

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Control Digital
<b>Clave de la asignatura:</b>	APD-1203
<b>Créditos (Ht-Hp_ créditos):</b>	2-3_5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Mecatrónica

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del egresado de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, las competencias que utilizará sobre los conceptos generales y las generalidades de control digital, modelado, diseño y aplicación de sistemas de control digital, implementación de sistemas de adquisición y procesamiento digital.

El programa de Control Digital surge del análisis de las competencias a desarrollar por los ingenieros para tener eficiencia en el diseño y desarrollo de sistemas de control digitalizados.

### Intención didáctica

El temario considera cuatro unidades, en la primera unidad se abordan los conceptos de diferencia entre señal discreta, señal analógica y señal digital, se analiza la estructura de los sistemas de control muestreados. Se estudia la transformada Z y la transformada Z inversa. Por último se emplea el método de la transformada Z para la solución de ecuaciones en diferencias.

En la segunda unidad se abordan los temas correspondientes al teorema del muestreo y se analiza la estabilidad de sistemas muestreados por diferentes métodos.

En la tercera unidad se abordan la definición, tipos y características del Controlador PID discreto, se dan a conocer los métodos y criterios para sintonizar este tipo de controlador.

En la cuarta unidad se induce al alumno sobre la teoría de control difuso como una opción al control digital clásico.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Dirección de Institutos Tecnológicos Descentralizados.	Representantes de las Academias de Ingeniería Mecatrónica de los Institutos Tecnológicos Superiores de Coacalco, Coatzacoalcos, Huichapan, Loreto, Oriente del Estado Hidalgo, Teziutlán.	Definición de los programas de estudio de especialidad de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica.

### 4. Competencias a desarrollar

<b>Competencia general de la asignatura</b>
Diseñar, desarrollar, implementar y operar, diversos sistemas de control discretos sobre diferentes ambientes y sistemas mecatrónicos aplicando técnicas clásicas y modernas, de tal forma que le permitan realizar satisfactoriamente el control y la compensación de éstos.
<b>Competencias específicas</b>
Desarrollar las competencias necesarias para diseñar, implementar, aplicar, operar, y simular diferentes tipos de sistemas de control digitalizados.
<b>Competencias genéricas</b>
Competencias genéricas.
<b>Competencias instrumentales:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>•Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>•Comunicación oral y escrita.</li> <li>•Habilidades para el manejo de la computadora.</li> <li>•Habilidad para buscar y analizar información proveniente de diversas fuentes.</li> </ul>

- Solución de problemas.
- Toma de decisiones.

**Competencias interpersonales:**

- Capacidad crítica y autocrítica.
- Trabajo en equipo.
- Habilidades interpersonales.

**Competencias sistémicas:**

- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Habilidad de investigación.
- Capacidad de aprender.
- Capacidad de generar nuevas ideas.
- Habilidad para trabajar de forma autónoma.
- Capacidad para diseñar y gestionar proyectos.

**5. Competencias previas de otras asignaturas**

<b>Competencias previas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer y aplicar las teorías de control clásico.</li> <li>• Desarrollar ecuaciones diferenciales lineales.</li> <li>• Conocer los conceptos de instrumentación y manejo de equipo de medición y prueba.</li> <li>• Modelar sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos y neumáticos</li> </ul>	

**6. Temario**

<b>Temas</b>		<b>Subtemas</b>
<b>No.</b>	<b>Nombre</b>	
1.	Matemáticas de los sistemas discretos	1.1 Diferencia entre señal discreta, señal analógica y señal digital. 1.2 Estructura de los sistemas de control muestreados, técnicas de análisis y problemas de estudio. 1.3 Representación matemática de los procesos de muestreo y del proceso de reconstrucción. 1.4 Transformada Z. 1.5 Propiedades y teoremas de la transformada Z. 1.6 Diagramas de bloques de

		<p>sistemas discretos.</p> <p>1.7 Transformada Z inversa.</p> <p>1.8 Método de la transformada Z para la solución de ecuaciones en diferencias.</p> <p>2.7 Criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz modificado.</p>
2.	Análisis Clásico de Sistemas Discretos	<p>2.1 Teorema del muestreo y el problema del enmascaramiento de señales (aliasing).</p> <p>2.2 Mapeo entre el plano S y el plano Z.</p> <p>2.3 Diagramas de Bode en tiempo discreto.</p> <p>2.4 Diagramas de Nyquist en tiempo discreto.</p> <p>2.5 Estabilidad de sistemas muestreados.</p> <p>2.6 Criterio de estabilidad de Jury.</p>
3.	Diseño de Controladores Digitales	<p>3.1 Controlador PID discreto.</p> <p>3.2 Métodos y criterios para sintonizar controladores PID discretos.</p> <p>3.3 Variantes del controlador PID discreto.</p>
4.	Teoría de control difuso	<p>1.1 Introducción a la lógica difusa</p> <p>1.2 Aplicaciones</p> <p>1.3 Razonamiento aproximado</p> <p>1.4 Control difuso y estructura de control</p>

## 7. Actividades de aprendizaje

<b>TEMA I</b>	
Competencia específica y genéricas	
<p><b>Específica:</b> Conocer y comprender los conceptos matemáticos para el estudio de los sistemas de datos muestreados.</p> <p><b>Genérica:</b> Adquirir la habilidad para analizar e interpreta las diferencias éntrelas señales digitales.</p>	
Tema I	Actividades de aprendizaje
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda documental sobre las diferencias entre las señales digital, discreta y analógica.</li> <li>• Estudiar la estructura matemática del muestreador –</li> </ul>

<p><b>Matemáticas de los sistemas discretos</b></p>	<p>retenedor y obtener su función de transferencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener la transformada Z de las funciones básicas.</li> <li>• Explicar algunas propiedades y teoremas de la transformada Z.</li> <li>• Explicar las matemáticas de los diagramas de bloques para discretizar funciones.</li> <li>• Explicar los métodos para obtener la transformada Z inversa.</li> <li>• Explicar cómo se emplea la transformada Z para resolver ecuaciones en diferencias.</li> <li>• Utilizar paquetes computacionales para analizar sistemas discretos.</li> <li>• Obtener las ecuaciones que modelen diversos sistemas físicos.</li> </ul>
---	--

**TEMA II**

Competencia específica y genéricas

**Específica:** Aplicar los conceptos matemáticos para el análisis de los sistemas discretos.

**Genérica:** Adquirir la habilidad para estudiar las respuestas de los sistemas ante una perturbación ajena al sistema.

Tema II	Actividades de aprendizaje
<p><b>Análisis Clásico de Sistemas Discretos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la validez de las señales muestreadas basándose en el teorema del muestreo.</li> <li>• Establecer la relación entre la región de estabilidad del plano complejo S y el plano complejo Z.</li> <li>• Analizar la respuesta en frecuencia de sistemas discretos partiendo del conocimiento de técnicas de control en tiempo continuo.</li> <li>• Utilizar paquetes computacionales para obtener la respuesta en frecuencia de sistemas discretos.</li> <li>• Introducción a la estabilidad de sistemas discretos.</li> <li>• Determinar la estabilidad de los</li> </ul>

	sistemas discretos empleando los criterios de Jury y de Routh-Hurwitz.
<b>TEMA III</b>	
Competencia específica y genéricas	
<b>Específica:</b> Comprender el funcionamiento del controlador PID digital y ver algunas técnicas para determinar sus parámetros.	
<b>Genérica:</b> Aplicar técnicas de sintonización para aplicar controladores de tipo clásico.	
Tema III	Actividades de aprendizaje
<b>Diseño de Controladores Digitales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar las acciones del controlador PID y discretizar su ecuación básica.</li> <li>• Ver algún método para la obtención de los parámetros del controlador PID.</li> <li>• Conocer algunos de los criterios usados en la obtención de los parámetros del controlador PID.</li> <li>• Realizar prácticas donde se emplee el controlador PID.</li> <li>• Utilizar los paquetes computacionales para el diseño y análisis de sistemas con un controlador PID.</li> <li>• Implementar el modelado digital de dispositivos</li> </ul>
<b>TEMA IV</b>	
Competencia específica y genéricas	
<b>Específica:</b> Obtener los conocimientos teóricos sobre control difuso y sus aplicaciones.	
<b>Genérica:</b> Habilidad para aplicar la teoría de lógica difusa.	
Tema IV	Actividades de aprendizaje
<b>Teoría de control difuso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir que es la lógica difusa y su importancia en el control de sistemas distribuidos.</li> <li>• Conocer los elementos que conforman la lógica difusa.</li> </ul>

## 8. Prácticas (para fortalecer las competencias de los temas y de la asignatura)

Mediante las prácticas el alumno desarrollara 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 decisiones. Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes.

- Promover investigaciones bibliográficas sobre los temas indicados en el programa y entregar un reporte escrito de dicha investigación y/o desarrollo de control implementado.
- Exposición en clase.
- Talleres y desarrollos en laboratorio.
- Investigación en fuentes de información.
- Visitas al sector productivo.
- Centros de desarrollo.
- Videoconferencias.
- Software educativo (MATLAB, MULTISIM, VHDL, PROTEUS, ALTIUM).
- Materiales audiovisuales.
- Hojas de datos técnicos (datasheet).
- Elaboración de materiales didácticos para seminarios.

Muestreo y reconstrucción de señales.

2. Simulación de la conversión de un sistema continuo a discreto.
3. Diseño y simulación de reguladores PID discretos.
4. Simulación de un filtro digital.
5. Simulación de sistemas de primer y segundo orden.

## 9. Proyecto integrador (Para fortalecer las competencias de la asignatura con otras asignaturas)

**Contextualización:** La integración de los conocimientos se realizara mediante la construcción de un control digital para una maquina mecatrónica el cual se desarrolle en las prácticas, y proyectos de la materia.

**Fundamentación:** Los fundamentos del conocimiento necesario, lo obtendrán en gran medida de materias previas, entre las cuales tenemos en la parte teórica; Cálculo Vectorial, Ecuaciones Diferenciales. Entre las materias que nos brindan los conocimientos básicos serian; Mecanismos, Mecanismos, Electrónica de Potencia Aplicada, Diseño de Elementos Mecánicos. Las materias que fundamentan el aspecto eléctrico de control y potencia serian; Electrónica Analógica, Electrónica de Potencia Aplicada, Electrónica Digital, Instrumentación, Microcontroladores. Y de materias que se cursan a la par de Control Digital como lo son; Automatización, Controladores Lógicos Programables, Control. Logrando con todo esto entrelazar todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

**Planeación:** El desarrollo del control digital está programado para ser realizado en 5 periodos constructivos y de prueba, mismos que podemos identificar en la siguiente tabla:

**Ejecución :**

<b>Periodo</b>	<b>Descripción</b>
<b>1.- Selección del tipo de control digital</b>	En el cual se identificará las necesidades que deseamos cubrir, su tamaño y elementos especiales de construcción.
<b>2.- Identificación de partes</b>	En esta sección, basada en las especificaciones ya obtenidas realizaremos una identificación y selección de los elementos, sensores, controles, interfaces, fuentes de poder y todo elemento necesario para la construcción, funcionamiento, control y monitoreo de un proceso en particular.
<b>3.- Desarrollo y pruebas de elementos eléctricos</b>	La selección de la capacidad eléctrica, así como la velocidad deseada serán los fundamentos en la adquisición y montaje de los elementos eléctricos del control digital.
<b>4.- Desarrollo y pruebas del circuito de control e interface de comunicación</b>	El circuito de control no solo será capaz de cumplir su función primaria sino que además, transmitirá el estado actual del proceso por medio de interfaces inalámbricas.
<b>5.- Montaje del control digital</b>	La culminación del esfuerzo se verá reflejada en el montaje final y posterior prueba de nuestro control digital como una sola entidad en la cual, todos los distintos sistemas trabajen al unísono para realizar labores primarias que se desea cubrir con dicho control digital.

**Evaluación :** La evaluación se llevará a cabo en la presentación del proyecto integrador, terminado y en funcionamiento mediante una rúbrica que le será entregado al alumno al inicio del proyecto.

## **10.. Evaluación por competencias (específicas y genéricas de la asignatura)**

- Exámenes escritos.
- Tareas.
- Reporte de prácticas.
- Resultados de investigación (documental o de campo).
- Participación en clase.
- Proyectos integrales.
- Exposiciones en clase.



## 11. Fuentes de información (actualizadas considerando los lineamientos de la APA\*)

1. Domínguez, Sergio; Campoy, Pascual; José María Sebastian; Jiménez Agustín. Control en el Espacio de Estado, Ed. Prentice Hall, Madrid 2002, Primera Edición, 291 pp.
2. Eronini Umez-Eronini. Dinámica de Sistemas y Control; Ed. Thomas Learning, México 2001, Primera Edición, 993 pp.
3. Friedland, Bernard. Control System Design. Ed. Mc. Graw-Hill, 1987, Segunda Edición.
4. Kuo, Benjamín C. Sistemas de Control Digital; Ed. CECSA, México 2003, Cuarta Reimpresión, 845 pp.
5. Ogata, Katsuhiko. Sistemas de Control en Tiempo Discreto; Ed. Prentice Hall, México.
6. Phillips, Charles L.; H. Troy Nagle Jr. Sistemas de Control Digital Análisis y Diseño, Ed. Gustavo Gili, España 1987, Edición Castellana, 432 pp.
7. Driankov D., Hellendoorn H. y Reinfrank M.. An Introduction to Fuzzy Control. Springer, 1995.pp 630, England.
8. Klir G.J. y Yuan B.. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. Prentice Hall, 1995, pp 417, USA.
9. Reznik L.. Fuzzy controllers. Newnes, 1998, pp 510, USA, Wang L.X.. A course in Fuzzy Systems and Control. Prentice Hall International, pp 390, USA
10. Yan J., Ryan M. y Power J.. Using Fuzzy Logic. Toward, Intelligent Systems. Prentice Hall, 1994, pp 400, USA.
11. Cordon O., Herrera F., Hoffmann F. y Magdalena L.. Genetic Fuzzy Systems: Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy
12. Knowledge Bases. World Scientific, 2001. pp 488, USA. Fullér R.. Introduction to Neuro-Fuzzy Systems. Springer-Verlag, 2000, pp 366, USA.

\* American Psychological Association (APA)