

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	Control I
Carrera :	Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Clave de la asignatura :	AEF-1009
SATCA ¹	3-2-5

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del egresado de ingeniería las competencias que le permiten comprender y aplicar la teoría del control clásico en la modelación, análisis y síntesis de sistemas automáticos de control de uso industrial, comercial y de servicios, asociado con sistemas que involucran señales físicas de variables analógicas.

La asignatura es soporte de materias de aplicación como lo son instrumentación industrial, controladores lógicos programables, control de máquinas y análisis de sistemas de potencia (desde el punto de vista del control de los sistemas eléctricos de potencia), se presenta a la mitad de la carrera y después de haber cursado las asignaturas de matemáticas.

El temario que la compone surge como resultado de las necesidades, que en materia de control, son necesarias para su implementación en las tecnologías que se utilizan en el campo profesional, y con base en la experiencia de los profesores de estas áreas.

Intención didáctica.

El temario propuesto está compuesto por cinco unidades que están distribuidas de la siguiente manera:

En la primera unidad se presentan los conceptos que dan fundamento al estudio del control automático, cuya comprensión es fundamental para el desarrollo de la asignatura. Se expone además la forma de representarlos a través de la simbología adecuada y se presenta la manera de sintetizar una aplicación compleja a través de su función de transferencia.

En la segunda unidad se exponen las leyes físicas que permiten al estudiante ser competente para la modelación matemática de sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos, térmicos, hidráulicos y neumáticos, los cuales habrán de ser presentados mediante el concepto de función de transferencia. La modelación matemática de los sistemas físicos se realiza empleando la transformada de Laplace.

La tercera unidad presenta la forma de determinar la respuesta ante una entrada estándar de los sistemas de control de acuerdo a la clasificación del orden del sistema representado. Los sistemas de control se clasifican en función del orden del denominador de la función de transferencia y posteriormente se analiza el tipo de respuesta que se espera obtener de cada uno de ellos. Esta información es importante dado que se comprende el desarrollo de la respuesta de estos sistemas y en una aplicación, a partir de esta información se puede proponer una función de transferencia que represente al sistema estudiado, aún y cuando

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

no se tenga información suficiente del mismo. En esta unidad se incluye el análisis de error como una característica inherente a la respuesta en el tiempo y ligada con el tipo de sistema. Este concepto es de principal importancia para el diseño de los controladores que habrán de utilizarse en una aplicación dada.

En la cuarta unidad se hace referencia a los métodos utilizados para probar la estabilidad de los sistemas de control ante entradas estándar, a partir de su representación mediante la función de transferencia. Se presentan los criterios de estabilidad de Routh-Hurwitz, y del lugar geométrico de las raíces que permiten que el estudiante comprenda que un sistema puede salirse de control, por lo que es necesario incluir un controlador de los analizados en la unidad anterior. Además se comprende el concepto de polos dominantes de lazo cerrado y se observa como la modificación de los mismos mejoran el desenvolvimiento de la respuesta del sistema.

En la quinta unidad se comprende el funcionamiento de los controladores de aplicación industrial y se presenta la forma de modificar la respuesta de los sistemas de control cuando se inserta un controlador en el camino directo del sistema retroalimentado. Se expone las formas de respuesta de los controladores de utilización más comunes en la industria como son el on – off, y se utiliza el Lugar Geométrico de las Raíces para sintonizar los controladores de adelanto, atraso, adelanto/atraso y las variantes del controlador PID. Aquí se verifica y asimila la modificación que le provoca al sistema la introducción de un compensador, con el propósito de que el estudiante adquiera la capacidad de sintonizar estos tipos de controladores en una aplicación dada.

Es muy importante que los temas aquí tratados se aborden a partir de aplicaciones de uso cotidiano, que permitan al estudiante reflexionar acerca del conocimiento que tenga de estas aplicaciones y de cómo se relacionan con los conceptos presentados.

La parte práctica se desarrolla de manera que el estudiante aplique los conocimientos teóricos de la materia en situaciones de la vida cotidiana de manera que se familiarice con elementos del control que se verán integrados en clases posteriores. Por ello es importante partir de situaciones cotidianas para que sean de fácil comprensión. Hay que formar grupos de trabajo invitando a los participantes a la reflexión continua entre los conceptos y la práctica desarrollada. Haciendo análisis y síntesis entre los hallazgos encontrados en el desarrollo de los ejercicios. Es importante partir de la teoría a la práctica y volver a la teoría para promover el aprendizaje significativo de los estudiantes.

Las actividades de aprendizaje permiten al docente planear el desarrollo del curso y de acuerdo a los avances, realizar cambios para una mayor comprensión práctica de los conceptos. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos a su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruidos, artificiales, virtuales o naturales.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p>Competencias específicas:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Interpretar y aplicar los conceptos básicos de control clásico para el análisis y modelado de sistemas físicos.	<p>Competencias genéricas:</p> <p><u>Competencias instrumentales</u></p> <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. <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad crítica y autocrítica• Trabajo en equipo• Habilidades interpersonales. <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none">• 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.	
---	--	--

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Coahuila, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Superior de Valle de Bravo y Veracruz.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 1 de septiembre al 15 de diciembre de 2009.	Academias de Ingeniería Eléctrica de los Institutos Tecnológicos: Chetumal, La Laguna y Saltillo.	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Coahuila, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Mexicali, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Superior de Valle de Bravo y Veracruz.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Instituto Tecnológico de Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Superior de Cajeme, Celaya, Superior de Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Cosamaloapan, Cuautla, Culiacán, Durango, Superior de Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Superior de Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Superior de Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Superior del Sur de Guanajuato, Superior de Tantoyuca, Tijuana, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Superior de Xalapa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Electrónica.

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 1 de septiembre al 15 de diciembre de 2009.	Academias de Ingeniería Electrónica de los Institutos Tecnológicos: Ensenada.	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Electrónica.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Superior de Cajeme, Celaya, Superior de Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Cosamaloapan, Cautla, Durango, Superior de Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Superior de Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Superior de Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Superior del Sur de Guanajuato, Superior de Tantoyuca, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Superior de Xalapa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Electrónica.
Instituto Tecnológico de Aguascalientes, del 15 al 18 de Junio de 2010.	Representantes de los Institutos 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,	Reunión Nacional de Implementación Curricular y Fortalecimiento Curricular de las asignaturas comunes por área de conocimiento para los planes de estudio actualizados del SNEST.

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
	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.	
Instituto Tecnológico de Aguascalientes, del 15 al 18 de Junio de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Durango, Apizaco, Aguascalientes y Veracruz.	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

Interpretar y aplicar los conceptos básicos de control clásico para el análisis y modelado de sistemas físicos.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Conocer, comprender y aplicar los conceptos y leyes fundamentales que se emplean en el análisis en estado permanente de circuitos eléctricos excitados con corriente continua, con apoyo de herramientas de análisis y simulación.
- Modelar la relación existente entre una función desconocida y una variable independiente mediante una ecuación diferencial que describe algún proceso dinámico (crecimiento, decaimiento, mezclas, lugares geométricos, circuitos eléctricos)
- Identificar los tipos de ecuaciones diferenciales ordinarias, los métodos de solución así como la interpretación de las mismas.
- Modelar la relación existente entre una función desconocida y una variable independiente mediante una ecuación diferencial lineal de orden superior que describe algún proceso dinámico (Movimiento vibratorio y circuitos eléctricos).
- Aplicar las leyes de Newton al movimiento de los cuerpos.
- Aplicar principios de hidrostática.
- Aplicar la Transformada de Laplace como una herramienta útil en la solución de ecuaciones (Movimiento vibratorio y circuitos eléctricos)
- Comprender y aplicar el funcionamiento de amplificadores operacionales para el diseño e implementación de circuitos con amplificadores operacionales.

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1.	Conceptos básicos de control	1.1. Definiciones de: Entrada, salida, planta, sistema, control, sistema de control, linealización, lazo abierto, lazo cerrado, sistema lineal, sistema no lineal, variable controlada, variable manipulada, histéresis, función de transferencia. 1.2. Diagramas de bloques. 1.3. Flujo de señal.
2.	Modelado matemático de sistemas físicos	2.1. Sistemas eléctricos y electrónicos. 2.2. Sistemas mecánicos de traslación y rotación. 2.3. Sistemas hidráulicos. 2.4. Sistemas neumáticos. 2.5. Función de transferencia y analogías.
3.	Análisis de la respuesta en el tiempo y del error	3.1. Definiciones: Respuesta transitoria, respuesta estacionaria, señales de entrada (impulso unitario, escalón unitario, rampa unitaria) 3.2. Sistema de primer orden.

		<p>3.3. Sistema de segundo orden.</p> <p>3.4. Sistemas de orden superior.</p> <p>3.5. Errores estáticos y dinámicos.</p> <p>3.6. Sensibilidad.</p>
4.	Estabilidad y LGR	<p>4.1. Concepto de estabilidad</p> <p>4.2. Criterio Routh-Hurwitz</p> <p>4.3. Estabilidad relativa y estabilidad absoluta</p> <p>4.4. Concepto de Lugar Geométrico de las Raíces (LGR)</p> <p>4.5. Método de Lugar Geométrico de las Raíces.</p>
5.	Diseño de compensadores	<p>5.1. Modos de control: on-off, on-off con brecha diferencial.</p> <p>5.2. Diseño de compensadores usando LGR.</p> <p>5.2.1. Compensador de adelanto y LGR</p> <p>5.2.2. Compensador de atraso y LGR</p> <p>5.2.3. Compensador de adelanto/atraso y LGR.</p> <p>5.3. Controlador PID y LGR</p> <p>5.4. Criterios de sintonía del controlador PID</p>

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El docente debe:

Ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, saber su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas. Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones. Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes. Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida para la construcción de nuevos conocimientos.

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos 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 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; con la práctica de una ingeniería con desarrollo sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Exámenes escritos
- Reporte de prácticas.
- Participación en exposiciones en clase.
- Habilidad en el manejo de simuladores.
- Tareas extraclase.
- Reportes de información de trabajos de investigación documental.
- Elaborar portafolio de evidencias en cada unidad.

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: Conceptos básicos de control

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Reconocer las aplicaciones del control automático y los diferentes conceptos utilizados en los mismos. Aplicar metodologías de simplificación de lazos de control complejo.	<ul style="list-style-type: none">• Investigar acerca de los elementos que integran un sistema de control y describir los conceptos asociados con los mismos.• Realizar visitas a industrias para reconocer las diferentes aplicaciones de los sistemas de control automático.• Describir la representación de sistemas de control mediante diagramas de bloques.• Relacionar la representación de sistemas de control mediante bloques con la representación mediante diagrama de flujo de señales.• Discutir a cerca de aplicaciones de sistemas controlados automáticamente de uso cotidiano, identificando cada uno de los conceptos que se describen en la unidad• Aplicar al álgebra de bloques en la reducción de sistemas de control complejos a una forma simple.• Aplicar la metodología de Mason a la reducción de sistemas de control representado por un diagrama de flujo de señales.• Reflexionar y discutir las ventajas y desventajas de los métodos presentados.

Unidad 2: Modelado matemático de sistemas físicos

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Conocer y utilizar las leyes físicas que describen la dinámica de los sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos, hidráulicos y neumáticos. Aplicar estas leyes para representar sistemas físicos mediante una función	<ul style="list-style-type: none">• Investigar bajo que leyes se hace la modelación matemática de los sistemas que se proponen en la unidad.• Proponer una lista de aplicaciones observadas por los estudiantes para identificar a qué tipo de aplicación pertenece.

<p>de transferencia.</p> <p>Establecer las analogías entre los diferentes sistemas analizados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar estas leyes para representar sistemas sencillos mediante sus funciones de transferencia. • Identificar los conceptos estudiados en la unidad anterior en los sistemas que se representan • Definir matemáticamente el tipo de sistema a modelar, con base en las aplicaciones observadas en la unidad anterior. • Realizar las analogías existentes entre los diferentes tipos de sistemas estudiados en la unidad. • Reflexionar acerca de los aspectos físicos que permiten establecer esta analogía.
--	---

Unidad 3: Análisis de la respuesta en el tiempo y del error

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Interpretar el significado de las señales de prueba estándar utilizadas en el control automático para determinar los tipos de respuesta de los sistemas de control.</p> <p>Identificar las formas de respuesta transitoria que se espera obtener al aplicar señales de entrada estándar en función del orden del sistema.</p> <p>Diferenciar entre errores dinámicos y errores estáticos.</p> <p>Interpretar la sensibilidad de un sistema.</p> <p>Interpretar los conceptos de coeficiente de error ya sea estático o dinámico.</p> <p>Aplicar estos conceptos a una función de transferencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar los tipos de señales de entrada estándar que se emplean para la prueba de respuesta transitoria de sistemas de control. • Relacionar las señales de entrada utilizadas en aplicaciones industriales con las señales de excitación estándar. • Clasificar los sistemas de control a partir de su representación mediante la función de transferencia. • Utilizar los conceptos asociados con la respuesta de un sistema de primer orden ante una excitación estándar. • Identificar los elementos que describe la característica de desempeño de los sistemas de segundo orden ante una excitación estándar. • Analizar el comportamiento de sistemas de control de orden superior. • Identificar porqué son importantes los polos dominantes de lazo cerrado. • Reflexionar acerca de cómo es posible que sistemas de orden superior sean representados por equivalentes de primero o de segundo orden. • Investigar el concepto de error. • Distinguir entre un error estático y un error dinámico. • Interpretar el concepto de los coeficientes de error.

	<ul style="list-style-type: none"> • Simular la respuesta de la función de transferencia, ante una excitación estándar, los errores que se presentan e identificarlos en su gráfica. • Investigar el concepto de sensibilidad. • Verificar la variación relativa de funciones de transferencia frente a variaciones relativas de uno o más parámetros. • Aplicar funciones de sensibilidad en el dominio del tiempo.
--	--

Unidad 4: Estabilidad y LGR

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Interpretar el concepto de estabilidad de un sistema automático y definir las causas que lo pueden sacar de estabilidad.</p> <p>Relacionar los conceptos de estabilidad absoluta y estabilidad relativa.</p> <p>Aplicar la ubicación de polos y de ceros en un plano complejo.</p> <p>Utilizar el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz y del lugar de las raíces para determinar la estabilidad de un sistema.</p> <p>Elaborar la gráfica del LGR en forma analítica y con software de simulación.</p> <p>Interpretar sistemas a partir de su gráfica del LGR.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar los métodos que serán tratados en esta unidad. • Buscar ejemplos de aplicación de estos métodos. • Ubicar polos y ceros de una función de transferencia en el plano complejo. • Verificar como el cambio de la ganancia de la función de transferencia modifica la ubicación de polos y ceros en el LGR. • Aplicar el método de Routh-Hurwitz a la ecuación característica de un sistema de control. • Aplicar el método del lugar geométrico de las raíces, así como el criterio para determinar la estabilidad de un sistema. • Usar software de simulación para verificar los resultados obtenidos al aplicar los métodos descritos en esta unidad. • Usar software de simulación para graficar el LGR de funciones de transferencia de diversas formas y órdenes. • Interpretar el LGR para diversas formas y órdenes de funciones de transferencia de planta.

Unidad 5: Diseño de compensadores

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Establecer la diferencia entre los controladores analógicos y los controladores discretos.</p> <p>Comprender la dinámica de los controladores universales en sus</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar aplicaciones de controladores discretos y controladores analógicos. • Interpretar la forma de respuesta de los controladores de on-off y definir sus ventajas y desventajas. • Reflexionar en la manera de operación de

<p>diferentes configuraciones.</p> <p>Aplicar métodos de sintonización de controladores.</p> <p>Evaluar la optimización de controladores.</p>	<p>los diferentes esquemas que se pueden configurar en un controlador industrial analógico.</p> <ul style="list-style-type: none">• Utilizar los conocimientos adquiridos en una aplicación utilizando alguna estación de control de procesos.• Experimentar la auto-sintonización en un controlador industrial.• Aplicar técnicas de sintonización de controladores analógicos en una estación de control.• Evaluar la técnica utilizada por los controladores industriales en la optimización de su desenvolvimiento para sintonizarse.• Realizar el ajuste de compensadores de adelanto, atraso y adelanto-atraso, para lograr especificaciones de tiempo, usando software de simulación.• Realizar el ajuste del controlador PID y sus variantes (P, PI, PD), para lograr especificaciones de tiempo, usando software de simulación.• Utilizar el criterio de Ziegler-Nichols para sintonizar un controlador PID.• Realizar un análisis comparativo entre la técnica de Ziegler-Nichols y LGR para sintonizar un controlador PID.
---	--

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Ogata, Katsuhiko, Ingeniería de control moderna, Ed. Prentice Hall, Cuarta Edición, 2003,
2. Diestefano, Joseph J., Stubberud, Allen R. e Williams, Ivan J., Retroalimentación y sistemas de control, Ed. Mc. Graw Hill, última edición.
3. Kuo, Benjamín C., Sistemas de control automático, Ed. Prentice Hall, última edición.
4. Dorf, Richard C., Sistemas de control moderno, Última edición, Ed. Addison Wesley, última edición.
5. Umez Eronini, Eronini, Dinámica de sistemas y control, Ed. Thomson Learning, última edición.
6. D'azzo, J. J. y Houpis, C. H., Linear control system analysis & design, Ed. Mc. Graw Hill, última edición.
7. Nise, Norman S., Sistemas de control para ingeniería, Ed CECSA, última edición.
8. Rohrs, Melsa, Schlotz, Sistemas de control lineal, Ed. Mc. Graw Hill, última edición.
9. Karni, Shlomo, Analysis of electrical networks, Ed. John Wiley & Sons, última edición.
10. Bolton, William, Ingeniería de control, Ed. Alfaomega, última edición.
11. Phillips & Harbor, Feedback control systems, Ed. Prentice Hall, última edición.
12. Etter, Delores M., Solución de problemas de ingeniería con MatLab, Ed. Mc. Graw Hill, última edición.
13. Ogata, Katsuhiko, Problemas de ingeniería de control usando MatLab, Ed. Prentice Hall, última edición.
14. Gomariz, S., Biel, D., et al, Teoría de control, Ed. Alfaomega, última edición.
15. Kailath, Thomas, Linear systems, Ed. Prentice Hall, última edición.
16. Lindner, Douglas, Introducción a las señales y sistemas, Ed. Mc. Graw Hill, última edición.

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Obtención de modelos matemáticos de sistemas físicos con una respuesta a una señal de entrada y verificarlos mediante software de simulación.
- Implementar simulaciones utilizando el programa Matlab
 - Sistema mecánico ante una entrada impulso
 - Modelos matemáticos de sistemas físicos
 - Análisis de respuesta en el tiempo
 - Comportamiento ante las acciones de control PID
- Construcción de circuitos eléctricos con una señal de entrada y obtención de la salida para analizar su respuesta en el tiempo.
- Diseño y construcción de un circuito eléctrico representativo de un controlador y obtención de su salida en forma matemática, simulada y real.
- Identificar y sintonizar un controlador en forma matemática, simulada y real.
- Desarrollar un sistema de control de posición (Un brazo robot, control de posición de un laser, péndulo y otros).
- Análisis de la respuesta en el tiempo de un sistema físico (circuito eléctrico, sistema mecánico, hidráulico y otros) mediante software de simulación.
- Diseño y construcción de controladores con amplificadores operacionales y obtención de su salida en forma matemática simulada y real.