Guía Docente:

SIMULACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
CURSO 2012-2013

I.- IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA ASIGNATURA:	**Simulación y Control de Procesos**
CARÁCTER:	**Obligatoria**
MATERIA:	**Ingeniería de la Producción Química**
MÓDULO:	**Tecnología Química**
TITULACIÓN:	**Grado en Ingeniería Química**
SEMESTRE/CUATRIMESTRE:	**Anual (tercer curso)**
DEPARTAMENTO/S:	**Ingeniería Química**

PROFESOR/ES RESPONSABLE/S:

Grupo Único		
Teoría **Seminario** **Tutoría** **Laboratorio**	**Profesor:** **Departamento:** **Despacho:** **e-mail:**	JOSÉ ANTONIO DELGADO DOBLADEZ Ingeniería Química QA-144 jadeldob@quim.ucm.es
Teoría **Seminario** **Tutoría** **Laboratorio**	**Profesora:** **Departamento:** **Despacho:** **e-mail:**	MARÍA ISABEL GUIJARRO GIL Ingeniería Química QA-B67 migg@quim.ucm.es
Teoría **Seminario** **Tutoría** **Laboratorio**	**Profesor:** **Departamento:** **Despacho:** **e-mail:**	V. ISMAEL ÁGUEDA MATÉ Ingeniería Química QP-110 viam@quim.ucm.es
Teoría **Seminario** **Tutoría** **Laboratorio**	**Profesor:** **Departamento:** **Despacho:** **e-mail:**	PEDRO YUSTOS CUESTA Ingeniería Química QP-109 pyustosc@quim.ucm.es
Laboratorio	**Profesor:** **Departamento:** **Despacho:** **e-mail:**	JOSÉ MANUEL TOLEDO GABRIEL Ingeniería Química QA-B61 jmtoledo@quim.ucm.es

II.- OBJETIVOS

■ OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de la simulación es la descripción y utilización de una herramienta fundamental para el ingeniero químico: la simulación de procesos. Por otra parte, el objetivo del control es proporcionar al alumno un conocimiento extenso y profundo sobre los fundamentos de los sistemas de control automático y la instrumentación industrial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los fundamentos de los programas de simulación de procesos químicos.
- Aprender a manejar ASPEN PLUS.
- Diseñar y optimizar procesos de la industria química en presencia de incertidumbre.
- Comprender y dominar las herramientas matemáticas utilizadas en la descripción de la dinámica de procesos en lazo abierto y lazo cerrado.
- Comprender y dominar los mecanismos y principios básicos de operación de la instrumentación y las características básicas de señales estándar usadas en los sistemas de control analógicos y digitales.
- Saber diseñar los circuitos y las acciones y lazos de control con las especificaciones de respuesta y estabilidad más adecuadas.

III.- CONOCIMIENTOS PREVIOS Y RECOMENDACIONES

CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Nociones básicas de informática (manejo de Windows, Word, PowerPoint) y de matemáticas (ecuaciones diferenciales, transformadas de Laplace).

RECOMENDACIONES:

Se recomienda haber cursado las asignaturas de *Fundamentos de Ingeniería Química*, *Termodinámica Aplicada* y *Mecánica de Fluidos*.

IV.- CONTENIDOS

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS:

Dominio del tiempo. Dominio de Laplace. Dominio de la frecuencia. Especificaciones y normas. Terminología. Diagramas P&ID. Instrumentación analógica y digital. Instrumentación virtual. Entorno MATLAB-SIMULINK. Medidores de temperatura, presión, caudal, nivel. Análisis industrial. Control. Niveles de automatización. Lazo abierto y lazo cerrado. Acciones de control. Elemento final. Sintonización y estabilidad. Aplicaciones a control de presión y temperatura con programas informáticos comerciales. Modelos. Simulación de procesos mediante programas. Optimización.

PROGRAMA:

BLOQUE 1: SIMULACIÓN DE PROCESOS

Tema 1. Introducción a la Estrategia y Simulación de Procesos

Conceptos básicos. Aplicaciones de la simulación en la industria química. Modelos. Modelos matemáticos. Sistemas. Construcción de modelos matemáticos. Simuladores comerciales. Arquitectura de un simulador. Simulación estacionaria y dinámica.

Tema 2. Simulación de procesos en régimen estacionario

Desarrollo del diagrama de flujo para la simulación. Relación Modelo / operación. Sistemas de Unidades. Componentes. Tipos de Componentes. Sistemas termodinámicos. Métodos para la estimación del equilibrio LV y LL. Grados de libertad y especificaciones de diseño. Tipos de problemas relacionados con la simulación de procesos. Simuladores secuenciales y simultáneos.

Tema 3. La estrategia modular secuencial para la simulación de procesos en régimen estacionario

Métodos iterativos en simulaciones secuenciales. Resolución de problemas con reciclo y especificaciones de diseño Corrientes de corte. Criterio de fin de procesos iterativos. Ventajas y desventajas de la resolución secuencial modular. Métodos para renovación de hipótesis (directa, sobrerelajación, Wegstein, Newton y Broyden)

Tema 4. Simulación de procesos en estado estacionario con ASPEN PLUS

Características fundamentales del paquete de "software" comercial ASPEN PLUS. Utilización del "interface" gráfico. Requerimientos para llevar a cabo una simulación de un proceso. Modelos de operación unitaria. Estimación de propiedades físicas. Tipos de variables. Análisis de sensibilidad de variables. Especificaciones de diseño.

BLOQUE 2: CONTROL DE PROCESOS

Tema 5. Dinámica. Dominio del tiempo

Dinámica de sistemas. Sistemas lineales de primer orden. Sistemas lineales de segundo orden. Sistemas no lineales y linealización.

Tema 6. Dominios de Laplace y de la Frecuencia

Transformada de Laplace. Funciones de transferencia. Diagramas de bloques. Álgebra de bloques. Respuesta de frecuencia. Diagramas de Bode.

Tema 7. Instrumentación

Especificaciones, normas. Instrumentación analógica. Instrumentación digital. Medidores, transmisores, controladores, actuadores e instrumentación industrial.

Tema 8. Lazos de control

Acciones de control. Elemento final de control. Lazos “feedback” y "feedforward". Estabilidad absoluta y relativa. Aplicaciones a operaciones y procesos.

V.- COMPETENCIAS

- **GENERALES:**
  - **CG1-TQ1:** Utilizar conceptos para el aprendizaje autónomo de nuevos métodos y teorías.
  - **CG5-TQ1:** Analizar, diseñar, simular y optimizar procesos y productos.

- **ESPECÍFICAS:**
  - **CE19-IP1:** Realizar balances de materia y energía macroscópicos.

- **CE21-IP1:** Analizar los componentes de un proceso químico bajo los aspectos preferentes termodinámicos, cinéticos y operativos y establecer la integración óptima de los mismos.
- **CE23-IP1:** Saber plantear y optimizar modelos que permitan la simulación de procesos.
- **CE23-IP2:** Utilizar los programas comerciales de simulación en Ingeniería Química.
- **CE23-IP3:** Utilizar las herramientas matemáticas utilizadas en el control dinámico en lazo abierto y lazo cerrado.
- **CE23-IP4:** Definir, reconocer y contrastar la exactitud y sensibilidad de instrumentos de medida industriales.
- **CE23-IP5:** Usar paquetes comerciales de supervisión (SCADA) y de I&C, interpretar y definir especificaciones, diagramas de bloques y esquemas P&ID.

■ **TRANSVERSALES:**

- **CT1-TQ1:** Desarrollar capacidad de análisis y síntesis.
- **CT2-TQ1:** Resolver problemas en el área de la Tecnología Química.
- **CT6-TQ1:** Utilizar herramientas y programas informáticos para calcular, simular y aproximar.
- **CT8-TQ1:** Demostrar capacidad para el razonamiento crítico y autocrítico.

VI. – HORAS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN POR ACTIVIDAD

Actividad	Presencial (horas)	Trabajo autónomo (horas)	Créditos
Clases teóricas	42	63	4,2
Seminarios	18	27	1,8
Laboratorio	30	22,5	2,1
Tutorías	3	4,5	0,3
Preparación de trabajos y exámenes	6	9	0,6
Total	**99**	**126**	**9**

VII.- METODOLOGÍA

El tiempo lectivo del curso se divide en clases teóricas, seminarios, laboratorios, y tutorías.

Las **clases teóricas** se desarrollarán en un solo grupo, formado por el conjunto de todos los alumnos matriculados en la asignatura. Consistirán, de forma mayoritaria, en lecciones magistrales en las que se expondrán conocimientos teóricos generales sobre la simulación y control de procesos. Mediante esta metodología se plantea desarrollar en el alumno las siguientes competencias: CG1-TQ1, CE21-IP1, CE23-IP2, CE23-IP3, CE23-IP4 y CE23-IP5.

Las **clases de seminario** se realizarán en aulas de informática. En estas clases se explicará el manejo del programa ASPEN PLUS y herramientas matemáticas empleadas en el control, centrándose en los elementos que se requieran para resolver los casos prácticos asignados a los alumnos. Mediante esta metodología se plantea desarrollar en el alumno las siguientes competencias: CG5-TQ1, CE19-IP1, CE23-IP2, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT6-TQ1 y CT8-TQ1

En el **laboratorio** de la parte de simulación de procesos los alumnos resolverán el caso práctico asignado con ASPEN PLUS con el asesoramiento del profesor. Los alumnos harán también una práctica de control (presión y temperatura) dotada de SCADA. Mediante esta metodología se plantea desarrollar en el alumno las siguientes competencias: CE23-IP2, CE23-IP4, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT6-TQ1, CT8-TQ1.

En las **tutorías** se supervisará el progreso de los alumnos, resolviendo sus dudas sobre lo aprendido en las clases teóricas, y sobre la resolución de los casos prácticos planteados. Mediante esta metodología se plantea desarrollar en el alumno la competencia CT8-TQ1.

Se utilizará el **Campus Virtual** como instrumento para poner a disposición de los alumnos el material que se utilizará en las clases teóricas y prácticas, y como medio de comunicación entre el profesor y los alumnos.

VIII.- BIBLIOGRAFÍA

BÁSICA:

- ASPEN PLUS, "*Manuales de usuario del programa*".
- LUYBEN, W. L., *"Process Modelling, Simulation, and Control for Chemical Engineers"*, 2nd ed., McGraw-Hill, 1990.
- OGATA, K., *"Ingeniería de Control Moderna"*, 5º ed., Prentice Hall, 2010.

COMPLEMENTARIA:

- RAMIREZ, W.F., "*Computational Methods for Process Simulation*, Butterworths, 1989.
- EIDER, WARREN D.; SEADER, J.D. y LEWIN, DANIEL R., "*Process Design Principles. Synthesis, Analysis and Evaluation"*, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1999.
- ALEXANDRE C. DIMIAN, "*Integrated Design and Simulation of Chemical Processes"*, Elsevier, 2003.
- CREUS, A., "*Instrumentación Industrial"*, Marcombo-Boixareu, 1993.
- OGATA, K., *"Sistemas de Control en Tiempo Discreto"*, 2ª ed., Prentice Hall, 1996.
- ACEDO, J., *"Instrumentación y control avanzado de procesos"*, Díaz de Santos, 2006.

IX.- EVALUACIÓN

La evaluación del rendimiento del alumno y de las competencias adquiridas en la asignatura se llevará a cabo mediante una evaluación global, que considerará por una parte los exámenes que se realicen y por otra las actividades dirigidas y el trabajo personal efectuado por el alumno.

Para poder realizar la evaluación global de la asignatura y presentarse al examen final, el estudiante deberá haber participado al menos en el 70% de las actividades presenciales de aula (teoría, seminarios y tutorías). La asistencia a todas las sesiones de laboratorio es **obligatoria.**

El rendimiento académico y la calificación final serán el resultado de las calificaciones obtenidas en el Bloque de Simulación de Procesos (45%), y en el Bloque de Control de Procesos (55%), ponderadas de la siguiente forma en cada uno de los bloques:

Simulación de Procesos:	
Examen:	30%
Actividades dirigidas:	35%
Prácticas de laboratorio:	35%
Control de Procesos:	
Examen:	70%
Actividades dirigidas:	15%
Prácticas de laboratorio:	15%

Será necesario obtener una calificación mínima de cuatro en cada bloque para realizar la media.

■ EXAMEN ESCRITO: 52%

La evaluación de las competencias adquiridas en la asignatura (CG1-TQ1, CE21-IP1, CE23-IP2, CE23-IP3, CE23-IP4 y CE23-IP5) se realizará mediante dos exámenes parciales escritos, de carácter principalmente práctico en el Bloque de Simulación de Procesos, uno al final de cada semestre, así como un examen final, en las convocatorias ordinaria (junio) y/o extraordinaria (septiembre), que consistirá en un conjunto de cuestiones de desarrollo o aplicación directa de teoría y de problemas numéricos.

Los alumnos que superen los dos exámenes parciales no estarán obligados a presentarse al examen final. La calificación obtenida en los exámenes parciales, o en su caso en el examen final, representará el 52% de la evaluación global. En el caso de realizar el examen final, será necesario alcanzar una nota mínima de 3 puntos para acceder a la evaluación global de la asignatura.

En el caso de no superar la asignatura realizando el examen final en la convocatoria ordinaria, se podrá efectuar éste en la convocatoria extraordinaria. En este caso, a efectos de la evaluación global, el examen representará igualmente un 52% de la calificación, aplicándose la misma evaluación para las restantes actividades realizadas en el curso.

■ TRABAJOS DIRIGIDOS Y PARTICIPACIÓN EN SEMINARIOS: 24%

La evaluación de las actividades dirigidas permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CG5-TQ1, CE19-IP1, CE23-IP2, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT2-TQ1,

CT6-TQ1 y CT8-TQ1. Para la convocatoria extraordinaria se mantendrá la calificación de las actividades dirigidas.

Los alumnos han de entregar, según plazos que se fijen a principio del curso, una colección de problemas y un trabajo dirigido en el Bloque de Control de Procesos para medir el grado de consecución de las competencias y destrezas en la realización del ejercicio desde las especificaciones del problema hasta los resultados obtenidos tanto en el bloque de Simulación como en el bloque de Control de Procesos.

Una vez obtenida esta calificación se mantendrá en todas las convocatorias en ambas partes.

- **PRÁCTICAS: 24%**

Con el fin de fomentar el aprendizaje cooperativo se organizarán grupos reducidos.

La asistencia a todas las sesiones de laboratorio es **obligatoria**. La evaluación en la convocatoria ordinaria se realizará teniendo en cuenta la aptitud y actitud del alumno en las sesiones prácticas, sus respuestas a cuestiones concretas planteadas por el profesor, así como la calidad del informe escrito presentado por grupo de trabajo sobre la resolución del caso práctico y de la práctica de laboratorio. Dicho informe se entregará a los profesores de la asignatura para su evaluación.

La evaluación permitirá conocer el grado de consecución de las competencias CE23-IP2, CE23-IP4, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT6-TQ1 y CT8-TQ1. En la convocatoria extraordinaria, aquellos alumnos que tengan una nota inferior a 4 deberán repetir el informe escrito. Las prácticas de laboratorio representan el 24% de la evaluación global.

Para poder recibir calificación del caso práctico el alumno debe obtener una calificación mínima (3) en el examen final escrito.

PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES – CRONOGRAMA

BLOQUE	ACTIVIDAD	HORAS	GRUPOS	INICIO	FIN
1. SIMULACIÓN DE PROCESOS	Teoría	18	2	1ª semana	13ª semana
	Seminario	8	2		
2. CONTROL DE PROCESOS	Teoría	24	1	14ª semana	30ª semana
	Seminario	10	2		
BLOQUE 1 y 2.	Tutorías programadas*	3	4	Semanas 13ª, 23ª, 30ª	
1. SIMULACIÓN DE PROCESOS	Laboratorio	15	4	9ª semana	13ª semana
2. CONTROL DE PROCESOS	Laboratorio	15	10	26ª semana	30ª semana

* Las tutorías programadas están sujetas a posibles modificaciones según la planificación conjunta del curso.

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES

Actividad docente	Competencias asociadas	Actividad Profesor	Actividad alumno	Procedimiento de evaluación	P	NP	Total	C
Clases de teoría	CG1-TQ1 CE21-IP1 CE23-IP1 CE23-IP2 CE23-IP3 CE23-IP4 CE23-IP5	Exposición de los conocimientos teóricos necesarios para resolver los casos prácticos	Toma de apuntes		42	63	105	-
Seminarios	CG5-TQ1, CE19-IP1, CE23-IP2, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT2-TQ1, CT6-TQ1, CT8-TQ1	Explicación del manejo de ASPEN PLUS	Toma de apuntes Manejo del ordenador	Evaluación del programa entregado para resolver el caso asignado	18	27	45	24%
Laboratorios	CE23-IP2, CE23-IP4, CE23-IP5, CT1-TQ1, CT6-TQ1, CT8-TQ1.	Asesoramiento a los alumnos en los casos prácticos asignados. Realización de prácticas de laboratorio	Aplicación de los conocimientos adquiridos en las clases teóricas y seminarios. Manejo de equipos comerciales de control	Evaluación del informe sobre el caso asignado y de las aptitudes en el laboratorio	30	22,5	52,5	24%
Tutorías	CT8-TQ1	Supervisión del progreso de los alumnos	Preparación de las preguntas para el profesor, asimilación y aplicación de las explicaciones recibidas		3	4,5	7,5	-
Exámenes	CG1-TQ1, CE21-IP1, CE23-IP3	Propuesta, vigilancia y corrección del examen. Calificación del alumno	Estudio y realización	Examen sobre los contenidos expuestos en las clases teóricas	6	9	15	52%

P : Presenciales; NP: no presenciales (trabajo autónomo); C: calificación