Nombre de la materia:	Control Digital I
Clave:	IA3400-T
No. de horas/semana:	3
Total de horas:	48
No. de créditos:	6
Prerrequisitos:	Control Analógico II (CI0401-T)

Objetivo general: El alumno comprenderá el esquema de control digital directo, el estudio de sistemas de control retroalimentado de procesos continuos mediante computadoras digitales, el teorema fundamental del muestreo, las técnicas de descretización del sistemas continuos las herramientas y técnicas de representación, análisis de estabilidad, simulación y el diseño de los sistemas de control digital.

Contribución a los atributos de egreso y su nivel de aportación

- **AE1.** Aplicar los conocimientos de ingeniería adquiridos durante sus estudios para elaborar proyectos de ingeniería que resuelvan problemas específicos. **(Medio)**
- **AE2.** Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería mediante un pensamiento crítico y asertivo, basados en los principios de ciencias básicas e ingeniería. **(Medio)**
- **AE3.** Presentar y defender su trabajo en diversos foros, tanto académicos como profesionales. **(Inicial)**

Programa sintético

1. Introducción ..... 2 hrs.
2. El proceso de muestreo ..... 8 hrs.
3. Modelado de sistemas de control digital ..... 14 hrs.
4. Análisis de sistemas de control digital ..... 10 hrs.
5. Diseño de controladores digitales ..... 8 hrs.

Total: 42 hrs.

Programa desarrollado

1. Introducción ..... 2 hrs.
   - 1.1 Introducción ¿Qué es el control digital?
   - 1.2 Esbozo histórico del control por computadora
   - 1.3 Control Supervisorio
   - 1.4 Control Digital Directo
   - 1.5 Control Jerárquico o Distribuido
   - 1.6 Evolución de la teoría de control digital
   - 1.7 ¿Porqué una teoría de control por computadora?
   - 1.8 Características propias de los sistemas muestreados
   - 1.9 Dependencia del tiempo

1.10 Armónicos de alto orden
1.11 Tiempo de establecimiento finito
1.12 Procesos inherentemente muestreados.

2. El proceso de muestreo ..... 8 hrs.
2.1 Introducción
2.2 Descripción del proceso de muestreo y definiciones
2.3 Muestreo periódico y no periódico
2.4 Periodo de muestreo y frecuencia de muestreo
2.5 El Teorema Fundamental del muestreo o de Nyquist-Shannon y su demostración
2.6 Observaciones sobre el Teorema del muestreo
2.7 La inversión del Muestreo (Reconstrucción de señales muestreadas)
2.8 El reconstructor de Shannon
2.9 El retenedor de orden cero.
2.10 El retenedor de orden uno.
2.11 El retenedor poligonal
2.12 Confusión de frecuencia o Aliasing
2.13 Las tres propiedades fundamentales de las señales sinusoidales muestreadas
2.14 Frecuencia normalizada de sinusoides muestreadas
2.15 Prefiltrado antialiasing
2.16 Primer examen Parcial

3. Modelado de sistemas de control digital ..... 14 hrs.
3.1 Modelado desde el punto de vista de la computadora
3.2 Obtención de modelos discretos a partir de modelos continuos.
3.3 Modelo discreto invariante al escalón para un sistema continuo de primer orden
3.4 El operador corrimiento (q)
3.5 Diagramas de simulación
3.6 Aproximación de la derivada por diferencias finitas.
3.7 Aproximación de la integral (Regla trapezoidal o de Tustin).
3.8 Modelos discretos de sistemas continuos de orden mayor a uno.
3.9 La Transformada Z.
3.10 Definiciones de la transformada Z (bilateral y unilateral) .
3.11 Propiedades de la transformada Z
3.12 Linealidad
3.13 Corrimiento en el tiempo
3.14 Transformada de la convolución
3.15 Teorema del valor final.
3.16 Tablas de Transformadas Z.
3.17 La función de Transferencia de pulso
3.18 Polos y ceros de funciones de transferencia de pulso

3.19 Modelado desde el punto de vista del proceso
3.20 Obtención de G(z) con retenedor de orden cero a partir de G(s)
3.21 Discretización de funciones de transferencia en lazo abierto usando tablas de
3.22 transformadas.
3.23 Ejemplo. Sistema de primer orden
3.24 Ejemplo. Sistema de segundo orden reducible mediante fracciones parciales
3.25 Ejemplo. Sistema de segundo orden no reducible mediante fracciones parciales
3.26 Ejemplo. Sistemas de orden superior.
3.27 Reducción de bloques en cascada con y sin muestreador de por medio
3.28 Función de transferencia de pulso de lazo cerrado de un sistema de control digital de
3.29 una planta continua
3.30 Segundo Examen Parcial.

4. Análisis de sistemas de control digital ..... 10 hrs.

4.1 Introducción
4.2 Cálculo de la respuesta de un DSLIT
4.3 Solución de las ecuaciones de diferencias mediante iteración numérica
4.4 Ejemplo. Sistema de primer orden
4.5 Solución de la ecuación de diferencias lineal mediante transformada Z
4.6 La Transformada Z inversa.
4.7 Cálculo por expansión en serie de potencias
4.8 Cálculo por expansión en fracciones parciales
4.9 Caso de polos distintos (reales y complejos)
4.10 Caso de polos repetidos
4.11 Ejemplos de cálculo de la respuesta de un sistema discreto mediante transformada Z
4.12 Sistema de primer orden en lazo abierto
4.13 Sistema de segundo orden el lazo abierto
4.14 Cálculo de la respuesta de un DSLIT por convolución con la respuesta al impulso unitario
4.15 Descomposición de una señal discreta como suma de impulsos
4.16 Respuesta de un DSLIT ante entradas arbitrarias: La Convolución
4.17 Respuesta al impulso de sistemas causales
4.18 Análisis de estabilidad de DSLITs
4.19 Respuesta al impulso y estabilidad
4.20 Estabilidad y polos de una función de transferencia de pulso
4.21 Métodos para el análisis de estabilidad basada en los polos
4.22 Criterio de Routh modificado
4.23 Criterio de Joury
4.24 Lugar de las raíces
4.25 Tercer Examen Parcial.

5. Diseño de controladores digitales ..... 8 hrs.

5.1 Introducción
5.2 Diseño de controladores estabilizantes en lazo cerrado basado en el Criterio de Routh
5.3 Traslación del diseño analógico
5.4 Diferentes aproximaciones (Euler
5.5 discretización invariante al escalón)
5.6 Ejemplos
5.7 Controladores P.I.D. digitales
5.8 Enredado del integrador (Efecto wind-up) y su eliminación
5.9 Sintonización de P.I.D.s digitales (Reglas de Takahashi-Chan-Auslander).
5.10 Proyecto Final.

Bibliografía básica:

1.- Sistemas de Control por Computadora
K. J. Astrom, B. Wittenmark, Editorial Paraninfo, 1988

2.- Sistemas de Control en tiempo Discreto
K. Ogata. Editorial Pearson Educación 1996.

3.- Sistemas de Control digital
Benjamin C. Kuo. Editorial Oxford University Press, 1995.

4.- Digital Control of Dynamic Systems
Franklin G. F. Editorial Addison-Wesley Publishing Company Inc.

Metodologías de enseñanza-aprendizaje:

- Revisión de conceptos, análisis y solución de problemas en clase (X)
- Lectura de material fuera de clase (X)
- Ejercicios fuera de clase (tareas) (X)
- Investigación documental (X)
- Elaboración de reportes técnicos o proyectos (X)
- Prácticas de laboratorio en una materia asociada (X)
- Uso de una herramienta computacional de cálculo simbólico (X)

Metodologías de evaluación:

- Tareas (X)
- Elaboracion de reportes técnicos o proyectos (X)
- Exámenes de academia o departamentales (X)

Revisores:

Dr José Juan Rincón Pasaye

Notas: *La propuesta se presentó en enero de 2012 y fue aprobada por el H. Consejo Técnico el 24 de Febrero de 2012, quedando asentado el dictamen en el acta no. 04 2012-2012.*