



**ITSON**  
Educar para  
Trascender

<b>NOMBRE DEL CURSO:</b> DINÁMICA Y CONTROL DE PROCESOS
<b>CLAVE/ID CURSO:</b> 1183G / 006352
<b>DEPARTAMENTO:</b> DPTO CS. AGUA Y MEDIO AMBIENTE
<b>BLOQUE/ACADEMIA A LA QUE PERTENECE:</b> Ingeniería Aplicada
<b>INTEGRANTES DEL COMITE DE DISEÑO:</b> Gustavo Fimbres Weihs, Rafael Apolinar Bórquez López, Nidia Josefina Ríos Vázquez

**REQUISITOS:**  
**HORAS TEORÍA:** 3  
**HORAS LABORATORIO:** 0  
**HORAS PRÁCTICA:** 0  
**CRÉDITOS:** 5.62  
**PROGRAMA(S) EDUCATIVO(S) QUE LO RECIBE(N):** Ingeniería Química  
**PLAN:** 2016  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** Marzo de 2019

<b>Competencia a la que contribuye el curso:</b> Diseñar procesos de transformación de la materia y energía, apoyándose en conocimientos de matemáticas, física y química integrados en operaciones unitarias y sistemas de reacción que mantengan la rentabilidad y sustentabilidad del proceso, atendiendo la visión y misión de la empresa.	<b>Tipo de Competencia</b> Específica
<b>Competencia(s) generica(s) de impregnación:</b> Uso de Tecnologías de información y comunicación: Aplica las tecnologías de la información y la comunicación con base en el tipo de problema y en las posibles alternativas de solución, tanto de la vida cotidiana como profesional. Comunicación efectiva: Comunica mensajes a través de distintos medios, de acuerdo con criterios establecidos en el uso del lenguaje oral y escrito para contribuir al desarrollo personal y profesional. Solución de problemas: Soluciona problemas en diversos contextos a través de un proceso estructurado de razonamiento apoyado en un conjunto de herramientas, principios y técnicas	<b>Nivel de Dominio</b> Avanzado

**Descripción general del curso:** Es un curso que se imparte en el séptimo semestre y pertenece al bloque de Ingeniería Aplicada del programa de Ingeniería Química. El alumno analizará la dinámica y estabilidad de un sistema utilizando ecuaciones y funciones de transferencia en diagramas de bloques; Identificará las condiciones deseadas de los elementos de un circuito de control que favorezcan la respuesta de la señal de salida en procesos que contemplan cambios de materia y/o energía, además de diseñar controladores a través de datos experimentales obtenidos de la respuesta de un sistema a lazo abierto y lazo cerrado. El alumno también desarrollará competencias de integración tales como el uso de tecnologías de información y comunicación, comunicación efectiva y solución de problemas y requiere conocimientos previos de fenómenos de transporte, ecuaciones diferenciales ordinarias y Matlab.

Unidad de Competencia 1	Elementos de Competencia	Requerimientos de Información
Resolver ecuaciones diferenciales ordinarias mediante transformadas de Laplace o métodos numéricos.	<p>Calcular las soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias lineales utilizando las transformadas de Laplace.</p> <p>Calcular las soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales utilizando métodos numéricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Bases matemáticas para el desarrollo de modelos matemáticos</li> <li>• <input type="checkbox"/> Las ecuaciones de conservación en la formulación de modelos matemáticos</li> <li>• <input type="checkbox"/> Clasificación de las ecuaciones dinámicas</li> <li>• <input type="checkbox"/> Ejemplos de modelos dinámicos de procesos químicos</li> <li>• <input type="checkbox"/> Análisis dinámico en el dominio de laplace</li> <li>• <input type="checkbox"/> Funciones de transferencia y modelos entrada-salida</li> <li>• <input type="checkbox"/> Tiempos Muertos</li> <li>• <input type="checkbox"/> Sistemas dinámicos interactuantes</li> <li>• <input type="checkbox"/> Sistemas dinámicos no-interactuantes</li> </ul>

#### Criterios de Evaluación

	Evidencias	Criterios
<b>D e s e m p e ñ o s</b>	Ejercicios prácticos en un laboratorio de cómputo sobre la interpretación de sistemas dinámicos.	<p>Los ejercicios deben cumplir con los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Que se presenten resultados del análisis del comportamiento de un sistema dinámico</li> <li>• <input type="checkbox"/> Identificar las funciones de transferencia de los sistemas dinámicos vistos en clase</li> <li>• <input type="checkbox"/> Demostrar información de cómo se comporta el fenómeno que se está modelando a la respuesta de un escalón.</li> </ul>

<b>P r o d u c t o s</b>	Documento escrito con las asignaciones que muestre ejercicios resueltos de manera de individual de soluciones a ecuaciones diferenciales ordinarias lineales utilizando las transformadas de Laplace.	Para ambos documentos lista de verificación que considera: El enunciado del problema; El procedimiento utilizado; la solución; y cuando aplique la interpretación de la solución.
	Documento escrito con las asignaciones que muestre ejercicios resueltos de manera de individual de soluciones a ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales utilizando métodos numéricos	
<b>C o n o c i m i e n t o s</b>	Conocimientos sobre soluciones ecuaciones diferenciales ordinarias lineales utilizando las transformadas de Laplace. Y soluciones ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales utilizando métodos numéricos.	

<b>Unidad de Competencia 2</b>	<b>Elementos de Competencia</b>	<b>Requerimientos de Información</b>
Analizar la dinámica y estabilidad de un sistema utilizando ecuaciones y funciones de transferencia en diagramas de bloques.	<p>Comparar la respuesta de sistemas dinámicos mediante perturbaciones tales como pulso, escalón y senoidal.</p> <p>Interpretar el comportamiento de la salida de un sistema mediante la técnica de respuesta- frecuencia</p> <p>Estimar los límites de estabilidad de un sistema con base a la interpretación de los polos de la función de transferencia.</p>	<p>Clasificación de las variables de un proceso</p> <p>Perturbaciones en los procesos químicos</p> <p>Respuesta dinámica de sistemas de primer orden</p> <p>Variables de desviación</p> <p>Respuesta dinámica de sistemas orden superior</p> <p>Análisis de la ecuación dinámica de segundo orden</p> <p>Síntesis de diagrama de bloques de sistemas dinámicos</p> <p>Reducción de diagramas de bloques</p> <p>Criterio de estabilidad</p> <p>Linealización de sistemas dinámicos y series de Taylor</p>

#### Criterios de Evaluación

	<b>Evidencias</b>	<b>Criterios</b>
<b>D e s e m p e ñ o s</b>	Ejercicios prácticos en un laboratorio de cómputo sobre el análisis a la respuesta de un sistema dinámico bajo diferentes perturbaciones.	<p>Los ejercicios deben cumplir con los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Que se presenten resultados de la respuesta dinámica de un sistema de primer orden</li> <li>• <input type="checkbox"/> Que se presenten resultados de la respuesta dinámica de un sistema de orden superior</li> </ul> <p>Los ejercicios para el análisis de diferentes perturbaciones deberán ser de forma gráfica</p> <p>La resolución de bloques deberá describir de forma correcta la ecuación algebraica del sistema descrito.</p>
	Descripción en clase sobre la resolución teórica para la síntesis de los diagramas de bloques de un sistema dinámico	
<b>P r o d u c t o s</b>	Documento de asignaciones que muestre ejercicios resueltos de manera de individual donde Compara la respuesta de sistemas dinámicos ante perturbaciones tales como pulso, escalón y senoidal.	Para todos los documentos lista de verificación que considera: El enunciado del problema; El procedimiento utilizado; la solución; y cuando aplique la interpretación de la solución.
	Documento de asignaciones que muestre ejercicios resueltos de manera de individual donde estima los límites de estabilidad de un sistema con base a la interpretación de los polos de la función de transferencia.	Documento de asignaciones que muestre ejercicios resueltos de manera de individual determina el comportamiento de la salida de un sistema mediante la técnica de respuesta-frecuencia
	Ensayo escrito relacionado a la Dinámica y control de procesos (avance 1)	Lista de verificación de avance de ensayo que incluya título, objetivo, breve explicación del tema, lugar tentativo donde se realizará, ideas generales sobre como lo desarrollará y limites en el alcance del proyecto y bibliografía.
<b>C o</b>	Conocimientos sobre Perturbaciones en los procesos químicos; Respuesta dinámica de sistemas de primer orden; Variables de desviación; Respuesta dinámica de sistemas orden superior; Análisis de la ecuación dinámica de segundo orden; Síntesis	

<b>n o c i m i e n t o s</b>	de diagrama de bloques de sistemas dinámicos; Reducción de diagramas de bloques; Criterio de estabilidad; Linealización de sistemas dinámicos y series de Taylor
--	--

<b>Unidad de Competencia 3</b>	<b>Elementos de Competencia</b>	<b>Requerimientos de Información</b>
Analizar las condiciones favorables para la respuesta de la señal de salida en procesos que contemplan cambios de materia y/o energía, mediante el análisis del comportamiento de los elementos básicos de control	<p>Listar los elementos básicos de un sistema de control con base en las condiciones de control deseadas (lazo abierto, lazo cerrado).</p> <p>Explicar el comportamiento dinámico de un sistema con control retroalimentado en función del tipo de condición de control (lazo sencillo, lazo cerrado)</p> <p>Diferenciar las condiciones que mejoran la respuesta de un sistema con controlador de lazo sencillo con base a los resultados emitidos por el sensor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Conceptos Generales del Control</li> <li>• <input type="checkbox"/> Filosofías básicas de control (lazo abierto y lazo cerrado).</li> <li>• <input type="checkbox"/> Elementos de un circuito de control: Actuadores, sensores, Controladores, Válvulas de control.</li> <li>• <input type="checkbox"/> Controladores P, PI y PID.</li> </ul>

#### Criterios de Evaluación

	<b>Evidencias</b>	<b>Criterios</b>
<b>D e s e m p e ñ o s</b>	<p>Ejercicios prácticos en un laboratorio de cómputo sobre el análisis del balance de energía de un tanque con agitación.</p> <p>Identificación en clase de los elementos de un circuito de control: Actuadores, Sensores, Controladores, Válvulas de control.</p> <p>Diseño en clase de un controlador proporcional para un tanque con agitación, dos corrientes de entrada con diferentes concentraciones, caudales y como variable de salida la concentración.</p>	<p>Los ejercicios deben cumplir con los siguientes criterios: Que se presente la ecuación del balance de energía de la temperatura en un tanque de agitación</p> <p>Guía de observación que evalúa el uso de la simbología utilizada para representar los elementos de un circuito de control (sensores, controladores actuadores y válvulas de control) en procesos de del balance de energía de un tanque con agitación.</p> <p>Lista de cotejo de haber utilizado para el diseño los parámetros iniciales del sistema, la ganancia requerida por el controlador proporcional y comparación de escenarios en los que se modifica la ganancia que efecto tendría la variable manipulada</p>
<b>P r o d u c t o s</b>	Documento escrito con asignaciones que muestre ejercicios resueltos de manera de individual donde se diferencian las condiciones que mejoran la respuesta de un sistema, con controlador de bucle único, con base a los resultados emitidos por el sensor.	Para todos los documentos lista de verificación que considera: El enunciado del problema; El procedimiento utilizado; la solución; y cuando aplique la interpretación de la solución.
<b>C o n o c i m i e n t o s</b>	Conocimientos sobre: Conceptos Generales del Control; Filosofías básicas de control (lazo abierto y lazo cerrado); Elementos de un circuito de control (actuadores, sensores, controladores, válvulas de control).	

<b>Unidad de Competencia 4</b>	<b>Elementos de Competencia</b>	<b>Requerimientos de Información</b>
Diseñar controladores a través de datos experimentales obtenidos de la respuesta	Escoger controladores de lazo sencillo para mejorar su desempeño mediante el	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Sintonía de circuitos de control P, PI, PID mediante el método de Ziegler-Nichols.</li> </ul>

de un sistema a lazo abierto y lazo cerrado.	<p>método de Ziegler-Nichols.</p> <p>Desarrollar modelos dinámicos de primer orden con tiempo muerto a partir de datos experimentales de procesos básicos de Ingeniería Química</p> <p>Modificar la respuesta del sistema para obtener un comportamiento más deseable mediante la modificación del control de retroalimentación con estructuras en cascada, de avance y basadas en modelos dinámicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Identificación de sistemas a partir de datos experimentales, con modelos de primer orden con tiempo muerto.</li> <li>• <input type="checkbox"/> Control en cascada, control prealimentado, predictor de Smith, control por modelo interno</li> </ul>
--	---	--

### Criterios de Evaluación

	Evidencias	Criterios
<b>D e s e m p e ñ o s</b>	<p>Ejercicios prácticos en un laboratorio de computo sobre:</p> <p>Ejercicio práctico sobre simulación en Matlab para un sistema dinámico, diferentes controladores (P, PI y PID)</p> <p>Identificación en clase del sistema y proponer un controlador a partir de una serie de datos experimentales</p> <p>Implementación de un ejemplo de control en cascada a través de la herramienta de simulación de Simulink de Matlab</p>	<p>Los ejercicios deben cumplir con los siguientes criterios en la guía de observación correspondiente :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Demostrar el rendimiento de cada controlador (P, PI, PID) para el sistema dinámico, determinar cuál es el mejor controlador, cuáles son sus ventajas y desventajas de cada uno.</li> <li>• <input type="checkbox"/> Presentar el modelo de primer orden y discutirlo.</li> <li>• <input type="checkbox"/> Capacidad del alumno para verificar y demostrar que el control de cascada puede eliminar efectos de algunas perturbaciones y determinar si la dinámica de control a lazo cerrado es mejorada.</li> </ul>
<b>P r o d u c t o s</b>	<p>Documento escrito con las asignaciones que muestren ejercicios resueltos de manera de individual donde se creó un contexto realista para obtener un modelo de proceso.</p> <p>Documento escrito con las asignación en el que el estudiante pueda evaluar y determinar si en un problema es estable en lazo abierto (el proceso es en sí mismo inestable) o estable en lazo cerrado (hacer que un buen proceso se vuelva malo mediante el control)</p> <p>Ensayo individual donde el estudiante reporta una aplicación de la dinámica de sistemas y/o teoría de control.</p>	<p>Para todos los documentos lista de verificación que se considera: El enunciado del problema; El procedimiento utilizado; la solución; y cuando aplique la interpretación de la solución.</p> <p>Documento escrito de la asignación que muestra la solución de manera individual de un modelo de proceso, demostrar que la variable manipulada propuesta afectará su variable controlada.</p> <p>Documento escrito de las asignaciones que muestre ejercicios resueltos de manera individual en la cual se demuestre como hacer un proceso se vuelva malo mediante las técnicas de control.</p> <p>Documento final del ensayo, este deberá incluir: título, objetivo, breve explicación del tema, lugar donde se realizó, ideas generales sobre como lo desarrolló, límites en el alcance del proyecto y bibliografía.</p>
<b>C o n o c i m i e n t o s</b>	<p>Conocimientos sobre: Definir la sintonía de lazos de control P, PI, y PID mediante el método de Ziegler-Nichols; identificación de sistemas a partir de datos experimentales; conceptos básicos sobre el control en cascada, control prealimentado, predictor de Smith, y control por modelo interno.</p>	

### Evaluación del curso

Criterio	Ponderación
Unidad de competencia 1	20%
Unidad de competencia 2	30%
Unidad de competencia 3	30%
Unidad de competencia 4	20%
	100% (Cumpliendo total de criterios)

**Bibliografía Básica**

Autor	Título	Edición	Editorial	ISBN
Marlin T.E.	Process Control	2	McGrawHill	9780071138161
Smith, Carlos A.	Control automático de procesos :	1996	Limusa-Wiley	968-18-3791-6

**Bibliografía de Consulta**

Autor	Título	Edición	Editorial	ISBN
Perry R., Green D.	Perry's Chemical Engineering Handbook	8	McGrawHill	9780071422949
Castro P.O. y Camacho E.F.	Control e Instrumentación de Procesos Químicos	1	SINTESIS, S. A.	9788477385172
SEBORG, DALE E./ EDGAR THOMAS F Y OTROS	PROCESS DYNAMICS AND CONTROL	1989	UNIVERSIDAD DE MURCIA	0-471-86389-0
STEPHANOPOULOS, GEORGE	CHEMICAL PROCESS CONTROL- AN INTRODUCTION TO THEORY AND PRACTICE	1984	PRENTICE HALL INTERNATIONAL	0-13-128629-3

**Bibliografía de Bases de Datos Electronicas**

Autor	Título del artículo	Año de publicación	Editorial
Henry M.P., Clarke D.W., Archer N., Bowles J., Leahy M.J., Liu R.P., Vignos J., Zhou F.B.	A self-validating digital Coriolis mass-flow meter: an overview	2000	Elsevier
<b>URL:</b> <a href="http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&amp;sid=fc061e8e-9b0d-42aa-b48a-a56db894c534%40pdc-v-sessmgr03&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=000087350600001&amp;db=edswsc">http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&amp;sid=fc061e8e-9b0d-42aa-b48a-a56db894c534%40pdc-v-sessmgr03&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=000087350600001&amp;db=edswsc</a>			
Himmelblau D.M.	Accounts of Experiences in the Application of Artificial Neural Networks in Chemical Engineering	2008	ACS Publications
<b>URL:</b> <a href="http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&amp;sid=74b02fea-a690-4d52-938d-a4a1f30c43e3%40sessi onmgr104&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=000258400300002&amp;db=edswsc">http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&amp;sid=74b02fea-a690-4d52-938d-a4a1f30c43e3%40sessi onmgr104&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=000258400300002&amp;db=edswsc</a>			
Kawamura M.L., Alleyne A.G.	A Simulation and Experimental Environment for Teaching Chemical Reaction Process Dynamics and Control	2017	Elsevier
<b>URL:</b> <a href="http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&amp;sid=2f9e4e97-2dd6-4f3f-9126-fc157c2786d2%40sessi onmgr103&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=S2405896317332251&amp;db=edselp">http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&amp;sid=2f9e4e97-2dd6-4f3f-9126-fc157c2786d2%40sessi onmgr103&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=S2405896317332251&amp;db=edselp</a>			
Li X., Huang Z.	An inverted classroom approach to educate MATLAB in chemical process control	2017	Elsevier
<b>URL:</b> <a href="https://doi.org/10.1016/j.ece.2016.08.001">https://doi.org/10.1016/j.ece.2016.08.001</a>			
Rangaiah G.P., Krishnaswamy P.R.	Estimating Second-Order plus Dead Time Model Parameters	1994	ACS Publications
<b>URL:</b> <a href="http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&amp;sid=aebaff3d-07f5-4a86-9ee1-378199f3a780%40sessi onmgr102&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=S1749772816300252&amp;db=edselp">http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&amp;sid=aebaff3d-07f5-4a86-9ee1-378199f3a780%40sessi onmgr102&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=S1749772816300252&amp;db=edselp</a>			
Rangaiah G.P., Krishnaswamy P.R.	Estimating second-order dead time parameters from underdamped process transients	1996	Elsevier
<b>URL:</b> <a href="http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=3&amp;sid=f287b1d8-5c47-4d1d-b7a2-52cb46dbf502%40sessi onmgr103&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=A1996UA39900013&amp;db=edswsc">http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=3&amp;sid=f287b1d8-5c47-4d1d-b7a2-52cb46dbf502%40sessi onmgr103&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=A1996UA39900013&amp;db=edswsc</a>			
Tyson J.J., Hong C.I., Dennis Thron C., Novak B.	A Simple Model of Circadian Rhythms Based on Dimerization and Proteolysis of PER and TIM	1999	Elsevier
<b>URL:</b> <a href="http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&amp;sid=a3038b64-18a8-452f-b75a-aa9144ceb6ea%40pdc-v-sessmgr02&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsagr.US201302919292&amp;db=edsagr">http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&amp;sid=a3038b64-18a8-452f-b75a-aa9144ceb6ea%40pdc-v-sessmgr02&amp;bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsagr.US201302919292&amp;db=edsagr</a>			