

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	<b>Instrumentación y Control</b>
Carrera :	<b>Ingeniería Bioquímica e Ingeniería Química</b>
Clave de la asignatura :	<b>AEF-1039</b>
SATCA <sup>1</sup>	<b>3-2-5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### **Caracterización de la asignatura.**

El control de procesos químicos y bioquímicos atiende la naturaleza dinámica de los procesos y a la consiguiente necesidad de regular las variables deseadas del proceso, para que éste se ajuste a los requerimientos óptimos de operación en términos de rendimiento técnico, económicos y de seguridad.

Por otro lado, la característica dinámica de los procesos químicos y bioquímicos permite al alumno, trasladar los conocimientos adquiridos en otras asignaturas y complementar el tratamiento de funcionamiento estático o de régimen permanente de las diferentes operaciones unitarias en los procesos químicos y bioquímicos.

### **Intención didáctica.**

Se organiza el temario, en cuatro unidades. Los contenidos conceptuales de la instrumentación, así como el estudio de los elementos finales de control, se presentan en la primera unidad, en las subsiguientes unidades se enfocan al modelado dinámico de procesos, el estudio del control de procesos, y diferentes técnicas de control.

En la primera unidad se pretende dar un panorama de los principios de operación de los elementos primarios de medición, específicamente los de presión, flujo, nivel y temperatura, que son los más usuales en el control de procesos.

Se desarrollan modelos dinámicos a partir de ecuaciones de conservación de masa y energía y se estudian los procesos de primer orden, segundo orden y orden superior, a partir de estas ecuaciones. Y se estudia el comportamiento ante diversos tipos de entrada específica. Se sugiere realizar simulación dinámica y desarrollar modelos a partir de experimentación, para enriquecer la modelación de sistemas.

Se estudia el comportamiento de sistemas a lazo abierto y cerrado, utilizando control clásico y se abordan diferentes formas de sintonización de controladores.

Finalmente se estudian estrategias de control de procesos utilizados en la industria, como son: control relacional, en cascada y anticipatorio.

---

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p><b>Competencias específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Conocer la simbología utilizada en la Instrumentación.</li><li>▪ Conocer los principios para la medición de las variables de proceso.</li><li>▪ Conocer los diferentes tipos de medidores de presión, flujo, nivel y temperatura.</li><li>▪ Conocer los elementos finales de control.</li><li>▪ Deducir el modelo matemático de sistemas físicos.</li><li>▪ Comprender los conceptos fundamentales de los elementos y sistemas de control.</li><li>▪ Obtener la respuesta en el dominio del tiempo de sistemas físicos, partiendo de los modelos matemáticos y transformados al dominio de Laplace.</li><li>▪ Comprender los efectos de los diferentes modos de control (P, PI, PID) en la respuesta de los sistemas.</li><li>▪ Reconocer la estabilidad de sistemas de control automático.</li><li>▪ Determinar los parámetros de ajuste de los controladores a lazo cerrado.</li><li>▪ Conocer algunas de las diferentes estrategias de control de procesos químicos.</li></ul>	<p><b>Competencias genéricas:</b></p> <p><u>Competencias instrumentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de análisis y síntesis</li><li>• Capacidad de organización y planificación.</li><li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li><li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones.</li><li>• Resolución de casos prácticos.</li></ul> <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Razonamiento crítico</li><li>• Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinario.</li><li>• Trabajo en un contexto internacional.</li><li>• Capacidad para comunicarse con expertos de otras áreas.</li></ul> <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aprendizaje autónomo.</li><li>• Adaptación a nuevas situaciones.</li><li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li></ul>
---	--

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Villahermosa, del 7 al 11 de septiembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Culiacán, Durango, Mérida, Morelia, Tehuacán, Tepic, Tijuana, Tuxtepec, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Bioquímica.
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 17 de septiembre de 2009 al 5 de febrero de 2010.	Academias de Ingeniería Bioquímica de los Institutos Tecnológicos: Tijuana.	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Bioquímica.
Instituto Tecnológico de Celaya, del 8 al 12 de febrero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Culiacán, Durango, Mérida, Morelia, Tehuacán, Tijuana, Tuxtepec, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Bioquímica.
Instituto Tecnológico de Villahermosa, del 7 al 11 de septiembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Celaya, Superior de Centla, Chihuahua, Durango, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Matamoros, Mérida, Minatitlán, Orizaba, Pachuca, Parral, Tapachula, Tepic, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Química.
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 17 de septiembre de 2009 al 5 de febrero de 2010.	Academias de Ingeniería Química de los Institutos Tecnológicos: Tepic, Chihuahua, Durango Veracruz y Villahermosa.	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Química.
Instituto Tecnológico de Celaya, del 8 al 12 de febrero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Celaya, Superior de Centla, Chihuahua, Durango, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Matamoros, Mérida, Minatitlán, Orizaba, Pachuca, Parral, Tapachula, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Química.
Instituto Tecnológico de	Representantes de los Institutos	Reunión Nacional de

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Evento</b>
Aguascalientes, del 15 al 18 de Junio de 2010.	Tecnológicos de: Acapulco, Aguascalientes, Altiplano de Tlaxcala, Apizaco, Boca del Río, Ciudad Cuauhtémoc, Ciudad Juárez, Ciudad Madero, Ciudad Victoria, Celaya, Chetumal, Chihuahua, Chilpancingo, Superior de Coatzacoalcos, Colima, Cautla, Durango, Superior de El Dorado, El Llano de Aguascalientes, Huejutla, Huatabampo, Superior de Huixquilucan, Iguala, Superior de Irapuato, La Laguna, La Paz, León, Linares, Superior de Macuspana, Matamoros, Mazatlán, Mérida, Mexicali, Nuevo Laredo, Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, Orizaba, Pachuca, Superior de Pátzcuaro, Superior de Poza Rica, Superior de Progreso, Puebla, Superior de Puerto Vallarta, Querétaro, Reynosa, Roque, Salina Cruz, Saltillo, San Luis Potosí, Superior de Tacámbaro, Superior de Tamazula de Gordiano, Tehuacán, Tijuana Tlaxiaco, Toluca, Torreón, Tuxtepec, Superior de Venustiano Carranza, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas, Superior de Zongólica.	Implementación Curricular y Fortalecimiento Curricular de las asignaturas comunes por área de conocimiento para los planes de estudio actualizados del SNEST.
Instituto Tecnológico de Aguascalientes, del 15 al 18 de Junio de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tuxtepec, Tijuana, Saltillo, Zacatecas, Mérida, Veracruz, Celaya, Aguascalientes, Orizaba, Superior de Poza Rica, Superior de Tamazula de Giordano, Superior de Tacámbaro, Superior de Irapuato, Superior de Coatzacoalcos y Superior de Venustiano Carranza.	Elaboración del programa de estudio equivalente en la Reunión Nacional de Implementación Curricular y Fortalecimiento Curricular de las asignaturas comunes por área de conocimiento para los planes de estudio actualizados del SNEST.

## 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Establecer a partir de los requerimientos de un proceso químico o bioquímico, las necesidades básicas de control, la instrumentación más adecuada, tanto de sensores como actuadores, la configuración del o de los lazos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema y establecer los parámetros de sintonía de los controladores.

## 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Realizar balances de materia y energía, de diversos procesos químicos.
- Resolver ecuaciones diferenciales simultáneas, utilizando la técnica de Laplace así como utilizar diversos métodos numéricos.
- Utilizar series de Taylor para realizar linealizaciones de sistemas no lineales.
- Realizar operaciones con números complejos y transformadas de Laplace.
- Manejar el entorno MatLab y Simulink.
- Manejar el simulador Aspen Plus.

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1.	Elementos primarios y finales de control	1.1. Simbología y diagramas de instrumentación 1.1.1. Simbología ISA 1.1.2. Terminología SAMA 1.2. Elementos Primarios de medición. 1.2.1. Medidores de presión 1.2.2. Medidores de Flujo 1.2.3. Medidores de nivel 1.2.4. Medidores de temperatura. 1.3. Elementos finales de control. 1.3.1. Tipos de válvulas automáticas de control de caudal. 1.3.2. Características de caudal inherente en válvulas de globo. 1.3.3. Dimensionamiento de válvulas de globo.
2.	Modelación dinámica de sistemas de control	2.1. 2.1Definiciones 2.2. Modelos de procesos químicos 2.3. 2.3 Linearización de procesos no lineales 2.4. Sistema de primer orden 2.5. Sistema de segundo orden 2.6. Sistema de orden superior.
3.	Diseño de controladores	3.1. Diagramas de Bloques.

		<ul style="list-style-type: none"><li>3.2. Desarrollo de funciones de transferencia.</li><li>3.3. Control Proporcional</li><li>3.4. Control Proporcional Integral</li><li>3.5. Control Proporcional Integral Derivativo</li><li>3.6. Estabilidad</li><li>3.7. Sintonización de controladores.</li></ul>
4.	Técnicas adicionales de control	<ul style="list-style-type: none"><li>4.1. Control relacional</li><li>4.2. Control en cascada</li><li>4.3. Control anticipatorio</li></ul>

## **8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- La asignatura se desarrollará en el aula usando el pizarrón y medios de proyección con una metodología basada en la utilización de ejemplos de procesos químicos simples que facilite el entendimiento de los aspectos conceptuales y su afianzamiento, con la resolución analítica de ejercicios prácticos y el apoyo de soporte informático.
- Las clases teóricas serán soportadas con un ambiente simultáneo de resolución de ejemplos continuados, usando herramientas como Matlab, esto para afianzar cada uno de los conceptos y facilitar el entendimiento de su aplicación.
- El estudiante deberá realizar individualmente y en grupo actividades no presenciales, en donde pondrá en práctica las técnicas, procedimientos e instrumentos propios de la asignatura, para ello deberá buscará la información relacionada con la temática como base para la elaboración del trabajo y la emisión posterior de su informe que será expuesto y sometido a debate por el resto de la clase.

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Exámenes de teoría y problemas: Se realizarán exámenes parciales. Constarán de cuestiones teórico-prácticas y de problemas, planteadas para evaluar el grado de adquisición de las competencias a desarrollar.
- Actividades Académicas (resolución de casos prácticos): Se valorará el tratamiento de los contenidos teóricos aplicados, mediante la realización de trabajos monográficos y exposiciones, de las herramientas utilizadas, la estrategia de resolución y las conclusiones.
- Actividades prácticas: Se realizarán prácticas en simuladores analizando comportamientos de lazo abierto y lazo cerrado, así como sistemas complejos.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Elementos primarios y finales de control

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Conocer la simbología utilizada en la Instrumentación. Conocer los principios para la medición de las variables de temperatura, nivel, flujo y presión. Conocer los tipos de medidores de temperatura, presión, nivel y presión. Conocer los elementos finales de control.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar las distintas simbologías de representación de los instrumentos industriales (ISA y SAMA).</li><li>• Buscar y seleccionar información de normas utilizadas en instrumentación.</li><li>• Identificar en planos de procesos industrial los símbolos y normas utilizadas en instrumentación.</li><li>• Observar en planta piloto o industria la aplicación y montaje de instrumentos</li><li>• Investigar sobre la teoría básica de la temperatura, flujo, nivel y presión.</li><li>• Investigar los principios de funcionamiento de los diferentes tipos de medidores para las variables físicas</li><li>• Relacionar la ecuación del instrumento para aplicaciones de control clásico.</li></ul>

### Unidad 2: Modelación dinámica de sistemas de control

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Comprender los conceptos fundamentales de los elementos y sistemas de control. Deducir el modelo matemático de sistemas físicos. Obtener la respuesta en el dominio del tiempo de sistemas físicos, partiendo de los modelos matemáticos y transformados al dominio de Laplace.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Buscar y seleccionar información general de conceptos y definiciones de control</li><li>• Comprender las definiciones de los elementos y sistemas básicos de control.</li><li>• Buscar y seleccionar información de las leyes del comportamiento físico de sistemas.</li><li>• Deducir modelos matemáticos por medio de balances en procesos químicos.</li><li>• Linealizar términos no lineales utilizando las series de Taylor</li><li>• Deducir modelos matemáticos lineales de</li></ul>



	<p>procesos químicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deducir modelos matemáticos lineales de procesos químicos en términos de variables de desviación</li> <li>• Aplicar la transformada de Laplace a los modelos.</li> <li>• Establecer la función de transferencia de diferentes sistemas.</li> <li>• Conocer las diferentes funciones de excitación.</li> <li>• Identificar elementos de entrada y salida de sistemas de control en el dominio del tiempo.</li> <li>• Simular la respuesta en el tiempo de sistemas de primer orden.</li> <li>• Simular la respuesta en el tiempo de sistemas de segundo orden.</li> <li>• Simular la respuesta en el tiempo de sistemas de orden superior.</li> </ul>
--	---

### Unidad 3: Diseño de controladores

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Comprender los efectos de los diferentes modos de control (P, PI, PID) en la respuesta de los sistemas.</p> <p>Reconocer la estabilidad de sistemas de control automático.</p> <p>Determinar los parámetros de ajuste de los controladores a lazo cerrado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar diagramas de bloques.</li> <li>• Buscar y seleccionar información de los modos de control y sintonización.</li> <li>• Comprender el comportamiento de los diferentes modos de control y sus combinaciones en los procesos</li> <li>• Seleccionar el control adecuado para un proceso.</li> <li>• Determinar la estabilidad de un sistema, utilizando algún método como Routh, sustitución directa o localización de raíces en el plano complejo.</li> <li>• Investigar las diferentes técnicas para la sintonización de controladores.</li> <li>• Aplicar técnicas de sintonización (cálculo de los parámetros).</li> <li>• Comparar las respuestas de lazo cerrado con diferentes conjuntos de parámetros.</li> </ul>

### Unidad 4: Técnicas adicionales de control

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocer técnicas adicionales del control de procesos químicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar y seleccionar información general de conceptos y definiciones de otros</li> </ul>

	<p>controles.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Comprender las definiciones de los elementos y sistemas básicos de diferentes estrategias de control</li><li>• Comparar las respuestas de las diferentes estrategias de control vs. control retroalimentado clásico.</li></ul>
--	--

## **11.- FUENTES DE INFORMACIÓN**

1. Smith, C. A y Corripio, A. B. Principios y Práctica de Control Automático de Procesos. John Wiley & Sons.
2. Creus, A. Instrumentación Industrial. Alfaomega Marcombo.
3. Stephanopoulos, George. Chemical Process Control: An introduction to Theory and Practice. Prentice – Hall.
4. Thomas, E., Marlin. Process Control: Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance. McGraw – Hill.
5. Coughanowr, D. R. y Koppel, L. B. Process System Analysis and Control. Prentice – Hall, 1993.
6. Deshpande, P. B. y Ash, R. H. Elements and Computer Process Control. Prentice – Hall, 1981.
7. Seborg, D.E., Edgar, T.F. y Mellichamp. Process Dynamics and Control. John Wiley & Sons, 1989.
8. Pallas, Areny R. Sensores y Acondicionadores de Señal. Marcombo.
9. Hauptmann, Peter. Sensor: Principles and Applications. Prentice – Hall.
10. Anderson, Norman A. Instrumentation for Process Measurement and Control. Foxboro.
11. Douglas, M. Coisidine. Manual de Instrumentación Aplicada. McGraw – Hill.

## **12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS**

- Simulación por computadora de un proceso a lazo abierto y lazo cerrado. (MatLab) Simulink.
- Sintonización de los parámetros de un controlador en simulaciones dinámicas.
- Elaboración de diagramas de procesos reales usando las simbologías (ISA, SAMA).
- Identificación de estándares de simbología en un proceso real.
- Sintonización de los controladores en cascada.
- Diseño y simulación de un proceso de instrumentación virtual.
- Determinación del Cv de una válvula.
- Determinación de la constante de tiempo de un sistema de primer orden (ejemplo: termómetro).
- Aproximación de un proceso real a un sistema de primer orden más tiempo muerto (ejemplo: calentamiento de agua en una parrilla).
- Comparación de diferentes instrumentos para medir la misma variable.