



## INGENIERÍA ELÉCTRICA

### PROGRAMA DE ASIGNATURA

#### **ACTIVIDAD CURRICULAR: CONTROL AUTOMÁTICO**

**Código: 95-0536**

**Año Académico: 2018**

**Área: SISTEMAS DE CONTROL**

**Bloque: TECNOLOGIAS APLICADAS**

**Nivel: 4°. Tipo: Obligatoria**

**Modalidad: Anual**

**Carga Horaria total: Hs Reloj: 120 Hs. Cátedra: 160**

**Carga horaria semanal: Hs Reloj: 3h 45min Hs. Cátedra: 5**

#### **Composición del equipo docente**

Profesores Titulares:

Profesores Asociados:

Profesores Adjuntos: Ing. Abel Andrada

Auxiliares JTP: Ing. Alejandro Vitaliti

Auxiliares ATP 1°: Ing. Martín Rodríguez

Auxiliares ATP 2°:

#### **FUNDAMENTACION**

Si bien los Sistemas de Control son una integración de matemática, física e ingeniería, su ciencia como cuerpo de conocimiento consistente, forma parte de todas las ingenierías. En el caso de la ingeniería Eléctrica está presente en todas sus ramas y desde hace muchos años no se concibe la formación de un profesional electricista sin conocimientos de sus fundamentos y modernas técnicas.



## **OBJETIVOS**

El alumno deberá ser capaz de determinar la respuesta en régimen permanente y transitorio de sistemas realimentados frente a entradas de referencia y perturbación o carga y diseñar los compensadores necesarios para su estabilización, aplicando la teoría del control clásico. Además deberá determinar la observabilidad y controlabilidad de sistemas físicos.

## **CONTENIDOS**

### a) Programa Sintético

1. Función de transferencia. Grafos de señal. Diagramas en bloque.
  2. Realimentación.
  3. Régimen permanente. Entrada de referencia y perturbación o carga.
  4. Estabilidad. Criterios y su aplicación. Respuesta frecuencia Representación de Bode.
  5. Compensación en cascada y por realimentación.
  6. Representación de sistemas físicos mediante variables de estado. Matriz de estado. Ecuación de transición. Función de transferencia y autovalores.
  7. Observabilidad y controlabilidad de sistemas
  8. Criterio de optimización de sistemas de control
- Comentarios: La ejercitación se basará en casos prácticos reales.

### b) Contenidos

## **Unidad Temática 1: Sistemas de Control**

Introducción a la teoría de control. Sistemas a lazo abierto y a lazo cerrado. Concepto de realimentación (feedback) y sus efectos. Ejemplos sencillos de sistemas de control. Función de transferencia. Señales en un sistema de control de lazo cerrado. Diagrama en bloque. Algebra de bloques. Grafos de señal. Formula de Mason. Representación mediante Bode. Perturbación, disturbio o ruido en sistemas de lazo abierto y cerrado. Sistemas sometidos a variaciones en la carga. Señales de entrada de referencia tipificadas.

## **Unidad Temática 2: Modelización de Sistemas Físicos**

Modelado matemático de sistemas físicos: mecánicos, eléctricos, electromecánicos, térmicos, hidráulicos y neumáticos. Obtención de la función transferencia de sistemas físicos. Linealización.

## **Unidad Temática 3: Respuesta Temporal de los Sistemas de Control**

Análisis de la respuesta transitoria y permanente de los sistemas de control. Parámetros característicos de la respuesta. Ubicación de los polos y ceros de la función transferencia. Sistemas de primer y segundo orden. Sistemas tipo 0, 1 y 2. Errores de los sistemas en estado estacionario frente a distintas entradas de consigna.



#### **Unidad Temática 4: Estabilidad en Sistemas de Control**

Concepto de estabilidad. Ecuación característica. Análisis de estabilidad de los sistemas de control mediante los criterios de Routh-Hurwitz y Nyquist.

#### **Unidad Temática 5: Control Industrial**

Sensores y Transmisores: Dispositivos Termo Resistivos y Termocuplas. Señales diferenciales. Transmisores activos y pasivos. Señales normalizadas. Procesamiento de señales discretas y analógicas. Escalamiento de variables de campo. Elementos de control final: válvulas on/off y modulantes; Relé, relé de estado sólido, Contactor. Acciones básicas de control (Control On/Off, On/Off con histéresis, PWM, PID. Controladores de uso Industriales, estudio de sus especificaciones. Controladores Lógicos Programables. Programación de lazos de control con PLC. Diferentes estrategias de control. Diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID). Norma ANSI/ISA. Representación de Sistemas de Control de Procesos Industriales. Control en Cascada y control por adelanto.

#### **Unidad Temática 6: Análisis y Síntesis de los Sistemas de Control**

Análisis de los sistemas de lazo cerrado automático. Respuesta en frecuencia de los sistemas de control. Método del lugar de raíces.

#### **Unidad Temática 7: Compensación de los Sistemas de Control**

Clasificación de Compensadores y Controladores. Compensación en cascada y por realimentación. El control PID y sus efectos en el comportamiento del sistema. Reglas de Ziegler y Nichols. Síntesis o diseño de compensadores.

#### **Unidad Temática 8: Control Moderno**

Introducción al Control Moderno: Representación de sistemas físicos en el espacio de estado. Función de transferencia.



## DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Tipo de actividad	Carga horaria total en hs. reloj	Carga horaria total en hs. cátedra
<b>Teórica</b>	<b>92</b>	<b>123</b>
<b>Formación Práctica</b>	<b>28</b>	<b>37</b>
Formación experimental	16	21
Resolución de problemas	12	16
Proyectos y diseño	0	0
Práctica supervisada	0	0

### ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

a) Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)

La metodología de la enseñanza es del tipo seminario presencial, donde se fomenta el acercamiento docente-estudiante con el fin de favorecer la desinhibición del estudiante, y permitirle una activa intervención durante las clases. Se tratará de fomentar el razonamiento y la creatividad de los estudiantes con el fin de resolver situaciones problemáticas. La Cátedra considera un excelente medio para favorecer el aprendizaje, el continuo razonamiento guiado por los docentes, ya sea durante el desarrollo de temas teóricos como prácticos siempre con complejidad creciente. Forman parte de la enseñanza, las siguientes actividades:

- Clases teóricas (apoyadas en ejemplos de aplicación de equipos y sistemas reales) desarrolladas por el Profesor. En dichas clases el Profesor transmite a los estudiantes el conocimiento esencial y sustancial como así también los conceptos fundamentales de cada tema, minimizando las demostraciones matemáticas extensas y los conceptos físicos ya aprendidos en materias ya cursadas. En dichas clases se utilizan ejemplos prácticos para facilitar la comprensión de los temas desarrollados.

Debido a lo extenso del programa se sugiere a los estudiantes la lectura previa de los temas que se dictarán en la clase para optimizar los tiempos, como así también la resolución de los ejercicios y problemas planteados en clase.



- Clases prácticas de resolución de ejercicios y problemas, guiadas por el A.T.P. y supervisadas por el Profesor. Se trabajará en el Laboratorio de Informática/aula, utilizando softwares de simulación. Ello permite que los estudiantes puedan analizar, sintetizar y verificar la respuesta de los sistemas de control utilizando herramientas informáticas modernas.
  - Exámenes parciales preparados por el Profesor. De carácter práctico donde se busca que el estudiante alcance los objetivos propuestos para la asignatura.
  - Clases de recuperación de parciales no aprobados, preparados por el Profesor.
  - Consultas utilizando las plataformas actuales de comunicación
- b) Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, equipos de uso industrial, hojas de datos (data sheet), etc..)

Los recursos didácticos más importantes que se pueden utilizar (dependiendo de la disponibilidad) como apoyo a la enseñanza son:

- Pizarra y marcador
- Proyector de Transparencias. Cañón Electrónico.
- Elementos y equipos utilizados en el ámbito industrial

## **EVALUACIÓN**

### a) Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)

El proceso de evaluación se realiza a través de los trabajos prácticos personales que realizan los estudiantes durante el curso, y también, se pretende evaluar el grado de atención y comprensión por parte de los estudiantes mediante su participación activa en la clase.

La metodología de evaluación es de tres (3) exámenes parciales (teóricos/prácticos) y sus respectivas recuperaciones.

### b) Requisitos de regularidad

Aprobar los 3 parciales y los Trabajos Prácticos



c) Requisitos de aprobación

c.1) Promoción: Sistema de aprobación 2B. El estudiante promociona la asignatura cuando en cada una de las evaluaciones parciales obtiene 8 (ocho) o más puntos.

Se permite sólo un recuperatorio para promocionar. Debe tener dos de los tres parciales con 8 (ocho) o más puntos.

Coloquio donde el estudiante elegirá un tema para ser una exposición del mismo.

c.2) Examen final, con especial énfasis en los aspectos teóricos desarrollados durante el ciclo lectivo, en donde el estudiante deberá mostrar una acabada comprensión de todos los temas desarrollados durante la cursada desde la modelización hasta la compensación de sistemas. Deberá poder expresar con claridad cada uno de los conceptos vertidos incluyendo conceptos teóricos conclusiones arribadas en la resolución de ejercicios y problemas y lo aprendido en los ensayos de laboratorios.

**ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS**

Control Automático pretende integrar las áreas de Ciencias Básicas, Tecnologías Básicas y Tecnologías Aplicadas. La formación fisicomatemática del estudiante es de vital importancia para la modelización, como así también generar una vinculación con las materias “Fundamentos Para el Análisis de Señales”, “Electrotecnia II”, “Máquinas Eléctricas I y II”, “Electrónica I”, “Mecánica Técnica”, “Máquinas Térmicas e Hidráulicas y Fluidos”, “Accionamientos y Controles Eléctricos”, “Instrumentación”, y “Análisis de Señales y Series de Tiempo Aplicados a la Ingeniería Eléctrica”.

Vínculo con las materias que es necesario tener cursadas para cursar “Control Automático”:

- Fundamentos Para el Análisis de Señales induce los conocimientos de ecuaciones diferenciales lineales, Transformada de Laplace, función de transferencia, prácticas de laboratorio con software de simulación, variable compleja y transformación conforme.
- Electrotecnia II brinda conocimientos sobre principios y teoremas fundamentales de los circuitos, modelos circuitales basados en la función transferencia, diagramas de Bode, solución de las ecuaciones diferenciales a coeficientes constantes, régimen transitorio y estacionario, diagramas y álgebra de bloques, y nociones de filtros.



Vínculo con las materias que no son requisito para cursar “Control Automático”, pero los temas abordados en las mismas permiten sin duda una mayor comprensión:

- Máquinas Eléctricas I y II enseñan a que los estudiantes manejen el comportamiento dinámico y en régimen permanente de las máquinas rotativas, ya éstas que son, por excelencia, los sistemas electromecánicos que el ingeniero electricista debe dominar.
- Electrónica I trata el concepto de punto de operación en transistores; como también la teoría de los amplificadores operacionales, muy utilizados en sistemas de control para aumentar la potencia de trabajo en un proceso realimentado. Eventualmente también suelen tratar los diagramas de Bode y el concepto de ancho de banda.
- Mecánica Técnica aporta al estudiante los fundamentos de dinámica del punto material y del cuerpo rígido (temas ya tratados en Física I, pero en esta oportunidad con un nivel matemático superior). Sin embargo, la contribución más valiosa de esta materia es el capítulo de vibraciones mecánicas; temas importantes para Control Automático entre los cuales podemos citar el modelado de sistemas mecánicos, sistemas de uno o varios grados de libertad, respuesta en frecuencia, resonancia, transmisibilidad, y analogía de un sistema mecánico con un circuito eléctrico.
- Máquinas Térmicas e Hidráulicas y Fluidos trata en profundidad temas como ser procesos de transmisión de calor, golpe de ariete, régimen laminar y turbulento, ecuación de Bernoulli y pérdida de carga en un fluido. Estos temas son importantes para la modelización de sistemas térmicos e hidráulicos.

Vínculo con las materias que necesitan de “Control Automático” y que se encuentran en el nivel superior:

- Accionamientos y Controles Eléctricos requiere de Control Automático los temas: Diagrama de Bloques, función de transferencia, Controles PID, Lazo abierto y Lazo cerrado, control de velocidad, etc.
- Instrumentación puede interpretarse como la continuación de Control Automático, ya que necesita de comprender los temas como realimentación, sintonía de controladores, y toca temas como transductores, transformación de una variable del tipo mecánica, térmica o hidráulica en una variable eléctrica para realizar mediciones de realimentaciones (también temas de Control).
- Análisis de Señales y Series de Tiempo Aplicadas a la Ingeniería Eléctrica necesita conocimientos previos de filtros, funciones de transferencia, transformada, ubicación de polos y ceros, estabilidad, etcétera. Temas importantes de conocer para abordar los tratamientos de señales vistos en la materia y justificar los análisis en tiempo discreto.



## CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

### **ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL A LAZO CERRADO**

TEMAS	HORAS CATEDRA
Unidad 1, 2, 3 y 4	45
Primer Parcial	5

### **CONTROL ELECTRONICO DE PROCESOS INDUSTRIALES**

TEMAS	HORAS CATEDRA
Unidad 5	55
Segundo Parcial	5

### **SINTESIS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL A LAZO CERRADO**

TEMAS	HORAS CATEDRA
Unidad 6, 7 y 8	45
Tercer Parcial	5





### BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Título	Autores	Editorial
Ingeniería de Control Moderno	Katsuhiko Ogata	Pearson
Sistemas de Control Automático	Benjamin C. Kuo	Prentice Hall
Retroalimentación y Sistemas de Control	Distefano – Stubberud - Williams	McGraw-Hill
Sistemas de Control Moderno	Dorf - Bishop	Pearson
Ingeniería de Control	Bolton	Alfaomega
Instrumentación Industrial	Creus Solé	Alfaomega - Marcombo
Apuntes, guías de problemas y de trabajos de laboratorio de la cátedra disponibles en formato digital		

### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

Título	Autores	Editorial
Linear Control System Analysis and Design with Matlab	D'Azzo - Houpis	Dekker
Introducción a los Sistemas de Control. Conceptos, aplicación y simulación con Matlab	Gaviño	Pearson
Control Avanzado de Procesos	Acedo Sánchez	Díaz de Santos
Control Automático de Procesos	Smith - Corripio	Noriega - Limusa
Mecatrónica. Sistemas de Control Electrónico en Ingeniería Mecánica y Eléctrica	Bolton	Alfaomega
Control Automático de Procesos Industriales	Roca	Díaz de Santos
Sensores y Acondicionadores de Señal	Pallás Areny	Marcombo
Dinámica de Sistemas	Katsuhiko Ogata	Pearson
Process Dynamics and Control	Seborg – Edgar – Mellichamp - Doyle	Wiley
Process Control	Harriott	Mc Graw-Hill
Chemical Process Control And Introduction to Theory and Practice	Stephanopoulos	Prentice Hall