

Grado en Ingeniería Química

Curso Cuarto

1. Identificación de la asignatura

| | | | | |
|-----------------------------|--|-----------------------------|---------------------|----------------|
| NOMBRE | Dinámica y Simulación de Procesos Químicos | | CÓDIGO | GIQUIM01-4-002 |
| TITULACIÓN | Graduado o Graduada en Ingeniería Química | CENTRO | Facultad de Química | |
| TIPO | Obligatoria | Nº TOTAL DE CREDITOS | 6.0 | |
| PERIODO | Primer Semestre | IDIOMA | Español | |
| COORDINADOR/ES | EMAIL | | | |
| VEGA GRANDA AURELIO BALBINO | avg@uniovi.es | | | |
| PROFESORADO | EMAIL | | | |
| VEGA GRANDA AURELIO BALBINO | avg@uniovi.es | | | |

2. Contextualización

La asignatura “*Dinámica y Simulación de Procesos Químicos*” se encuentra encuadrada como asignatura obligatoria, en el cuarto curso primer semestre, del *Módulo 2. Fundamental* en la *materia Ingeniería Química*, y pretende capacitar al estudiante para abordar con rigor matemático la descripción de fenómenos y procesos, resolviendo en el campo de la simulación todos los problemas de diseño, variabilidad y control para los principales equipos y operaciones de los procesos químicos. La asignatura es impartida por profesores del Área de Ingeniería Química del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente.

La asignatura tiene un carácter complementario del resto de asignaturas de la materia de Ingeniería Química. Las competencias y los conocimientos adquiridos en otras asignaturas de ingeniería química, relativos a balances de materia y energía, termodinámica química, cinética y reactores, y operaciones básicas, se utilizan activamente en la modelización y simulación de las operaciones y procesos químicos, tanto en estado estacionario como no estacionario. La simulación se utiliza como herramienta para el diseño y la optimización del proceso químico.

Por otra parte, los conocimientos adquiridos en la asignatura previa “*Control e Instrumentación de Procesos*” de la *materia Control de Procesos*, se aplican a la resolución de casos específicos de operaciones y procesos químicos. Es importante destacar que el objetivo no es desarrollar nuevos conocimientos básicos de control e instrumentación, sino aplicar los ya existentes a los procesos químicos. Aspectos como la correcta selección de variables controladas y manipuladas y su emparejamiento o la selección del tipo de sistema de control, dependen en gran medida de la propia naturaleza y el diseño del proceso químico, y por ello para un buen funcionamiento del proceso químico

controlado deben abordarse desde la perspectiva de las propias operaciones y procesos químicos.

Además debido a la complejidad inherente de los procesos químicos y su comportamiento no lineal, el correcto funcionamiento de los controladores diseñados debe comprobarse simulando el proceso químico controlado usando los modelos desarrollados, completados con las ecuaciones de los controladores. En caso de que el funcionamiento de la operación o proceso químico no cumpla con las especificaciones de diseño y seguridad, se debe modificar el diseño del sistema de control o incluso del propio proceso químico para aumentar la controlabilidad del mismo.

Al finalizar la asignatura, el alumno debería haber desarrollado su capacidad de:

- Desarrollar y resolver modelos matemáticos, tanto dinámicos como de estado estacionario, para los principales equipos y operaciones de los procesos químicos.
- Elegir y diseñar los sistemas de control automático adecuados para los procesos químicos.
- Ser capaz de desarrollar o utilizar programas de ordenador para simular esos procesos, tanto con sistemas de control como sin ellos.
- Llegar a resultados concretos en los cálculos y razonar el sentido práctico de los mismos.

Las clases expositivas se complementan con la realización de ejercicios prácticos.

3. Requisitos

Aunque no existen requisitos obligatorios, para el mejor aprovechamiento de la asignatura y debido a su carácter complementario dentro de la materia de Ingeniería Química, los alumnos deberían tener conocimientos suficientes de termodinámica, de operaciones básicas de flujo de fluidos, transferencia de materia, y transmisión de calor, de cinética química y reactores químicos. Además, también es deseable que el alumno maneje conceptos instrumentales básicos desarrollados en la asignatura “*Ecuaciones Diferenciales y Métodos Numéricos*”, y en especial **se considera imprescindible** haber cursado previamente la asignatura “*Control e Instrumentación de Procesos*”.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

Las principales competencias que adquirirán los estudiantes que cursen y superen esta asignatura serán las siguientes:

| | |
|-------------------------------|---|
| <i>Competencias generales</i> | |
| CG1 | Capacidad para realizar análisis y síntesis de un proceso en un entorno bien o parcialmente |

| | |
|------|--|
| | definido. |
| CG2 | Capacidad para organizar y planificar la formulación y resolución de problemas de carácter investigador o productivo. |
| CG4 | Capacidad de aplicar conocimientos de informática y de diseño asistido por ordenador a la resolución de problemas de cálculo y diseño en su ámbito profesional. |
| CG6 | Capacidad para la toma de decisiones optimizando las variables de tiempo e información. |
| CG8 | Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento. |
| CG9 | 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. |
| CG10 | Capacidad para el trabajo en un entorno internacional, con frecuencia multilingüe y multidisciplinar. |
| CG13 | Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Química. |
| CG14 | Tener capacidad para el aprendizaje autónomo, el entrenamiento y la readaptación continua a nuevos tiempos, nuevos retos, nuevas tecnologías, nuevos equipos y nuevas condiciones de trabajo, así como para la interacción sinérgica con expertos de áreas afines o complementarias, de forma crítica y autocrítica. |
| CG15 | Capacidad para el estudio, la investigación y el desarrollo científico y tecnológico en el ámbito de la Ingeniería Química, de forma creativa y continua. |
| CG20 | Conocimiento en materias básicas y tecnológicas que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones. |

Las *competencias específicas* se concretan en:

| | |
|---------------------------------|--|
| <i>Competencias específicas</i> | |
| CE1 | 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. |

| | |
|------|--|
| CE2 | Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal, geometría, geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales, métodos numéricos, algorítmica numérica, estadística y optimización. |
| CE7 | 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 | 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. |
| CE18 | Tener capacidad para adaptarse, con éxito, a situaciones y problemas novedosos con información incompleta, incierta o evolucionante. |
| CE19 | Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos y capacidad para su aplicación en ingeniería. |
| CE23 | Capacidad para la realización de operaciones básicas de flujo de fluidos, de transmisión de calor y de transferencia de materia, así como para hacer funcionar los equipos correspondientes a las mismas. |
| CE25 | Capacidad para diseñar, gestionar y operar procedimientos de simulación, control e instrumentación de procesos químicos. |
| CE26 | Capacidad para el análisis y optimización de procesos y productos. |
| CE27 | Capacidad para el diseño y gestión de procedimientos de experimentación aplicada, especialmente, para la determinación de propiedades termodinámicas y de transporte, y modelización de sistemas y procesos en el ámbito de la Ingeniería Química, sistemas con flujo de fluidos, transmisión de calor, transferencia de materia, cinética de reacciones y reactores químicos. |
| CE28 | Capacidad para concebir, modelizar y diseñar transformaciones físicas y químicas de interés práctico en el laboratorio y en la industria. |
| CE31 | Capacidad para desarrollar un Trabajo Fin de Grado, en el que se demostrará de forma práctica el grado de obtención de competencias por parte del graduado, al aplicar sus conocimientos a un problema de concepción, cálculo y diseño de una instalación industrial, que incluya aspectos de seguridad, balances económicos e impacto ambiental del diseño. |

El alumno que haya superado esta asignatura será capaz de (resultados de aprendizaje):

| <i>Resultados de aprendizaje</i> | |
|----------------------------------|--|
| RDS1 | Utilizar los principios básicos de la ingeniería química para modelizar y simular el comportamiento dinámico y estático de procesos químicos. |
| RDS2 | Aplicar los métodos matemáticos apropiados para la resolución numérica de problemas de simulación de procesos químicos. |
| RDS3 | Desarrollar programas de ordenador para simular el comportamiento de procesos químicos y/o utilizar herramientas informáticas apropiadas. |
| RDS4 | Formular y resolver problemas industriales de diseño y optimización, con herramientas informáticas de simulación que en la actualidad emplean las industrias de procesos: HYSYS. |
| RDS5 | Interpretar los datos procedentes de las simulaciones en términos de su significado y la teoría que los soporta. |

5. Contenidos

Los contenidos de la asignatura “*Dinámica y Simulación de Procesos Químicos*”, se han organizado con arreglo a los siguientes temas:

Tema 1. Introducción a la dinámica, simulación y control de procesos químicos

BLOQUE I: MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS

Tema 2. Modelización de procesos químicos. Modelos de fenómenos de transporte y su formulación matemática

Tema 3. Resolución matemática de modelos: algoritmos de simulación

Tema 4. Descripción de sistemas: funciones de transferencia y diagramas de bloques para sistemas mono y multivariables

Tema 5. Ejemplos de modelización y simulación de procesos químicos

BLOQUE II: MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS CON SISTEMAS DE CONTROL

Tema 6. Aplicación a los procesos químicos de los sistemas de control con realimentación. Comportamiento dinámico de bucle cerrado. Dimensionado de válvulas de control

Tema 7. Diseño de sistemas de control para procesos químicos. Sintonización

Tema 8. Simulación de procesos químicos con sistemas de control. Seguridad y control

Tema 9. Identificación de sistemas. Modelos empíricos

BLOQUE III: CONTROL AVANZADO Y MULTIVARIABLE

Tema 10. Control avanzado de Procesos Químicos

Tema 11. Sistemas de control multibucle para procesos químicos multivariables

Tema 12. Programas comerciales para la simulación de procesos químicos. HYSYS

BLOQUE IV: INSTRUMENTACIÓN

Tema 13. Clases y características de instrumentos. Aspectos de seguridad en el control de procesos químicos

Tema 14. Elementos primarios de medida de temperatura y presión

Tema 15. Elementos primarios de medida de caudal y nivel

6. Metodología y plan de trabajo

La metodología a seguir para impartir la asignatura viene condicionada por la distribución en horas de las distintas actividades formativas que establece la memoria de verificación del título: 46 horas de clases expositivas (CE), 7 horas de prácticas de aula (PA), 4 horas de tutorías grupales (TG), 3 h de sesiones de evaluación (SE), y 90

horas de trabajo no presencial (NP).

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 docentes:

| MODALIDADES | | Horas | % | Totales |
|---------------|-----------------------------|------------|------|-------------|
| Presencial | Clases Expositivas (CEX) | 46 | 30.7 | 60 (40%) |
| | Prácticas de aula (PA) | 7 | 4.6 | |
| | Tutorías grupales (TG) | 4 | 2.7 | |
| | Sesiones de evaluación (SE) | 3 | 2.0 | |
| No presencial | Trabajo en Grupo | 5 | 3.3 | 90 (60%) |
| | Trabajo Individual | 85 | 56.7 | |
| Total | | 150 | 100 | |

Las **clases expositivas** serán clases magistrales que consistirán en la exposición verbal por parte del profesor de los contenidos de las asignaturas, tanto desde el punto de vista teórico como a través de la realización de ejemplos y casos prácticos, empleando medios audiovisuales. El profesor pondrá a disposición de los alumnos, a través de Campus Virtual y con suficiente antelación, tanto las diapositivas utilizadas en clase como los ejemplos resueltos.

Las **prácticas de aula** se dedican a la resolución de los problemas que el profesor propondrá para que el alumno trabaje de forma individual y ponga en práctica los conocimientos adquiridos. Los alumnos dispondrán con antelación suficiente los enunciados de las tareas que tendrán que resolver. Durante la práctica se fomentará una alta participación del alumno, por medio de la realización de preguntas y la exposición oral de tareas y problemas.

En las **tutorías grupales** se realiza un seguimiento individualizado de los avances y de las dificultades que los alumnos tienen para la comprensión de la asignatura, y se aclararán las dudas y los problemas que el alumno haya podido encontrar en la resolución de las tareas propuestas. Además, se pretende que en algunas tutorías se realicen

pruebas prácticas evaluables para la comprobación del seguimiento de la asignatura, especialmente el desarrollo de programas de simulación mediante SIMULINK® en Aula de Informática.

La asistencia a las prácticas de aula y a las tutorías grupales será obligatoria.

Los alumnos tendrán a su disposición una copia del material gráfico que se empleará en las clases presenciales, así como los enunciados de los problemas y casos propuestos que se abordarán en las clases.

El plan de trabajo queda recogido en la siguiente Tabla:

| | | TRABAJO PRESENCIAL | | | | | TRABAJO PRESENCIAL NO | | |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|
| <i>Bloques</i> | <i>Horas totales</i> | <i>Clases Expositivas</i> | <i>Prácticas de aula</i> | <i>Tutorías grupales</i> | <i>Sesiones de evaluación</i> | <i>Total</i> | <i>Trabajo grupo</i> | <i>Trabajo individual</i> | <i>Total</i> |
| Tema 1 | 2 | 1 | | | | 1 | | 1 | 1 |
| Bloque I | 50 | 14 | 2 | 1.5 | | 17.5 | 1.5 | 31 | 32.5 |
| Bloque II | 45 | 13 | 3 | 1.5 | | 17.5 | 1.5 | 26 | 27.5 |

| | | | | | | | | | |
|--------------|------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Bloque III | 29 | 9 | 2 | 1 | | 12 | 1 | 16 | 17 |
| Bloque IV | 21 | 9 | 0 | 0 | | 9 | 1 | 11 | 12 |
| Evaluación | 3 | | | | 3 | 3 | | | |
| Total | 150 | 46 | 7 | 4 | 3 | 60 | 5 | 85 | 90 |

Tabla 1. Distribución de los contenidos de la asignatura

7. Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

El valor de cada uno de los sistemas de evaluación, tanto en las convocatorias ordinarias como en las extraordinarias, expresado en porcentaje, será el siguiente:

| Sistemas de evaluación | Resultados de aprendizaje | de | Porcentaje |
|---|---------------------------|----|------------|
| Evaluación de Prácticas de Aula y Tutorías Grupales | Todos | | 20% |
| Evaluación Examen Escrito | Todos | | 80% |

- Prácticas de Aula y Tutorías Grupales:** Es obligatoria la asistencia a las Prácticas de Aula y Tutorías Grupales, si bien, en casos debidamente justificados será válida una asistencia superior al 80%. Se tendrá en cuenta la participación activa y el trabajo realizado por cada alumno en las mismas. En algunas Tutorías Grupales se realizarán pruebas evaluables para la comprobación del seguimiento de la asignatura en su parte práctica, especialmente el desarrollo de programas de simulación mediante SIMULINK® en Aula de Informática. Los estudiantes dispondrán con suficiente antelación de los enunciados de las tareas que deben resolver de forma individual, o colectiva, antes de la tutoría. Un 20% de la calificación final del estudiante se corresponderá con la valoración de estos aspectos.

- **Evaluación final:** Al final del curso se realizará un examen escrito para comprobar el dominio de las materias correspondientes a la asignatura, consistente en la respuesta a cuatro cuestiones de carácter teórico o teórico-práctico (40% de la nota de examen) y la resolución de dos problemas (60 % de la nota de examen). No se puede aprobar la asignatura con menos del 30% de la nota asignada a la parte teórico-práctica y/o con menos del 30% de la nota asignada a la resolución de los problemas. Un 80% de la calificación final del estudiante corresponderá a la nota obtenida en el examen.

Para aprobar la asignatura en la convocatoria de diciembre-enero, la calificación de la evaluación final no podrá ser inferior al 40% de su valor máximo. Si se cumple esta condición, la calificación final se calculará teniendo en cuenta los porcentajes de ponderación señalados en la tabla anterior.

Para todas las demás convocatorias del mismo curso académico, la calificación final se calculará con la nota obtenida en las Prácticas de Aula y Tutorías Grupales y la nota obtenida en la evaluación final correspondiente a la convocatoria, teniendo en cuenta los porcentajes de ponderación señalados para cada uno de ellos en la tabla anterior. También serán de aplicación los porcentajes mínimos correspondientes a la evaluación final, indicados más arriba. En caso de no disponer de nota en las Prácticas de Aula y Tutorías Grupales, por no haber asistido en su momento, se asignará un cero en ese apartado en todas estas convocatorias.

8. Recursos, bibliografía y documentación complementaria

Recursos:

Se utilizará material gráfico que, como ya se ha indicado, estará a disposición de los alumnos con antelación en Campus Virtual. Se fomentará la consulta de la bibliografía especializada disponible a través de la red de bibliotecas de la Universidad de Oviedo (BUO), localizada especialmente en la Facultad de Química, así como los recursos en red (publicaciones electrónicas y bases de datos).

La Facultad dispone de un aula de informática con dos sedes: una situada en el edificio A (con 24 puestos), y otra situada en el edificio D (con 18 puestos). En la primera, los estudiantes pueden realizar una gran variedad de tareas relacionadas con sus clases, tanto teóricas como prácticas, y trabajos académicos. Se rige por normas aprobadas por la Comisión de Informática, delegada de la Junta de Facultad, y su gestión corresponde al Decanato de la Facultad. El aula de informática que se encuentra en la segunda planta del edificio D está dedicada a las necesidades docentes de las distintas asignaturas que se imparten en la Facultad.

Bibliografía básica:

- Seborg, D.E., Edgar, T.F., Mellichamp, D.A., Doyle, F.J., *"Process Dynamics and Control"*. 3rd ed. Wiley (2011)). BUO ref.: QE66-503
- Stephanopoulos, G., *"Chemical process control"*, Ed. Prentice-Hall (1984). BUO ref.: QE66-322, Q66-0115, Q66-0151, Q66-0121, QE66-323
- Ollero, P., Fernández, E., *"Control e instrumentación de procesos químicos"*. Síntesis (1997). BUO ref.: Q66-0217, Q66-0279, Q66-0278
- Ingham, J., Dunn, I.J., Keinzle, E., Prenosil, J.E., Snape, J.B. *"Chemical Engineering Dynamics: an Introduction to Modelling and Computer Simulation"*, WILEY-VCH Verlag, Weinheim (2007). BUO ref.: VD66 INGH, otras ediciones QE681-050, QE681-066, QE681-068

Bibliografía complementaria:

- Roffel, B., Betlem, B., *"Process Dynamics and Control: modeling for control and prediction"*. Wiley (2006)
- Ollero, P., Fernández, E., *"Instrumentación y Control de plantas químicas"*. Síntesis (2012). BUO ref.: V681V OLLE
- Bequette, B.W., *"Process Dynamics: Modeling, Analysis and Simulation"*, Prentice Hall, New Jersey (1998). BUO ref.: QE66-463

- Cutlip, M.B., Shacham, M., *“Resolución de Problemas en Ingeniería Química y Bioquímica con Polymath, Excel y MATLAB”*, Pearson-Prentice-Hall (2008). Versión inglesa en BUO ref.: VD66 CUTL
- Elnashaie, A., Uhlig, F., *“Numerical Techniques for Chemical and Biological Engineers using MATLAB”*, Springer, New York (2007)
- CO: Considine, D.M., and Considine, G.D., *“Process Instruments and Control Handbook”*, McGraw-Hill (1985). BUO ref.: QE66-356
- CR: Creus, A., *“Instrumentación Industrial”*, Ed. Marcombo (1997). BUO ref.: Q62-0006

