

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Nombre de la materia: ANÁLISIS Y CONTROL DE SISTEMAS LINEALES

Clave Facultad:

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

Clave CACEI:

Nivel del Plan de Estudios: Postgrado

No. de créditos: 10

Horas/Clase/Semana: 5

Horas totales/Semestre: 80

Horas/Práctica (y/o Laboratorio):

Prácticas complementarias:

Trabajo extra clase Horas/Semana:

Carrera/Tipo de materia: Maestría en Ingeniería Eléctrica

No. de créditos aprobados:

Fecha última de Revisión Curricular:

Materia y clave de la materia requisito:

## JUSTIFICACIÓN DEL CURSO

Para introducir al alumno en el conocimiento de las diversas líneas de investigación y herramientas matemáticas del Control Automático, es indispensable que tenga conocimiento del control moderno. En este sentido, la materia de Sistemas Lineales permitirá al

alumno conocer el control moderno y con ello fundamentar las bases de conocimiento que se requiere para profundizar en otras técnicas de control más avanzadas.

## OBJETIVOS DEL CURSO

Introducir al alumno en los conocimientos de Sistemas Lineales necesarios para el dominio de las herramientas de control moderno y que éste pueda aplicarlas en

problemas relacionados con aplicaciones prácticas o de investigación.

## CONTENIDO TEMÁTICO

### 1.- Introducción a los Sistemas Lineales 4 hrs.

**Objetivo.** Que el alumno conozca los conceptos básicos de sistemas lineales, así como las descripciones fundamentales de estos.

- 1.1 Introducción
- 1.2 Descripción Entrada-Salida.
- 1.3 Linealidad, Causalidad e Invariancia Temporal.
- 1.4 El Concepto de Estado y Descripción en Variables de Estado.

### 2.- Solución en Espacio de Estados y Realización 18 hrs.

**Objetivo:** Que el alumno conozca e interprete los operadores lineales y sus representaciones hasta llegar a establecer las características de los sistemas de ecuaciones lineales.

- 2.1 Existencia y Unicidad.
- 2.2 Solución de Sistemas Lineales Invariantes en el Tiempo (LTI).
- 2.3 Formas Canónicas.
- 2.4 Realizaciones.

- 2.5 Solución de Sistemas Lineales Variantes en el Tiempo (LTV).
- 2.6 La Matriz de Transición de Estados y sus Propiedades.
- 2.7 Ecuaciones Variantes en el Tiempo Equivalentes.
- 2.8 Sistemas Lineales Periódicos

### 3. Estabilidad de Sistemas Lineales 16 hrs.

**Objetivo:** Que el alumno sea capaz de analizar la estabilidad de sistemas lineales.

- 3.1 Estabilidad Interna.
  - 3.1.1 Estabilidad Uniforme.
  - 3.1.2 Estabilidad Exponencial Uniforme.
  - 3.1.3 Estabilidad Asintótica Uniforme.
  - 3.1.4 Transformaciones de Lyapunov.
  - 3.1.5 Caso Invariante en el Tiempo.
- 3.2 Teoría de Lyapunov para Sistemas Lineales.
  - 3.2.1 Estabilidad Uniforme.
  - 3.2.2 Estabilidad Exponencial Uniforme.
  - 3.2.3 Inestabilidad.
  - 3.2.4 Caso Invariante en el Tiempo.
  - 3.2.5 Estabilidad en Función de sus Eigenvalores. Casos LTI y LTV.

#### 4. Controlabilidad y Observabilidad de Sistemas

##### Lineales 18 hrs.

**Objetivo:** Que el alumno sea capaz de analizar las propiedades cualitativas de los sistemas lineales.

- 4.1 Controlabilidad.
- 4.1.1 Índices de Controlabilidad.
- 4.2 Observabilidad.
- 4.2.1 Índices de Observabilidad.
- 4.3 Descomposiciones Canónicas.
- 4.4 Condiciones para Formas de Jordan.
- 4.5 Sistemas Variantes en el Tiempo.
- 4.6 Ubicación de Eigenvalores.
- 4.7 Criterio de Controlabilidad y Observabilidad de Popov-Belevitch-Hautus.

##### 5. Realizaciones Mínimas 10 hrs.

**Objetivo:** Que el alumno sea capaz de obtener la representación de un sistema lineal en espacio de estados a partir de una representación en funciones de transferencia.

- 5.1 Coprimicidad y sus Implicaciones.
- 5.1.1 Realizaciones Mínimas.
- 5.2 Fracciones Coprimas.
- 5.3 Grado de Matrices de Transferencia.
- 5.4 Matrices Polinomiales Fraccionales.
- 5.4.1 Reducción Columna-Fila.

5.4.2 Cálculo de Matrices Polinomiales Fraccionales Coprimas.

5.5 Realización a partir de Matrices Polinomiales Fraccionales Coprimas.

#### 6. Retroalimentación de Estado y Observadores

14 hrs.

**Objetivo:** Que el alumno sea capaz de controlar un sistema lineal a partir del método de retroalimentación de estados. Asimismo se le enseñará a diseñar observadores de estado de orden completo y reducido.

- 6.1 Retroalimentación de Estado.
- 6.2 Estabilización.
- 6.3 Regulación y Seguimiento.
- 6.4 Observadores.
- 6.4.1 Observadores a Lazo Abierto.
- 6.4.2 Observadores a Lazo Cerrado.
- 6.4.3 Observadores de Orden Reducido.
- 6.5 Retroalimentación a partir de Estimación de Estados.
- 6.6 Retroalimentación de Estados —Caso MIMO.
- 6.6.1 Caso Cíclico.
- 6.6.2 Diseño vía Ecuación de Sylvester.
- 6.6.3 Diseño Canónico.

#### METODOLOGÍA

El profesor analizará los conceptos relativos a cada tema y el alumno deberá ejercitar extra clase los conocimientos adquiridos. También se realizarán simulaciones de diversas plantas, tanto con una representación entrada-salida como en forma de

ecuaciones lineales de estado. Además se desarrollarán ejercicios para que el alumno sea capaz de diseñar controladores y observadores lineales.

#### EVALUACIÓN

Tres exámenes parciales 80% Proyecto: 20%

#### BIBLIOGRAFÍA

#### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

1. Chi-Tsong Chen, *Linear System Theory and Design*, 3rd Edition, Oxford University Press, 1999.
2. Thomas Kailath, *Linear Systems*, Prentice-Hall, 1980.
3. W. Murray Wonham, *Linear Multivariable Control. A Geometric Approach*, 3a Edición, Springer-Verlag, 1985.
4. João P. Haspanha, *Linear Systems Theory*, Princeton University Press, 2009.
5. Eduardo D. Sontag, *Mathematical Control Theory: Deterministic Finite Dimensional Systems*, 2a Edición, Springer, 1998.
6. Panos J. Antsaklis y Anthony N Michel, *Linear Systems*, Birkhäuser, 2005
7. William L. Brogan, *Modern Control Theory*, 3a Edición, Prentice Hall, 1990
8. Karl Johan Aström y Richard M. Murray, *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*, Princeton University Press, 2008