

PROGRAMA ANALÍTICO DE : SISTEMAS DE CONTROL  
(PLAN 1995/adeecuado 2006)

| Nivel | Cuatrimestre | Código | Hs. semanales |
|-------|--------------|--------|---------------|
| 5to   | Anual        |        | 4             |

**Correlatividades:**

Para cursar:

Cursada: Teoría de los Circuitos 2 – Maquinas e Instalaciones Eléctricas.

Aprobadas: Física electrónica – Teoría de los Circuitos 1

Para rendir:

Aprobadas: Teoría de los Circuitos 2 – Maquinas e instalaciones eléctricas

**Estrategia Metodológica:**

La ejecución de procesos y procedimientos que garanticen un nivel de elaboración de conocimientos, requiere fundamentalmente tiempo y esfuerzo por parte de los alumnos y del docente. Aprender temas nuevos implica para el alumno utilizar conceptos, conocimientos y vivencias que ha ido formando y construyendo con experiencias previas. Dado que es esta una materia que integra conocimientos de muchas áreas de la ingeniería, se insistirá en la necesidad de generar una cultura de la dedicación y la participación. Dedicación en cuanto a disponer de tiempo, por una parte, y a realizar un esfuerzo cognitivo orientado, por la otra, de tal manera que la relación costo/beneficio (tiempo empleado/niveles logrados) sea la mejor posible. Y participación, ya que si no se logra una relación interactiva en el proceso enseñanza-aprendizaje entre el profesor y los alumnos, es muy difícil que se puedan lograr los objetivos propuestos.

El profesor realizará la exposición de los temas del programa analítico siguiendo la programación cronológica, de tal manera que los alumnos puedan conocer sin ambigüedades, cual es el tema que corresponde. Será de fundamental importancia resaltar los conceptos importantes y las conclusiones de cada uno de los contenidos. El profesor tratará por mas de un camino cuando fuera posible, presentar el núcleo temático. Desarrollado el teórico, se dará un ejercicio/problema que se resolverá para mostrar a los alumnos el método utilizado. En esta parte el profesor tratará de incentivar a los alumnos a que manifiesten sus dudas e inquietudes y a que propongan caminos alternativos de solución.

Los alumnos deberán presentar una carpeta con la solución de ejercicios y trabajos prácticos de realización obligatoria que serán indicados por la cátedra, oportunamente. Al finalizar el año lectivo, la carpeta deberá presentarse a la cátedra para ser aprobada, y será uno de los elementos necesarios para lograr la condición de alumno regular.

Se tratará de utilizar en la medida de lo posible las herramientas computacionales disponibles para la resolución de problemas, con el objeto de que los alumnos puedan visualizar los resultados obtenidos. Se propondrá la investigación en la WEB de temas relacionados

**Criterios de evaluación sintético:** Evaluación continua durante el curso mediante pruebas parciales.. Evaluación final mediante examen integrador.

**Objetivos:**

- Comprender el lenguaje, formalismo, principios y métodos de la teoría del control automático, aplicado a los sistemas lineales.



- Comprender y aplicar las técnicas de convolución a los SLIT y caracterizarlos adecuadamente mediante su función característica.
- Conocer y utilizar los métodos de Análisis de respuesta transitoria y permanente para la caracterización de sistemas y la determinación de parámetros de interés.
- Familiarizar al educando en la obtención de modelos matemáticos de componentes (instrumentos, actuadores y sensores) y de sistemas dinámicos continuos lineales o linealizados, generando la habilidad y el criterio necesarios para modelizar con el suficiente grado de detalle como para poner de manifiesto las características dinámicas dominantes, y a la vez lo suficientemente sencillo para realizar su análisis y utilizarlo con fines de diseño.
- Permitir al estudiante introducirse en el análisis, diseño y simulación de sistemas de control realimentados, en grado creciente de complejidad, utilizando técnicas analíticas, numéricas y gráficas para la solución de problemas, ya sea en el dominio del control clásico o del control moderno.
- Conocer y aplicar los métodos de Lugar de Raíces y de Respuesta en frecuencia para analizar, sintetizar, compensar y diseñar sistemas de control automático.
- Conocer y aplicar las técnicas de Variable de Estado a los sistemas dinámicos.
- Comprender los conceptos de Observabilidad, Controlabilidad y Estabilidad en el espacio de estado.
- Conocer y aplicar el método de asignación de polos por realimentación del vector de estado.
- Conocer la existencia y utilizar herramientas computacionales que le permitan solucionar los problemas planteados, con una orientación hacia la simulación de los modelos matemáticos obtenidos, con el fin de visualizar y comprender los resultados.
- Elaborar informes acerca de los trabajos realizados.-

## Contenidos

### **UNIDAD 1 : INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL**

Introducción general. Esquemas básicos de control: Lazo abierto y lazo cerrado. Sistemas de control realimentado, nomenclatura y símbolos. Aplicación de la Transformada de Laplace. Convolución . Función de transferencia. Diagramas de bloques. Algebra de bloques. Características de los sistemas realimentados: sensibilidad, ganancia, influencias de las perturbaciones y ruido. Linealización de sistemas no lineales. Diagramas de flujo de señal. Formula de Mason.

Duración : 1 Semanas

### **UNIDAD 2: CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE SISTEMAS Y COMPONENTES**

Componentes de los sistemas de control. Modelos matemáticos de sistemas físicos. Componentes mecánicos, traslacionales y rotacionales. Componentes hidráulicos. Motor de corriente continua controlado por campo y por inducido. Motor de corriente alterna. Potenciómetro y tacómetro. Interconexión de componentes. Sistemas de control de posición.

Duración : 3 Semanas



### **UNIDAD 3: SIMULACIÓN DE SISTEMAS DINÁMICOS.**

Analogía de la representación de los sistemas físicos. Procedimientos para la obtención de los diagramas de simulación. Simulación digital. El integrador: núcleo de la simulación. Inestabilidad numérica. Determinación del intervalo de integración. Uso de programas comerciales para la solución de ecuaciones diferenciales utilizando métodos de simulación analógica.

Duración : 2 Semanas

### **UNIDAD 4: ANÁLISIS DE LA RESPUESTA TRANSITORIA.**

Señales típicas de prueba. Especificaciones en el dominio del tiempo. Sistemas de primer y segundo orden. Respuesta para entradas impulso, escalón y rampa. Ecuación característica. Parámetros relacionales. Frecuencia natural no amortiguada y relación de amortiguamiento. Efectos del incremento de ganancia en sistemas de segundo orden de lazo cerrado.

Duración : 2 Semanas

### **UNIDAD 5: CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS. ANÁLISIS EN ESTADO PERMANENTE.**

Respuesta en estado permanente de sistemas. Tipos de sistemas. Error en estado estacionario. Entradas escalón, rampa y parabólica para servos tipo 0, 1 y 2. Coeficientes de error. Estabilidad de los sistemas de control, conceptos. Criterios de estabilidad de Routh-Hurwitz. Casos especiales.

Duración : 2 Semanas

### **UNIDAD 6: MÉTODOS DEL LUGAR DE RAÍCES.**

Ubicación de las raíces en el plano complejo: polos y ceros. Condición de magnitud y fase. Trazado del lugar geométrico de las raíces de Evans. Reglas de construcción. Análisis de los sistemas de control mediante el método del lugar de raíces. Efectos de añadir polos y ceros. Análisis para valores de ganancia positiva y negativa.

Duración : 3 Semanas

### **UNIDAD 7: MÉTODO DE RESPUESTA EN FRECUENCIA.**

Gráficos de respuesta en frecuencia. Diagrama polar. Diagramas de Bode, Black y Nyquist. Representación de factores típicos. Especificaciones en el dominio de la frecuencia. Frecuencia de resonancia. Módulo de resonancia. Sistemas de fase mínima y no mínima. Sistemas con retardo de transporte.

Duración : 3 Semanas

### **UNIDAD 8: ESTABILIDAD EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.**

Gráficos de contornos en el plano complejo. Principio del argumento. Criterio de estabilidad de Nyquist. Interpretación del diagrama de Nyquist: baja y alta frecuencia.



Estabilidad relativa: margen de ganancia y margen de fase en los diagramas de Bode, Nyquist y Black. Lugares geométricos constantes de Nichols.

Duración : 3 Semanas

#### **UNIDAD 9: COMPENSACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.**

Compensación utilizando el Lugar de Raíces. Compensadores en cascada. Adelanto, Atraso y Atraso adelanto. Compensación en la realimentación. Compensación utilizando métodos de respuesta en frecuencia. Diferentes compensadores. Procedimientos. Compensadores PID. Sintonía. Compensación por cancelación.

Duración : 4 Semanas

#### **UNIDAD 10: INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE VARIABLES DE ESTADO.**

Introducción. Concepto de estado y variable de estado. Ejemplos. Representación de sistemas en el espacio de estados. Formas canónicas. Representación mediante V.E. físicas y de fase. Solución de la Ecuación de estado. Matriz de transición. Diagonalización. Desacoplamiento de estados. Autovalores y autovectores. Observabilidad y controlabilidad de estado.

Duración : 6 Semanas

#### **UNIDAD 11: DISEÑO EN EL ESPACIO DE ESTADO.**

Introducción. Ubicación de polos mediante realimentación del vector de estado. Diferentes métodos. Diseños de servosistemas. Plantas con y sin integrador. Introducción a los observadores de estado. Observador de estado completo.

Duración : 3 Semanas

#### **BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA**

- OGATA, K. – Ingeniería de Control Moderna – Prentice Hall – Mexico  
KUO, Benjamin – Sistemas automáticos de control – Cia. Editorial Continental – 1992  
D. SCHULTZ, J. MELSA - State functions and linear control systems - McGraw Hill - U.S.A. - 1967  
ROHRS-MELSA-SCHULTZ – Sistemas de Control Lineal – Mc Graw Hill – Mexico 1994  
WIBERG, Donald – Espacio de estado y sistemas lineales – McGraw Hill – Mexico – 1973  
D'AZZO – HOUPIS – Linear control system analysis and design – McGraw Hill – 1975  
OGATA, K – State space analysis of control system – Prentice Hall – 1967  
F. FROHR - F ORTTENBURGER - Introducción al control electrónico - Marcombo - España - 1986  
W. J. PALM III - Modeling, Analysis and Control of Dynamic Systems- John Wiley @ Sons- U.S.A. 1983  
W. LEONHARD - Introduction to Control Engineering and Linear Control Systems - Springer-Verlag -Braunschweig - Germany - 1970



### **BIBLIOGRAFIA CONCURRENTE**

- A. SAGE-C.C. WHITE III - Optimun systems control - Prentice Hall- New Jersey - USA - 1977
- J.PEREZ-A.HILARIO-M.Castro... Simulación y Electrónica Analógica - Alfaomega - Mexico - 1999
- K.OGATA - Sistemas de control en tiempo discreto - Prentice Hall - Mexico - 1996
- J.TORRES-V.CZITROM - Métodos para la solución de problemas con computadora digital-Mexico 1980
- H.GROSS - Electrical feed drives for machine tools - John Wiley @ Sons - Germany - 1981
- T.TAKAHASCHI - Mathematics of automatic control - Holf-Rinehart and Winston - USA - 1966
- HOLBROOK - Transformadas de Laplace para Ingenieros en electronica - Limusa - Mexico 1993
- C.JOHNSON - Process control instrumentation technology - Jphn Wiley and Sons - USA - 1977