

# FACULTAD DE INGENIERÍA

## ÁREA DE COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA



Nombre de la materia : INGENIERIA DE CONTROL  
POR COMPUTADORA

Clave de la materia:

Clave Facultad: 2973

Clave U.A.S.L.P.:

Clave CACEI: CI

Nivel del Plan de Estudios: IC: 6

No. de créditos: 12

Horas/Clase/Semana: 5 Horas totales/Semestre: 80

Horas/Práctica (y/o Laboratorio): 2

Prácticas complementarias:

Trabajo extra-clase Horas/Semana: 5

Carrera/Tipo de materia: Propia de la Carrera  
Obligatoria

No. de créditos aprobados:

Fecha última de Revisión Curricular: 25/02/10

Materia y clave de la materia requisito:

ELECTRÓNICA B (2969)

### PROPÓSITO DEL CURSO

Debido a la evolución, al crecimiento y la gran complejidad en los diversos procesos, actualmente es una necesidad la utilización de computadoras digitales para su control y mejoramiento. La aplicación ha requerido del conocimiento de diversas teorías y técnicas tanto de programación como de interconexión. Este conocimiento permite al alumno de computación

diseñar y adecuar sistemas de control y algoritmos que pueden aplicarse en diversos campos como es en la industria de transformación, las maquiladoras, la robótica, los procesos económicos, biológicos y químicos solo por mencionar algunos. En la materia de Control Digital se aborda la teoría de sistemas retroalimentados de tiempo continuo y discreto.

### OBJETIVO DEL CURSO

El objetivo del curso es que el alumno aprenda, en primer lugar, a sintetizar modelos de sistemas físicos, necesarios para el diseño de sistema de control de tiempo continuo y discreto.

En segundo lugar, el alumno estudiará la Transformada de Laplace con el fin de analizar y diseñar sistemas de control de tiempo continuo con el fin de mejorar el desempeño de un proceso en términos de su respuesta dinámica (rapidez, error en estado estacionario mínimo, etc.) así como en base a otros criterios como son el ahorro de energía, esfuerzo de control mínimo, etc.

También conocerá los métodos de análisis y diseño de sistemas de control denominados lugar geométrico de las raíces y de respuesta en frecuencia.

Finalmente, el alumno será capaz de analizar y diseñar algoritmos de control para sistemas de tiempo discreto haciendo uso de la Transformada Z. El alumno deberá poder programar y/o adecuar un algoritmo en un dispositivo digital (microcontrolador, procesador digital de señales, FPGA, etc.) para manipular un proceso en tiempo real mejorando así su desempeño.

### CONTENIDO TEMÁTICO

#### 1. Introducción a los sistemas de control

Tiempo estimado: 5 horas

Objetivo:

El alumno conocerá los elementos que conforman los sistemas de control haciendo énfasis en aquellos de tipo digital o por computadora. Conocerá la terminología necesaria que se emplea en esta materia.

- 1.1 Sistemas de control.
- 1.2 Control por computadora.
- 1.3 Requerimientos del control por computadora.

1.3.1 Hardware.

1.3.2 Software.

1.4 Sensores.

#### 2. Función de transferencia

Tiempo estimado: 8 horas

Objetivo:

El alumno se familiarizará con las bases matemáticas para el análisis de los sistemas de tiempo continuo.

- 2.1 Transformada de Laplace.

- 2.2 Transformada inversa de Laplace.
- 2.3 Solución de ecuaciones diferenciales.
- 2.4 Función de transferencia.
- 2.5 Diagramas de bloques

### 3. Modelado y simulación de sistemas físicos

Tiempo estimado: 5 horas

#### Objetivo:

El alumno será capaz de obtener modelos matemáticos de algunos sistemas físicos necesarios para sintetizar sistemas de control basados en modelo. También se adentrará en la simulación digital de los modelos matemáticos estudiados.

- 3.1 Introducción.
- 3.2 Circuitos eléctricos (RC y RLC).
- 3.3 Sistemas mecánicos (traslacional y rotacional).
- 3.4 Sistemas electromecánicos (motor de CD).
- 3.5 Simulación digital.

### 4. Análisis de la respuesta transitoria y estabilidad

Tiempo estimado: 10 horas

#### Objetivo:

El alumno comprenderá los métodos para analizar la respuesta transitoria de un sistema, el concepto de estabilidad y los criterios para determinar si un sistema de control es estable.

- 4.1 Respuesta al impulso.
- 4.2 Estabilidad entrada-salida.
- 4.3 Especificaciones de la respuesta transitoria.
- 4.4 Respuesta al escalón.
  - 4.1.1 Sistemas de primer orden.
  - 4.1.2 Sistemas de segundo orden.
  - 4.1.3 Sistemas de orden superior.
- 4.5 Efecto de los ceros y los polos dominantes en la respuesta al escalón.
- 4.6 Criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.
- 4.7 Simulación digital.

### 5. Acciones básicas de control

Tiempo estimado: 8 horas

#### Objetivo:

El alumno conocerá las acciones de control más comunes en los sistemas de control industriales y los métodos de sintonización correspondientes.

- 5.1 Introducción.
- 5.2 Parámetros de desempeño.
- 5.3 Control P, PI, PD y PID.
- 5.4 Reglas de sintonización de Ziegler-Nichols.
- 5.5 Simulación digital.

### 6. Análisis del lugar geométrico de las raíces

Tiempo estimado: 3 horas

#### Objetivo:

El alumno conocerá el análisis del lugar geométrico de las raíces para analizar y diseñar sistemas de control.

- 6.1 Introducción.
- 6.2 Gráficas del lugar geométrico de las raíces.
- 6.3 Simulación digital.

### 7. Respuesta en frecuencia

Tiempo estimado: 4 horas

#### Objetivo:

El alumno conocerá el análisis en el dominio de la frecuencia con el fin de analizar y diseñar sistemas de control.

- 7.1 Introducción.
- 7.2 Diagramas de Bode.
- 7.3 Margen de ganancia y margen de fase.
- 7.4 Simulación digital.

### 8. Sistemas de datos muestreados

Tiempo estimado: 4 horas

#### Objetivo:

El alumno se familiarizará con las características de los sistemas de tiempo discreto y el Teorema del muestreo.

- 8.1 Introducción.
- 8.2 Análisis del muestreador y retenedor.
- 8.3 Teorema del muestreo.
- 8.4 Espectro de una señal muestreada y el "aliasing".
- 8.5 Elección del período de muestreo.

### 9. Función de transferencia pulso

Tiempo estimado: 10 horas

#### Objetivo:

El alumno se familiarizará con las bases matemáticas para el análisis de los sistemas de tiempo discreto.

- 9.1 Transformada Z.
- 9.2 Transformada Z inversa.
- 9.3 Función de transferencia pulso.
- 9.4 Ecuación de diferencias.
- 9.5 Diagramas de bloques.

### 10. Análisis de la respuesta transitoria de sistemas de datos muestreados y estabilidad

Tiempo estimado: 10 horas

#### Objetivo:

El alumno conocerá las diferencias de la respuesta temporal de un sistema de tiempo continuo y uno de tiempo discreto y los criterios de estabilidad para éste último tipo de sistemas.

- 10.1 Respuesta al escalón.
- 10.2 Comparación de la respuesta temporal de un sistema de datos muestreados y uno continuo en el tiempo.
- 10.3 Correspondencia entre el plano  $s$  y el plano  $z$ .
- 10.4 Criterio de estabilidad de Jury.
- 10.5 Simulación digital.

### 11. Diseño de sistemas de control digital

Tiempo estimado: 13 horas

#### Objetivo:

El alumno se familiarizará con los fundamentos del diseño de sistemas de control retroalimentados de tipo digital.

11.1 Especificaciones del sistema de control.

11.2 Diseño basado en el método del lugar geométrico de las raíces.

11.3 Diseño basado en el método de respuesta en frecuencia.

11.4 Controlador PID.

11.5 Sintonización del controlador PID.

11.6 Realización del controlador PID.

11.7 Programación de un controlador en un dispositivo digital.

11.8 Simulación digital.

## METODOLOGÍA

Exposición de temas a través de medios como pizarrón, proyector y simulaciones digitales. Se realizarán visitas a la industria y laboratorios de investigación, se

organizarán sesiones con expertos e investigadores en el ramo. Se realizarán prácticas de laboratorio y al final se entregará un proyecto de aplicación por equipo.

## EVALUACIÓN

Se asignarán tareas a realizar en forma individual y por equipo. La teoría se apoyará en la realización de prácticas de laboratorio. Durante el curso el alumno desarrollará un proyecto de aplicación que entregará al final del curso.

De acuerdo con el Reglamento de Exámenes, deberá acreditarse el Laboratorio de la materia. Se aplicarán 5 exámenes parciales en las fechas establecidas por el calendario de actividades de la Facultad.

Para tener derecho a la presentación del examen se deberá presentar avances del proyecto y asistir un mínimo del 75%.

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía Básica

Ingeniería de Control Moderna  
K. Ogata  
Pearson Prentice Hall 2003  
4a Edición

Sistemas de Control en Tiempo Discreto  
K. Ogata  
Prentice Hall 1996  
2a Edición

Microcontroller Based Applied Digital Control  
D. Ibrahim  
Wiley 2006

### Bibliografía Complementaria

Feedback Control Problems using Matlab  
D. Frederick, J. Chow  
Brooks/Cole Thomson Learning 2000

Discrete-Time Control Problems using Matlab  
J. H. Chow, D. K. Frederick, N. W. Chbat,  
Brooks/Cole Thomson Learning 2003

Ingeniería de control analógica y digital  
R. M. Navarro  
Mc. Graw Hill 2004