio, la Cinética y la Estequiometría y los recursos de Estrategia, Dinámica, Simulación y Control propios de las Ingenierías de Proceso.
CE25 (p)	Capacidad para diseñar, gestionar y operar procedimientos de simulación, control e instrumentación de procesos químicos.
CE27 (p)	Capacidad para el diseño y gestión de procedimientos de experimentación aplicada, especialmente, para la determinación de propiedades termodinámicas y de transporte, y 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 reacciones y reactores químicos.

Estas competencias se concretan en los siguientes resultados de aprendizaje:

RLIQ III1	Diseñar experimentos, llevarlos a cabo, y analizar los datos obtenidos en distintos tipos de reactores ideales (isotermos y no isotermos) para obtener información termodinámica y cinética de una reacción química
RLIQ III2	Plantear y realizar experimentos con el fin de caracterizar y modelizar los efectos de no idealidad en reactores químicos
RLIQ III3	Diseñar y realizar experimentos para la determinación de parámetros cinéticos y de transporte en sistemas catalíticos, enzimáticos y biológicos
RLIQ III4	Seleccionar y aplicar los métodos más adecuados de sintonización de controladores para sistemas de control con realimentación
RLIQ III5	Aplicar las técnicas de simulación analógica y simulación asistida por ordenador al estudio de la dinámica de procesos químicos y el diseño de sistemas de control.

## 5. Contenidos

Los contenidos de la asignatura se dividen en dos grupos: seminarios transversales y prácticas de laboratorio. Los seminarios transversales se incluyen en cada uno de los laboratorios para completar la formación y reforzar las competencias transversales. En este laboratorio se abordan los siguientes seminarios:

### Incendios y explosiones (6h)

Incendios. Caracterización de inflamabilidad. Tipos de incendios. Análisis de consecuencias. (2h) Prevención y extinción de incendios. (1h)

Explosiones. Tipos y análisis de consecuencias. Prevención de explosiones. (2h)

Protección frente a riesgos físicos: eléctricos, mecánicos, radioactividad. (1h)

### Ética y aspectos legales en Ingeniería Química (2h)

Cuestiones éticas relacionadas con la ingeniería

Responsabilidades éticas de los ingenieros

Formas de tratar con los problemas éticos en ingeniería

Dimensión ética de la práctica de la ingeniería

Auditoría ética

Dilemas éticos de la ingeniería. Postura ética

Las prácticas de laboratorio son un total de 10 prácticas de 7 horas cada una organizadas en dos días, y una visita a una planta industrial (5 h). A continuación se detalla cada una de las prácticas:

### **Práctica 1. Seguridad de Reactores: Calorimetría Adiabática (Reactor Discontinuo de Tanque Agitado)**

- Plantear balances de materia y energía a reactores ideales.
- Estudiar el comportamiento de un reactor discontinuo adiabático de tanque agitado en el que se lleva a cabo la reacción exotérmica irreversible.
- Determinar la estequiometría, coeficientes cinéticos y entalpía de la reacción.

### **Práctica 2. Análisis Cinético en un Reactor Continuo de Tanque Agitado**

- Realizar el análisis cinético (obtener la constante cinética y energía de activación) de la reacción de hidrólisis de acetato de etilo con hidróxido sódico en un reactor continuo de tanque agitado.
- Estudiar la influencia de las variables de operación (volumen de reactor, flujos de alimentación, agitación) en el funcionamiento del sistema.
- Modelizar el comportamiento dinámico.

### **Práctica 3. Análisis Cinético en un Reactor Tubular Continuo**

- Profundizar en el conocimiento de los reactores ideales.
- Realizar el análisis cinético, determinando la constante cinética y la energía de activación, de la reacción de hidrólisis del acetato de etilo con hidróxido sódico en un reactor tubular continuo, cuyo flujo se considera completamente segregado.

### **Práctica 4. Distribución de Tiempos de Residencia en Reactores. Identificación de Efectos de la no Idealidad en Reactores**

- Identificación de los fenómenos de no idealidad en reactores reales mediante el análisis de las funciones de distribución de tiempos de residencia.
- Aplicación de los modelos sencillos de caracterización de reactores reales a los resultados obtenidos.

### **Práctica 5. Estudio de la Reacción de Inversión de la Sacarosa en un Reactor Catalítico de Lecho Fijo**

- Determinación de la cinética de una reacción catalítica en estado estacionario.
- Determinación de efectos de difusión interna (módulo de Thiele) y externa en una reacción catalítica.

### **Práctica 6. Simulación de Reactores Químicos**

- Familiarizar a los alumnos con herramientas informáticas aplicadas al análisis y diseño de reactores químicos.
- Planteamiento y resolución de problemas de diseño y simulación de reactores químicos empleando herramientas informáticas.

## **Práctica 7. Simulación Electrónica de Procesos y Sistemas de Control**

- Familiarización con el manejo de un equipo básico de simulación electrónica de procesos químicos.
- Estudio e identificación de la dinámica de un proceso en bucle abierto, mediante la técnica estímulo-respuesta.
- Análisis de la respuesta a la frecuencia y determinación de su ganancia y periodo últimos.
- Estudio e identificación de la dinámica de un proceso en bucle cerrado, mediante el método de Yuwana-Seborg.
- Sintonización de distintos tipos de controladores (P, PI y PID) para el proceso mediante los métodos de Cohen-Coon, Ziegler-Nichols y el criterio ITAE.
- Estudio del comportamiento dinámico del sistema de control en bucle cerrado.

## **Práctica 8. Sintonización de Controladores**

- Familiarizar al alumno con las técnicas de diseño y sintonización de controladores con realimentación (feedback).
- Utilización de los métodos de sintonización de Yuwana-Seborg (criterio ITAE), Cohen-Coon, y Ziegler-Nichols para un proceso de control de temperatura.
- Comprobación del funcionamiento del sistema de control ante perturbaciones típicas.

## **Práctica 9. Diseño de Sistemas de Control por Ordenador**

- Familiarizar a los alumnos con las herramientas de diseño de sistemas de control por ordenador.
- Planteamiento y resolución de problemas de diseño y simulación de sistemas de control para procesos químicos empleando herramientas informáticas.

## **Práctica 10. Simulación de Procesos Químicos por Ordenador: HYSYS**

- Familiarizar a los alumnos con las herramientas comerciales empleadas en la industria química para el diseño, simulación y optimización de procesos químicos por ordenador.
- Planteamiento y resolución de un problema de diseño y simulación de un proceso de reacción-separación empleando HYSYS.

## **6. Metodología y plan de trabajo**

Con objeto de racionalizar la organización docente de la asignatura, se ha realizado la distribución de sus contenidos con arreglo a la siguiente tipología de modalidades:

### **Presenciales.**

1. Clases expositivas
2. Clases prácticas de laboratorio
3. Visitas
4. Sesiones de evaluación

### **No presenciales.**

1. Trabajo autónomo
2. Trabajo en grupo

La presencialidad será del 60 % y las actividades formativas presenciales constarán de 9 horas de clases expositivas, 70 horas de realización de prácticas, 5 horas de visitas industriales y 5 horas de sesiones de evaluación, que incluyen tanto evaluaciones escritas como una presentación oral. Las clases expositivas previas a la ejecución de las prácticas se dedican a la exposición del fundamento teórico y las operaciones experimentales a realizar en cada práctica, así como los seminarios transversales. En las clases prácticas de laboratorio los alumnos trabajarán en grupos y realizarán la parte experimental de las prácticas planteadas. Cada práctica se llevará a cabo en dos sesiones salvo las que se indica un solo día. La visita industrial tiene como objetivo conocer una planta industrial y su funcionamiento. Finalmente, los

alumnos realizarán un examen escrito individual que tiene por objeto demostrar los conocimientos adquiridos en la asignatura.

En cuanto a las actividades no presenciales, el alumno deberá hacer una lectura previa del guión de prácticas y elaborar un informe completo de cada práctica de laboratorio en el que se indicarán los resultados obtenidos (en forma tabular o gráfica, según el tipo de información), y se contestará a las cuestiones planteadas, que incluirán un análisis crítico de los resultados experimentales (no una mera reproducción de los mismo) y su concordancia con las teorías más habituales o con correlaciones existentes en la bibliografía. El informe de la primera de las prácticas realizadas por los alumnos será objeto de revisión por parte del profesor correspondiente, indicando los aspectos a mejorar a la remisión del informe en su versión final.

## 7. Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Se valorarán los siguientes aspectos: seguimiento del trabajo en el laboratorio (que incluye puntualidad, actitud, preparación para el trabajo a realizar y lectura previa de la información relevante, corrección en el manejo de equipos y productos químicos, y otros aspectos como el adecuado orden y limpieza tras la finalización de la práctica), la corrección preliminar del informe sobre la primera práctica, elaboración de informes escritos, exposiciones orales y exámenes escritos. El porcentaje de cada sistema de evaluación será el siguiente:

1. Evaluación del trabajo en el laboratorio	25 %
2. Realización y revisión del primer informe escrito	5 %
3. Evaluación de los informes finales de prácticas y visitas industriales	20 %
4. Evaluación de exposiciones orales	10 %
5. Evaluación de examen escrito	40 %

Es obligatoria la asistencia a las clases expositivas, prácticas de aula, prácticas de laboratorio y visitas industriales. En casos debidamente justificados será válida una asistencia superior al 90%. **Para aprobar la asignatura la calificación obtenida en cada uno de los apartados anteriores no podrá ser inferior al 40% de su valor máximo.** Si no se alcanzan dichas calificaciones mínimas no se aprueba la asignatura. Todas las actividades tendrán una puntuación comprendida entre 0 y 10 puntos.

Para obtener un mínimo de 4 puntos sobre 10 en la evaluación de los informes finales de prácticas y visitas industriales es imprescindible haber obtenido un mínimo de 4 puntos en todos y cada uno de los informes individuales de cada práctica. Esto implica haber realizado todos los cálculos y tareas exigidos.

La calificación final (en todas las convocatorias) se calculará con las notas obtenidas en los aspectos anteriormente indicados, teniendo en cuenta los porcentajes de ponderación señalados en cada uno de ellos. **Para aprobar la asignatura la suma global deberá estar comprendida entre 5 y 10 puntos.** La calificación de las prácticas de laboratorio se mantendrá en todas las convocatorias de la asignatura del correspondiente curso académico.

En las siguientes convocatorias dentro del mismo curso académico, los alumnos se presentarán a los aspectos no superados en la primera convocatoria del curso y la evaluación se realizará de acuerdo con los criterios de la primera convocatoria, salvo los estudiantes que no hayan superado en la primera convocatoria del curso el aspecto 1 denominado Trabajo en el Laboratorio que deberán realizar un examen práctico, que consistirá en la realización en el laboratorio en presencia de un profesor, de la(s) práctica(s) de laboratorio a elegir por el profesor. Este examen, de 3 horas de duración, se llevará a cabo en la misma jornada que el examen teórico.

## 8. Recursos, bibliografía y documentación complementaria

### *Bibliografía de referencia*

- GUIONES DE PRÁCTICAS

### *Bibliografía complementaria*

- Fogler, H.S., "Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas", Prentice-Hall, Méjico (2008)

- Froment, G. F. y Bischoff, K. B., "Chemical Reactor. Analysis and Design", 2ª Ed., John Wiley and Sons, Delaware (1990)
- Hill, C.A., "An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design", John Wiley and Sons, New York (1977)
- Levenspiel, O., "El omnilibro de los reactores químicos", Reverté, Barcelona (1986)
- Levenspiel, O., "Ingeniería de las reacciones químicas", Limusa-Wiley, México (2006)
- Ollero, P., Fernández, E., "Control e instrumentación de procesos químicos". Síntesis (1997)
- Santamaría, J. M. y col., "Ingeniería de Reactores". Síntesis, Madrid (1999)
- Smith, J.M., "Chemical Engineering Kinetics", 3rd Ed., McGraw-Hill, Singapore (1981)
- Seborg, D.E., Edgar, T.F., Mellichamp, D.A., Doyle, F.J., "Process Dynamics and Control". 3rd ed. Wiley (2011)
- Stephanopoulos, G., "Chemical process control", Ed. Prentice-Hall (1984)