

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Control Avanzado de Procesos
Clave de la asignatura:	
SATCA¹:	5-0-5
Carrera:	Ingeniería Química

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero químico los conceptos, teorías y perspectivas para generar habilidades y el desarrollo de competencias que le permitan analizar, diseñar e implementar sistemas de control avanzado en procesos químicos multirespuesta, utilizando herramientas computacionales y sistemas de control digital.

Intención didáctica.

Se organiza el temario, en cuatro unidades, agrupando los contenidos conceptuales de la asignatura en la primera y segunda unidad. En la primera unidad se analiza la respuesta dinámica a lazo abierto y se diseñan controladores retroalimentados en el dominio de la frecuencia mediante diagramas de Bode y Nyquist. Esta unidad es reforzada con actividades de manejo de software para la creación de los diagrama de Bode y Nyquist, análisis de respuesta a lazo abierto y sintonía de controladores a lazo cerrado.

En la segunda unidad se diseña y analiza la respuesta transitoria y estacionaria mediante el lugar de raíces para sistemas con compensación adelanto, retardo, retardo-adelanto. Se proponen actividades que involucran el diseño y manejo de los controladores de compensación mediante la creación de software modular con características dinámicas para el análisis de la respuesta transitoria mediante el lugar de raíces.

En la tercera unidad se diseñan controladores PID avanzados mediante técnicas computacionales (sistemas de adquisición de datos), análisis de sistemas con dos grados de libertad y asignación de ceros. Se realizan actividades que involucran técnicas de optimización para la sintonía de los parámetros de tipo PID con un grado de libertad y se analizan las variantes existentes en los controladores comerciales referentes a las modificaciones en la parte derivativa por la asignación de polos o ceros. Se hacen simulaciones dinámicas con las

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

configuraciones avanzadas de control que incluyen en sus lazos dos grados de libertad (dos controladores en la configuración).

En la unidad cuatro se analizan sistemas de control moderno en el espacio de estados, posterior a la transformación de los dominios de la frecuencia y Laplace. Se realizan actividades que involucran el ejercicio algebraico de transformación del sistema dinámico en el dominio del tiempo a los dominios de Laplace, de la frecuencia y en el espacio de estado. Se desarrollan actividades a lazo abierto para el análisis de la respuesta transitoria en el espacio de estado mediante software modular y/o dinámico. Se analiza la estabilidad de los sistemas de control en el espacio de estados empleando los valores propios de la matriz de estado y se sintonizan controladores empleando conceptos y técnicas de controlabilidad y observabilidad. Se desarrollará un proyecto para la aplicación en un sistema de control digital mediante el uso de instrumentos virtuales y sistema de adquisición de datos.

En correspondencia a los niveles de dominio que propone la asignatura de Control Avanzado de Procesos, se sugieren las actividades que comprenden la investigación, explicación y análisis, clasificación y la sistematización de los conocimientos básicos de control avanzado de procesos, los cuales se asocian con sugerencias didácticas de transversalidad generando el desarrollo de competencias profesionales, para fomentar, inducir, coordinar y supervisar las actividades de aprendizaje para el desarrollo de las competencias específicas.

El profesor enfatiza el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura, a fin de que ellas refuercen no solamente los aspectos meramente técnicos sino también los formativos, tales como incentivar la curiosidad, el entusiasmo, la puntualidad, la constancia, el interés por mejorar, el respeto y la tolerancia hacia sus compañeros y profesores, a sus ideas y enfoques, y considerar también la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Orizaba, del 23 al 27 de Enero del 2012.	Representantes de la Academia del Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica	Reunión de Diseño curricular de la Academia.

IT de Orizaba del 18 al 22 de Agosto de 2014	Representantes de la Academia de Ing. Química: Dr. Eusebio Bolaños Reynoso Dr. Galo Rafael Urrea García M.C. Gustavo Alvarado Kinnell	Análisis, enriquecimiento y modificación del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la carrera de Ingeniería Química. Se modifican los créditos de "3-2-5" a "5-0-5"
--	--	---

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Adquirir conocimientos avanzados sobre las configuraciones y sistemas de control retroalimentado tipo PID y sus modificaciones en función de los grados de libertad requeridos en el algoritmo de control de diseño base y sistemas de multirespuesta.
<ul style="list-style-type: none"> • Tomar decisiones con base en los conocimientos adquiridos que permitan la sintonía óptima de control y la selección de la mejor configuración para su implementación en un sistema de control digital de un proceso químico.
Competencias genéricas
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Conocimientos básicos de la carrera • Comunicación oral y escrita • Habilidades básicas de manejo de la computadora • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Solución de problemas • Toma de decisiones • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Habilidades interpersonales • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Habilidades de investigación • Capacidad de aprender • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) • Habilidad para trabajar en forma autónoma • Búsqueda del logro

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Efectuar balances de materia y energía • Control e instrumentación • Conocimiento de procesos químicos
--

- Solución de EDO mediante Transformada de Laplace
- Métodos numéricos para la solución aproximada de EDO
- Análisis de grados de libertad

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Análisis de la respuesta y diseño de controladores retroalimentados en el dominio de la frecuencia	1.1 Características de la respuesta en frecuencia de un sistema lineal 1.2 Diagramas y análisis de estabilidad. a) criterio de Bode y b) criterio de Nyquist 1.3 Técnica de sintonización de Ziegler-Nichols 1.4 Respuesta de lazo cerrado de sistemas con retroalimentación unitaria.
2	Diseño y análisis de la respuesta transitoria y estacionaria mediante el lugar de raíces	2.1 Consideraciones preliminares de diseño 2.2 Compensación de adelanto 2.3 Compensación de retardo 2.4 Compensación de retardo-adelanto 2.5 Análisis de la respuesta transitoria y Estacionaria
3	Controladores PID avanzados	3.1 Sintonía óptima por métodos computacionales 3.2 Modificaciones de los esquemas de control PID 3.3 Control con dos grados de libertad 3.4 Asignación de ceros para mejorar la respuesta transitoria
4	Análisis de sistemas de control en el espacio de estados	4.1 Transformación de la función de transferencia al espacio de estados 4.2 Solución de la ecuación de estado invariante con el tiempo 4.3 Análisis matricial 4.4 Introducción a la controlabilidad 4.5 Introducción a la observabilidad

(Se presenta el temario de una manera concreta, clara, organizada y secuenciada, evitando una presentación exagerada y enciclopédica. Es necesario proponer temarios que puedan desarrollarse adecuadamente en un semestre. Esto es importante para la definición y explicitación de las competencias específicas y genéricas a desarrollar en el estudiante).

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Nombre de tema	
Unidad1:Análisis de la respuesta y diseño de controladores retroalimentados en el dominio de la frecuencia	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Analizar la respuesta dinámica en lazo abierto y cerrado en el dominio de la frecuencia.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Conoce y aplica sus conocimientos para diseñar controladores retroalimentados en el dominio de la frecuencia</p>	<p>1.1 Caracterizar la respuesta de procesos en el dominio a la frecuencia.</p> <p>1.2 Desarrollar diagramas de Bode y Nyquist por computadora para el análisis de estabilidad de un proceso.</p> <p>1.3 Aplicar métodos básicos de sintonía por Ziegler-Nichols en el dominio en el dominio a la frecuencia</p>
Nombre de tema	
Unidad 2:Diseño y análisis de la respuesta transitoria y estacionaria mediante el lugar de raíces	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Diseñar sistemas de control mediante la compensación adelanto, retardo y adelanto-retardo empleando el lugar de raíces.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad para analizar la respuesta estacionaria y transitoria a lazo cerrado empleando controladores con parámetros de compensación</p>	<p>2.1 Diseño preliminar de control avanzado por: compensación de adelanto, compensación de retardo y compensación de retardo-adelanto</p> <p>2.2 Analizar la respuesta transitoria y estacionaria de los sistemas de compensación</p>

Nombre de tema	
Unidad 3: Controladores PID avanzados	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Efectuar la sintonía óptima de sistemas de control avanzado empleando técnicas computacionales.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Desarrollar aptitudes para analizar las estructuras de sistemas de control avanzado con uno y dos grados de libertad, incluyendo las modificaciones por los controladores comerciales más comunes.</p>	<p>3.1 Sintonía óptima de control de procesos por métodos computacionales: mínimos cuadrados, Marquart, con y sin restricciones, por sistemas de identificación, etc.</p> <p>3.2 Análisis de las modificaciones de los esquemas de control P, PI, PID.</p> <p>3.3 Análisis de control con dos grados de libertad por computadora.</p> <p>3.4 Análisis de asignación de ceros para mejorar la respuesta transitoria por computadora</p>
Nombre de tema	
Unidad 4: Análisis de sistemas de control en el espacio de estados	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Identificar técnicas de transformación de modelos del dominio del tiempo al dominio de Laplace, de la frecuencia y del espacio de estados.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Desarrolla aptitudes para diseñar y sintonizar sistemas de control digital avanzado en el espacio de estado</p>	<p>4.1 Análisis de la transformación de la función de transferencia al espacio de estados.</p> <p>4.2 Desarrollo de soluciones de la ecuación de estado invariante con el tiempo por computadora.</p> <p>4.3 Análisis matricial e introducción a la controlabilidad y observabilidad de variables de procesos no lineales y multirespuesta.</p>

(En el apartado de competencias se enuncia de manera clara y descriptiva la competencia específica que se pretende que el estudiante desarrolle, de manera adecuada, respondiendo a la pregunta ¿Qué debe saber y saber hacer el estudiante? como resultado de su proceso formativo en el desarrollo del tema y se seleccionará(n) la(s) competencia(s) genérica(s) que se desarrolle(n) durante el tema).

(En el apartado de actividades de aprendizaje se anota el conjunto de actividades que el estudiante desarrolla y que el docente indica, organiza, coordina y pone en juego para propiciar el desarrollo de competencias específicas establecidas en los temas de aprendizaje. Estas actividades no solo son importantes para la adquisición de las competencias específicas; sino que también se constituyen en aprendizajes importantes para la adquisición y desarrollo de competencias genéricas en el estudiante, competencias fundamentales en su formación pero sobre todo en su futuro desempeño profesional).

De manera genérica se deben explicitar, con base, en los siguientes criterios:

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura.
- Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.

8.Práctica(s)

1.1 Modelación, simulación y control de un tanque elevado como sistema distribuidor de agua potable a una comunidad, empleando el dominio de la frecuencia para la sintonía de parámetros del controlador P, PI o PID.

2.1 Modelación, simulación y control de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, empleando sistemas de compensación de red: adelanto,

retardo o adelanto- retardo para la sintonía de parámetros del controlador.

3.1 Sistema de control retroalimentado para eficientar el consumo de agua en una casa habitación empleando sintonía óptima por métodos computacionales. Caso a) control con un grado de libertad y caso b) control con dos grados de libertad.

4.1 Diseño de observadores de estado para la predicción de la sobresaturación en un trapiche artesanal.

(La elaboración y desarrollo de prácticas es un ingrediente indispensable que vincula y fortalece el aprendizaje del saber con el saber hacer, estas prácticas deben propiciar el desarrollo de las competencias genéricas a través de las competencias específicas. Las prácticas permitirán una formación más sólida, y una adecuada integración de las competencias profesionales). Es importante que el estudiante realice al menos una práctica durante el semestre y que corresponda a los contenidos educativos

9. Proyecto de asignatura

El estudiante a través de las competencias adquiridas en el curso de desarrollo sustentable y en las otras materia ya cursadas desarrollará un proyecto integrador que contemple las siguientes etapas:

1. Detección de la problemática existente sobre un tema en particular relacionado con el control avanzado de procesos, con la finalidad de resolver el problema existente en la comunidad educativa o del entorno.

2. Planeación para la elaboración del proyecto. Debe considerar las etapas de revisión del estado del arte, revisión de las competencias a aplicar.

3. Preparación de instrumentos para recabar la información y para el registro de la misma.

Delimitar el área de acción de acuerdo al tamaño del proyecto Establecer el cronograma para determinar la duración del proyecto (Debe estar dentro del lapso del semestre cursado). Determinación de recursos materiales, humanos y económicos que se deriven del proyecto.

4. Ejecución del proyecto. De acuerdo a lo planeado y dentro del espacio determinado para realizar la investigación.

5. Análisis de los resultados. Comparar los resultados obtenidos con los fundamentos, escalas, o rangos establecidos de acuerdo al tipo de proyecto.

6. Conclusiones.

7. De acuerdo a los objetivos generales y específicos que se establecieron se redactaran las conclusiones a las que se llegó con el proyecto.

8. Implementación para la solución encontrada que facilite su aplicación real y permita resolver el problema en la comunidad de estudio.

Un aspecto innovador e importante en el proceso de formación de los estudiantes es el proyecto de asignatura.

Se genera a partir de la definición de un problema del contexto a resolver y que esté directamente relacionado con la(s) competencia(s) a desarrollar en la asignatura.

- Fundamentación.
- Planeación.
- Ejecución.
- Evaluación.

10. Evaluación por competencias

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:

Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.

Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.

Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.

Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.

(La evaluación por competencias se llevará a cabo a través de la constatación de los desempeños académicos logrados por el estudiante; es decir, mostrando las competencias profesionales explicitadas en los temas de aprendizaje). La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje.

11. Fuentes de información

1. Coughanowr, D.R. y .B. Koppel (1965). Process Systems Analysis and Control, McGraw Hill. U.S.A.

2. Etter, D.M. (1998). Solución de Problemas de Ingeniería con Matlab. Segunda Edición. Prentice Hall. México.
3. Luyben, William L. (1990). Process Modeling, Simulation, and Control for Chemical Engineers. McGraw-Hill. México. D. F.
4. Gil, R. M. (2003) Introducción Rápida a Matlab y Simulink para Ciencia e Ingeniería. Primera Edición. Ed. Díaz de los Santos. España.
5. Ogata, Katsuhito. (2002). Ingeniería de Control Moderna. Cuarta Edición. Prentice Hall. México. D. F. Cuarta Edición.
6. Pérez, C. (2002). Matlab y sus Aplicaciones en las Ciencias e Ingeniería. Primera Edición. Prentice Hall. México.
7. Seborg, D.E. T.F. Edgar y D.A. Mellicamp, (1989). Process Dynamics and Control, John Wiley. U.S.A.
8. Smith, C. A. y Corripio, A. B. (1991). Control Automático de Procesos. Teoría y Práctica. Editorial Limusa. México, D.F.
9. Stephanopoulos, G. Chemical (1984). Process Control. An Introduction to Theory and Practice, Prentice Hall. U.S.A.

Software de apoyo.

Matlab (R2014a) or higher
The language of technical computing.
The MathWorks, Inc. Software License Agreement.

LabView ver. 2013 or higher.
National Instruments, Inc.

(Se consideran Fuentes de Información todos los recursos que contienen datos formales, informales, escritos, audio, imágenes, multimedia, que contribuyen al desarrollo de la asignatura. Ejemplo de algunos de ellos: Referencias de libros, revistas, artículos, tesis, páginas web, conferencia, fotografías, videos, entre otros).

Es importante que los recursos sean vigentes y actuales (de años recientes) y que se indiquen según la Norma APA (American Psychological Association) vigente.