

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx</b>		
	<b>Curso académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

### PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Identificación y características de la asignatura			
Código	502468	Créditos ECTS	6
Denominación (español)	Ingeniería de Procesos II		
Denominación (inglés)	Process Engineering II		
Titulación/es	Grado en Ingeniería Química Industrial		
Centro	Facultad de Ciencias		
Semestre	7	Carácter	Obligatoria
Módulo	Ingeniería Química		
Materia	Ingeniería de Procesos y Productos		
Profesor/es			
Nombre	Despacho	Correo-e	Página web
Fco Javier Rivas Toledo	Edif. José Luis Sotelo (1ª planta)	fjrivias@unex.es	
Área de conocimiento	Ingeniería Química		
Departamento	Ingeniería Química y Química Física		
Profesor coordinador			
Competencias			
<u>Competencias básicas</u>			
CB1: Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.			
CB2: Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.			
CB3: Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.			
CB4: Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.			
CB5: Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.			
<u>Competencias generales</u>			
CG1: Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la Ingeniería Química que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 de la Orden CIN/351/2009 de 9 de febrero, la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización.			
CG2: Capacidad para la dirección de las actividades objeto de los proyectos de ingeniería descritos en el epígrafe anterior.			

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx</b>		
	<b>Curso académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

CG3: Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacitan para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les doten de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
CG4: Capacidad de 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.
CG5: Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, peritaciones, tasaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
CG6: Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
CG7: Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.
CG8: Capacidad para aplicar los principios y métodos de calidad.
CG9: Capacidad de organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones.
CG10: Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.
CG11: Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.
<u>Competencias transversales</u>
CT1: Desarrollar valores propios de una cultura de paz y de valores democráticos.
CT2: Demostrar capacidad de organizar, planificar, de análisis y síntesis.
CT3: Demostrar habilidades en el uso de aplicaciones informáticas y empleo de nuevas tecnologías para el aprendizaje, divulgación de conocimiento y recopilación de información relevante para emitir juicios.
CT4: Saber transmitir información, ideas, problemas y soluciones en un entorno profesional.
CT5: Poseer habilidades en las relaciones interpersonales.
CT6: Reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios.
CT7: Reconocer la diversidad y multiculturalidad.
CT8: Desarrollar habilidades de estudio en la formación continua y para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
CT9: Respetar los derechos fundamentales de igualdad entre hombres y mujeres.
CT10: Respetar y promover los derechos fundamentales y los principios de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad.
<u>Competencias específicas</u>
CE19: Conocimientos sobre balances de materia y energía, biotecnología, transferencia de materia, operaciones de separación, ingeniería de la reacción química, diseño de reactores, y valorización y transformación de materias primas y recursos energéticos.
CE20: Capacidad para el análisis, diseño, simulación y optimización de procesos y productos.
CE22: Capacidad para diseñar, gestionar y operar procedimientos de simulación, control e instrumentación de procesos químicos.

## Contenidos

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx</b>		
	<b>Curso académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

Breve descripción del contenido
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fundamentos del control de procesos químicos.</li> <li>○ Elementos de un sistema de control: sensores, transmisores, actuadores y reguladores automáticos.</li> <li>○ Simulación dinámica de procesos.</li> <li>○ Sintonización de controladores.</li> <li>○ Programas comerciales para diseñar, gestionar y operar procedimientos de simulación dinámica, control e instrumentación de procesos químicos.</li> </ul>
Temario de la asignatura
<p><b>Tema 1. Fundamentos del control de procesos químicos.</b></p> <p>1.1. Introducción.</p> <p>1.2. Estrategias de control.</p> <p>1.3. Conceptos básicos en el control de procesos.</p> <p>1.4. Elementos de un sistema de control de procesos.</p>
<p><b>Tema 2. Modelado matemático de sistemas dinámicos.</b></p> <p>2.1. Sistemas lineales.</p> <p>2.2. Sistemas no lineales.</p> <p>2.3. Linealización de modelos dinámicos de procesos.</p> <p>2.4. Variables de desviación.</p> <p>2.5. Sistemas lineales de primer orden.</p> <p>2.6. Sistemas lineales de segundo orden</p>
<p><b>Tema 3. Análisis de la dinámica de procesos en el dominio de Laplace. Funciones de transferencia.</b></p> <p>3.1. La transformada de Laplace.</p> <p>3.2. Transformada inversa de Laplace.</p> <p>3.3. Resolución de ecuaciones diferenciales lineales.</p> <p>3.4. Respuesta al escalón de sistemas simples.</p> <p>3.5. Funciones de transferencia. Modelos entrada salida.</p> <p>3.6. Análisis cualitativo del comportamiento dinámico de un sistema. Estabilidad a partir de la función de transferencia.</p> <p>3.7. Diagramas de bloques.</p>
<p><b>Tema 4. Modelos dinámicos empíricos.</b></p> <p>4.1. Metodología general</p> <p>4.2. Método de la curva de reacción.</p>
<p><b>Tema 5. Análisis dinámico en el dominio de la frecuencia.</b></p> <p>5.1. Respuesta en frecuencia.</p> <p>5.2. Representación gráfica de la respuesta en frecuencia.</p> <p>5.3. Respuesta en frecuencia de sistemas constituidos por funciones de transferencia en serie</p>
<p><b>Tema 6. Control por realimentación. Controladores PID.</b></p> <p>6.1. El error en estado estacionario en lazos de realimentación.</p> <p>6.2. Controladores analógicos PID.</p>

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx</b>		
	<b>Curso académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

6.3. Comportamiento dinámico de sistemas controlados por realimentación.
6.4. Selección de las acciones de control.
<b>Tema 7. Análisis dinámico y diseño de lazos de realimentación. Criterios de estabilidad.</b>
7.1 Criterios de estabilidad en lazo cerrado.
7.2. La ecuación característica.
7.3. Criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.
7.4. Análisis del lugar de las raíces. Procesos sin tiempo muerto.
7.5. Criterio de estabilidad de Bode.
7.6. Criterio de estabilidad de Nyquist.
<b>Tema 8. Sintonización de controladores PID. Diseño de compensadores.</b>
8.1. Sintonización de controladores de realimentación.
8.2. Criterios de calidad de respuesta.
8.3. Métodos de sintonización de controladores.
8.4. Diseño de compensadores.
<b>Tema 9. Control por realimentación de procesos con grandes tiempos muertos y/o respuesta inversa.</b>
9.1. El predictor de Smith.
9.2. Control de sistemas con respuesta inversa.
<b>Tema 10. Control de procesos multivariables.</b>
10.1. Representación en el espacio de estados de sistemas con función de transferencia.
10.2. Representación en el espacio de estados con Matlab
10.3. Solución de la ecuación de estado. Uso de Matlab.
10.4. Controlabilidad y observabilidad.
10.5. Diseño de sistemas de control en el espacio de estados
10.6. Diseño de sistemas de control en el espacio de estados. Servosistemas.
10.7. Observadores de estado
10.8 Diseño de sistemas reguladores con observadores de estado.
10.9. Diseño de sistemas de control con observadores de estado
10.10. Sistema regulador óptimo cuadrático
<b>Tema 11. Control de procesos en tiempo discreto.</b>
11.1. Elementos de un sistema digital de control.
11.2. Muestreo de señales continuas.
11.3. Reconstrucción de señales continuas a partir de valores en tiempo discreto.
11.4. Conversión de modelos en continuo a tiempo discreto
11.5. Transformada Z
11.6. Dinámica de sistemas en tiempo discreto
11.7. Diseño de controladores digitales

<b>Actividades formativas</b>								
-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Horas de trabajo del alumno/a por tema		Horas Gran grupo	Actividades prácticas				Actividad de seguimiento	No presencial
Tema	Total	GG	CH	L	O	S	TP	EP
1	3	1						2
2	7	2						5

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx</b>		
	<b>Curso académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

3	11	4					7
4	15	4			2		9
5	10	3					7
6	11	4					7
7	14	5			2		7
8	23	7			6		10
9	11	1			1		9
10	9	1			1		7
11	22	8			6		8
<b>Evaluación</b>	14	2					12
<b>Total</b>	150	42			12	6	90

GG: Grupo Grande (85 estudiantes).

CH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)

L: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)

O: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (20 estudiantes)

S: clases problemas o seminarios o casos prácticos (40 estudiantes).

TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).

EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

#### Metodologías docentes

1. Clases expositivas de teoría y problemas (Descripción: método expositivo que consiste en la presentación por parte del profesor de los contenidos sobre la materia objeto de estudio. También incluye la resolución de problemas ejemplo por parte del profesor).
2. Resolución de ejercicios y problemas (Descripción: método basado en el planteamiento de problemas por parte del profesor y la resolución de los mismos en el aula. Los estudiantes desarrollan e interpretan soluciones adecuadas a partir de la aplicación de procedimientos de resolución de problemas).
4. Aprendizaje basado en problemas (ABP) (Descripción: método de enseñanza/aprendizaje que tiene como punto de partida un problema que ha diseñado el profesor y que el estudiante resuelve de manera autónoma o guiada para desarrollar determinadas competencias previamente definidas).
8. Aprendizaje a través del aula virtual (Descripción: Situación de enseñanza/aprendizaje en la que se usa un ordenador con conexión a la red como sistema de comunicación entre profesor y estudiante e incluso entre los estudiantes entre si y se desarrolla un plan de actividades formativas).
10. Aprendizaje autónomo (Descripción: Situación de aprendizaje en la que el estudiante de forma autónoma profundiza en el estudio de una materia para adquirir las competencias).
11. Evaluación (Descripción: Situación de aprendizaje/evaluación en la que el alumno realiza alguna prueba que sirve para reforzar su aprendizaje y como herramienta de evaluación).

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx</b>		
	<b>Curso académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

### Resultados de aprendizaje

- Establecer las necesidades de control de un proceso químico determinando las variables que deben ser medidas, así como la instrumentación indicada para dicha medida.
- Conocer los tipos más comunes de instrumentos de medida y control y comprender su forma de actuar, así como las ventajas e inconvenientes de cada uno.
- Obtener un modelo de los diferentes elementos que constituyen el proceso.
- Determinar las variables que deben ser objeto de control, las variables que pueden ser manipuladas y diseñar los lazos de control necesarios para el funcionamiento del proceso.
- Saber realizar la simulación dinámica del proceso con el objeto de comprobar el funcionamiento de los lazos de control diseñados.
- Utilizar la simulación dinámica con el objeto de sintonizar los parámetros de los lazos de control para conseguir un punto de funcionamiento adecuado.

### Sistemas de evaluación

La evaluación de los conocimientos y competencias adquiridos se llevará a cabo de la siguiente forma:

☐ En la Convocatoria ordinaria, modalidad de evaluación continua: a partir de la calificación obtenida en la resolución/entrega de problemas planteados en clase, la realización de informes/trabajos y un examen escrito final, de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- a) La entrega de problemas realizados en clase es obligatoria. Actividad no recuperable.
- b) La entrega de problemas NO realizados en clase es voluntaria. Actividad no recuperable. Valoración de 15 puntos sobre 100.

c) El examen final tendrá una valoración de 85 puntos sobre 100. A petición de los alumnos este examen puede ser dividido en dos parciales.

El estudiante necesitará alcanzar una calificación mínima de 50 puntos sobre 100 para superar la asignatura. Para sumar las contribuciones de los diferentes apartados, es condición necesaria obtener en cada uno de ellos, al menos, una puntuación de 3 sobre 10.

☐ En la Convocatoria ordinaria, modalidad de evaluación global: a partir de la calificación obtenida en examen final.

Para superar la asignatura por esta modalidad, se deberá tener una calificación mínima de 50 sobre 100.

☐ En la Convocatoria extraordinaria, si el estudiante eligió la modalidad de evaluación continua: se mantendrán las calificaciones obtenidas en las actividades no recuperables. El estudiante realizará un examen escrito que contribuirá a la calificación global con 85 puntos sobre 100.

Para superar la asignatura por esta modalidad, se deberá tener una calificación mínima de 50 sobre 100.

☐ En la Convocatoria extraordinaria, si el estudiante eligió la modalidad de evaluación global: el sistema de evaluación es el mismo que el descrito en la convocatoria ordinaria para esta modalidad de evaluación.

La asignatura se calificará en función de la siguiente escala numérica de 0 a 10, con expresión de un decimal, a la que podrá añadirse su correspondiente calificación cualitativa: 0-4,9: Suspenso (SS), 5,0-6,9: Aprobado (AP), 7,0-8,9: Notable (NT), 9,0-10: Sobresaliente (SB). La mención de

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX</b>		
	<b>Curso académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

Matrícula de Honor podrá ser otorgada a alumnos que hayan obtenido una calificación igual o superior a 9,0. Su número no podrá exceder del 5 % de los alumnos matriculados en la asignatura en el correspondiente curso académico, salvo que el número de alumnos matriculados sea inferior a 20, en cuyo caso se podrá conceder una sola Matrícula de Honor. El examen correspondiente a cualquier convocatoria de la asignatura constará de cuestiones teóricas-prácticas. Dichas cuestiones se desarrollarán detallando en el examen los pasos que se siguen para llegar a los resultados que se reflejen. El no incluir dicha información puede dar lugar, a criterio del profesor, a invalidar la cuestión/problema evaluado. La asignatura será superada cuando el alumno alcance el 50% de la nota máxima.

### Bibliografía (básica y complementaria)

1. Bequette BW. *Process Control: Modeling, Design, and Simulation*. Prentice Hall PTR; 2003. <https://books.google.es/books?id=PdjHYm5e9d4C>
2. Franklin GF, Powell JD, Emami-Naeini A. *Feedback Control of Dynamic Systems*. Pearson; 2019. <https://books.google.es/books?id=f3DatAEACAAJ>
3. Stephanopoulos G. *Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice*. Prentice-Hall; 1984. <https://books.google.es/books?id=OqxTAAAAMAAJ>
4. Ogata K. *Ingeniería de Control Moderna 5 Ed.* Pearson Educación; 2010. <https://books.google.es/books?id=G1p-kQEACAAJ>
5. Nise NS. *Nise's Control Systems Engineering*. Wiley; 2019. <https://books.google.es/books?id=1nP2DwAAQBAJ>
6. Oppenheim A V, Willsky AS, Nawab SH, Hernández GM. *Señales y Sistemas*. Pearson Educación; 1998. <https://books.google.es/books?id=nzWazgEACAAJ>
7. Croft A, Croft T. *Engineering Mathematics: A Foundation for Electronic, Electrical, Communications and Systems Engineers*. Pearson; 2017. <https://books.google.es/books?id=xYhRMQAACAAJ>
8. Seborg DE, Edgar TF, Mellichamp DA, Doyle FJ. *Process Dynamics and Control Techniques*. Wiley; 2017. <https://books.google.es/books?id=D0tlzQEACAAJ>
9. Kuo BC, Puigjaner T, Baro JX. *Sistemas Automáticos de Control*. Compañía Editorial Continental; 1981. <https://books.google.es/books?id=POnPvgEACAAJ>
10. Barrientos A, Matia FA, Sanz RA, Gambao EA. *Control De Sistemas Continuos : Problemas Resueltos*. Mcgraw - Hill/Interamericana de Espana; 1996. <https://books.google.es/books?id=nExqPQAACAAJ>
11. Dorf RC. *Sistemas Modernos de Control*. Addison-Wesley Iberoamericana; 1989. <https://books.google.es/books?id=uMgnAAAACAAJ>
12. Aström KJ, Murray RM. *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press; 2008. <https://books.google.es/books?id=G8UGmQEACAAJ>
13. Ogunnaike BA, Ray WH. *Process Dynamics, Modeling, and Control*. Oxford University Press; 1994. <https://books.google.es/books?id=sDPxwAEACAAJ>
14. Smith CA, Corripio AB. *Control Automático de Procesos: Teoría y Práctica*. Limusa; 2001. <https://books.google.es/books?id=le2bjwEACAAJ>
15. Goodwin GC, Graebe SF, Salgado ME. *Control System Design*. Prentice Hall; 2001. <https://books.google.es/books?id=7dNSAAAAMAAJ>
16. MathWorks. State-Space Realizations. Help Center. Published 2023. <https://es.mathworks.com/help/control/ug/canonical-state-space-realizations.html>
17. Kautsky J, Nichols NK, Van Dooren P. Robust pole assignment in linear state feedback. *Int*

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx</b>		
	<b>Curso académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

- J Control.* 1985;41(5):1129-1155. doi:10.1080/0020718508961188
18. Girling B. "The Z Transform." In *CRC Standard Mathematical Tables*. 28th ed (E. (CRC Press, ed.); 1987.
  19. Ogata K, Pérez JGA, Ramírez FR, García GS. *Sistemas de Control de Tiempo Discreto*. Pearson Educación; 2009. <https://books.google.es/books?id=Deoc0AEACAAJ>

#### Otros recursos y materiales docentes complementarios

- \*Aula Virtual de la UEx y Aula de Informática de la Facultad de Ciencias de la UEx.
- \*Servicios telemáticos de la Universidad de Extremadura.
- \*Bases de datos computacionales. Software de simulación de procesos:
- \* Matlab/Unisim.