



**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**SYLLABUS**

**PROYECTO CURRICULAR: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**NOMBRE DEL DOCENTE:**

**ESPACIO ACADÉMICO (Asignatura): CONTROL 1**

**CÓDIGO: 50**

**AREA DE CONOCIMIENTO:**

**AUTOMÁTICA**

**ESPACIOS ACADÉMICOS DEL AREA:**

1. Sistemas Dinámicos
2. Instrumentación Industrial
3. Electrónica Industrial
4. Control I
5. Control II
6. Control III

**CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS ACADÉMICOS DEL AREA:**

- Obligatorio ( X )  
 Básico ( X )  
 Complementario ( )  
 Electivo ( )  
 Intrínsecas ( )  
 Extrínsecas ( )

**NUMERO DE ESTUDIANTES:**

**GRUPOS:**

**NÚMERO DE CREDITOS: 3**

**TIPO DE CURSO: TEÓRICO X PRACTICO TEO-PRAC:**

*Alternativas metodológicas:*

*Clase Magistral (X), Seminario ( ), Seminario – Taller ( X ), Taller ( ), Prácticas ( X ), Proyectos tutoriados ( X ), Otro: Trabajo Autónomo con tareas y uso de computador ( X )*

**DIA**

**HORAS**

**SALON**

Laboratorio:

Clase:

Asesoría:

**I. JUSTIFICACIÓN DEL ESPACIO ACADÉMICO (El Por Qué?)**

Los sistemas automáticos de control se constituyen como un tema transversal con aplicaciones en diversas áreas de ingeniería, siendo actualmente vitales como parte integral de los procesos industriales de producción y manufactura, así como en las industrias automotriz, náutica, aeronáutica, espacial, robótica, en equipos de entretenimiento y electrodomésticos en general. El curso aborda los fundamentos de análisis y diseño de sistemas de control en tiempo continuo en los dominios temporal, frecuencial y de espacio de estado. Se pretende desarrollar competencias en el campo disciplinar aplicadas al control de procesos, así como competencias de análisis, simulación y escritura técnica. Para realizar el curso con éxito se debe tener los conocimientos impartidos en el curso de Sistemas Dinámicos, y algunos temas de ecuaciones diferenciales ordinarias, álgebra lineal y física, así como aplicaciones que utilizan conceptos de circuitos eléctricos y electrónicos.

## II. PROGRAMACION DEL CONTENIDO

### OBJETIVO GENERAL

*El estudiante al final del curso estará en capacidad de analizar y diseñar sistemas de control en tiempo continuo con base en los conceptos desarrollados en el dominio del tiempo, de la frecuencia y del espacio de estado.*

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

*Medir el desempeño de sistemas de control en términos de estabilidad, respuesta transitoria y error de estado estacionario.*

*Comprender y aplicar los principios de las acciones básicas de control.*

*Aplicar el método del Lugar Geométrico de Raíces como técnica de análisis y diseño.*

*Analizar la respuesta frecuencial de sistemas lineales y diseñar compensadores de atraso/adelanto.*

*Analizar sistemas dinámicos en espacio de estado y plantear su control por retroalimentación de estado.*

*Comprender y aplicar algunas de las estrategias de linealización de sistemas no lineales.*

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE ESPERADOS

*Al completar con éxito el curso de Control I, los estudiantes deberían ser capaces de:*

- *Describir las características básicas de un sistema de control y sus objetivos de diseño.*
- *Analizar la estabilidad de los sistemas de control tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia.*
- *Analizar los criterios de desempeño de los sistemas de control, tanto en la precisión como en la rapidez de respuesta del sistema, y su relación con las acciones básicas de control.*
- *Trazar de forma aproximada del lugar geométrico de las raíces de la ecuación característica de sistemas de control.*

- Utilizar el lugar geométrico de las raíces para el análisis y diseño de sistemas de control.
- Utilizar la respuesta en frecuencia para el análisis y diseño de sistemas de control.
- Utilizar la representación en espacio de estado para el análisis y diseño de sistemas de control.
- Obtener aproximaciones lineales para sistemas no lineales a partir de sus representaciones de entrada-salida o de espacio de estados.

## COMPETENCIAS DE FORMACIÓN

### **Transversales:**

Capacidad de organización y planificación / Razonamiento crítico / Trabajo en equipo / Aprendizaje autónomo / Comunicación oral y escrita / Motivación por la calidad y mejoramiento continuo.

### **Contexto**

Reflexión sobre la influencia de tecnologías de control automático en el contexto industrial y social y el papel del ingeniero electrónico en esta área de conocimiento.

Invitación al trabajo autónomo y compromiso social del ejercicio de la ingeniería, en especial en el área de automática.

### **Básicas**

Análisis matemático de desempeño de sistemas de control continuos en términos de respuesta temporal, error de estado estacionario y estabilidad.

Aplicación del método del lugar de raíces para análisis de comportamiento del sistema

Análisis de comportamiento, formulación e implementación de un sistema de control automático en tiempo continuo.

Argumentación de escogencia de parámetros de desempeño y técnica de diseño de un sistema de control regulatorio para una planta lineal e invariante en el tiempo de una entrada y salida.

Espacio de estados (observadores).

Análisis de sistemas de Control no lineal

### **Laborales**

Caracterización básica de proceso mediante función de transferencia experimental.

Diseño de controladores PID dependiendo de la necesidad del sistema a controlar.

Análisis y diseño en los dominios temporal, frecuencial y de espacio de estado de sistemas de control continuos.

Diseño de observadores de estado de orden completo.

Selección de técnicas de linealización de sistemas no lineales.

## PROGRAMA DETALLADO

### **CAP. 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL**

1.1. Control de lazo abierto vs. Control de lazo cerrado

## 1.2. Aplicaciones

### **CAP. 2. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE SISTEMAS DINAMICOS**

- 2.1. Estabilidad de acuerdo a la ubicación de los polos
- 2.2. Criterio de Routh Hurwitz
- 2.3. Criterio de estabilidad de Nyquist
- 2.4. Diagramas de Bode

### **CAP. 3. ACCIONES BÁSICAS DE CONTROL**

- 3.1. Introducción
- 3.2. Control Todo o Nada: ON - OFF
- 3.3. Control Proporcional: P
- 3.4. Control Proporcional - Integral: PI
- 3.5. Control Proporcional - Derivativo: PD
- 3.6. Control PID: Efectos de comportamiento y arquitecturas
- 3.7. Consideraciones de implementación

### **CAP. 4. ESPECIFICACIONES DE SISTEMAS DE CONTROL**

- 4.1. Especificaciones en el dominio del tiempo
  - 4.1.1. Sobrepaso máximo
  - 4.1.2. Tiempo de establecimiento
  - 4.1.3. Error en estado estacionario
- 4.2. Especificaciones en el dominio de la frecuencia
  - 4.2.1. Margen de fase
  - 4.2.2. Margen de ganancia
- 4.3. Equivalencias entre las especificaciones en el dominio del tiempo y las especificaciones en el dominio de la frecuencia

### **CAP. 5. TÉCNICA DEL LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES**

- 5.1. Introducción
- 5.2. Diagrama del lugar de las raíces
- 5.3. Propiedades y construcción del lugar de las raíces
- 5.4. Análisis del lugar de las raíces de sistemas de control
- 5.5. Diseño utilizando la región deseada de polos
- 5.6. Ubicación de polos utilizando el lugar geométrico de las raíces
- 5.7. Ejemplos y ejercicios

### **CAP. 6. ANÁLISIS Y SÍNTESIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA**

- 6.1. Introducción
- 6.2. Técnicas de compensación: Proporcional, adelanto, atraso, atraso-adelanto
- 6.3. Diseño de controladores PI, PD y PID
- 6.4. Ejemplos y ejercicios

### **CAP. 7. ANÁLISIS Y SÍNTESIS EN EL ESPACIO DE ESTADO**

- 7.1. Conceptos básicos para el análisis en el espacio de estado
- 7.2. Controlabilidad y observabilidad de sistemas lineales
- 7.3. Ubicación de polos a través de realimentación de estado
- 7.4. Observadores de estado
- 7.5. Ejemplos y ejercicios

### **CAP. 8. LINEALIZACION DE SISTEMAS NO LINEALES**

- 8.1. Linealización de la ecuación diferencial
- 8.2. Linealización de la representación de estado

--

### III. ESTRATEGIAS

#### Metodología Pedagógica y Didáctica:

Se presentan los elementos conceptuales y de ingeniería asociados a cada temática. Cada unidad es complementada con ejemplos industriales, casos de estudio, lectura y ejercicios de diseño. El último capítulo está orientado a fortalecer el autoaprendizaje, por lo que aunque el estudiante contará con el apoyo del docente, en su mayoría el desarrollo de la temática será responsabilidad del estudiante. Se incentiva el trabajo en grupo mediante un proyecto aplicado de control regulatorio de dos plantas simples.

	Horas			Horas Profesor/semana	Horas Estudiante/semana	Total Horas Estudiante/semestre	Créditos
Tipo de Curso	T D	TC	TA	(TD + TC)	(TD + TC +TA)	X 16 semanas	
Teórico-Práctico	4	2	3	6	9	144	3

**Trabajo Presencial Directo (TD):** Trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.

**Trabajo Mediado\_Cooperativo (TC):** Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.

**Trabajo Autónomo (TA):** Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.

*Dentro de la metodología de desarrollo del curso se consideran las siguientes componentes*

1. Exposición del docente: el profesor expondrá y aclarará los temas centrales del contenido, propiciando la participación activa de los estudiantes en el desarrollo de la clase aprovechando la lectura previa hecha por ellos.
2. Ejercicios de aplicación: se desarrollarán ejercicios de aplicación y talleres en grupo en la clase y fuera de ésta de tal forma que se promueva el trabajo en equipo.
3. Prácticas de simulación: se desarrollarán prácticas de simulación del comportamiento de sistemas de control y se apoyará el proceso de formación mediante tutorías de orientación a los estudiantes.

### IV. RECURSOS

#### Medios y Ayudas:

*Ayudas audiovisuales: videobeam*

*Computador personal con aplicaciones de Oficina*

*Software de simulación de sistemas de control (Matlab/Simulink)*

*Acceso a bibliografía de base*

*Acceso a Internet para consultas direcciones Web recomendadas*

## TEXTOS PRINCIPALES

CHI-TSONG CHEN, Analog and Digital Control System Design: Transfer-Function, State Space, and Algebraic Methods. Oxford University Press, 1993.

NORMAN NISE, Control Systems Engineering, Sixth Edition, Wiley, 2010.

CHARLES PHILLIPS AND ROYCE HARBOR, Feedback Control Systems, Fourth Edition, Prentice Hall, 2000.

KATSUHIKO OGATA, Ingeniería de Control Moderna. Ed. Prentice Hall Intnl, 1998.

GENE FRANKLIN AND BENJAMIN POWELL, Feedback Control of Dynamic Systems, Sixth Edition, Prentice Hall, 2009.

BENJAMIN C. KUO, Sistemas Automáticos de Control. Ed. Prentice Hall Intnl, 1996.

RICHARD DORF y ROBERT BISHOP, Sistemas de Control Moderno, Décima Edición, Pearson Educación, 2005.

SMITH & CORRIPIO, Control Automático de Procesos, Teoría y Práctica. Ed. Limusa, 1997.

## TEXTOS COMPLEMENTARIOS

KATSUHIKO OGATA, Problemas de Ingeniería de Control utilizando MATLAB. Prentice Hall, 1997.

## REVISTAS

*IEEE Control Systems Magazine*

*IEEE Transactions on Automatic Control*

*IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*

*ISA Transactions*

*Automatica*

*International Journal of Process Control*

## DIRECCIONES DE INTERNET

IEEE Control Systems Society: <http://www.ieeecss.org/>

ISA – The International Society of Automation: <http://www.isa.org/>

The Control Virtual Library:

[http://www-control.eng.cam.ac.uk/extras/Virtual\\_Library/Control\\_VL.html](http://www-control.eng.cam.ac.uk/extras/Virtual_Library/Control_VL.html)

Automation Federation: <http://www.automationfederation.org/>

## V. ORGANIZACIÓN / TIEMPOS

### Espacios, Tiempos, Agrupamientos:

Se recomienda trabajar cada unidad de acuerdo a la programación, utilización de Internet (Aula virtual del curso en plataforma Moodle) para comunicación con los estudiantes para revisiones de avances. Se dedicará tiempo a la atención presencial en los horarios de tutorías del profesor.

Cap. 1. Introducción a los sistemas de control.	Semana 1
Cap. 2. Análisis de estabilidad de sistemas dinámicos	Semanas 2 - 3
Cap. 3. Acciones básicas de control.	Semana 4
Cap. 4. Especificaciones de desempeño de los Sistemas de Control	Semana 5
Cap. 5. Técnica del lugar geométrico de las raíces.	Semanas 7 - 9
Cap. 6. Análisis y síntesis en el dominio de la frecuencia.	Semanas 10 - 11
Cap. 7. Análisis y síntesis en el espacio de estado.	Semana 13
Cap. 8. Linealización de sistemas dinámicos.	Semana 14

## VI. EVALUACIÓN

	TIPO DE EVALUACIÓN	FECHA	PORCENTAJE
<b>PRIMERA NOTA</b>	Escrita.	Octubre 13	<b>25 %</b>
<b>SEGUNDA NOTA</b>	Escrita.	Diciembre 1	<b>25 %</b>
<b>TERCERA NOTA</b>	Prácticas de Laboratorio. Promedio de la nota de todas las prácticas. Grupos de tres (3) estudiantes.	Septiembre 5 a Diciembre 5	<b>20 %</b>



<b>EXAMEN FINAL</b>	Proyecto.	Diciembre 6, 12, 13,19 y 20	<b>30 %</b>
<b>ASPECTOS A EVALUAR DEL CURSO</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluación del desempeño docente.</li> <li>2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita.</li> <li>3. Autoevaluación.</li> <li>4. Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.</li> </ol>			

**DATOS DEL DOCENTE**

**NOMBRE :** Luis Francisco Cómbita Alfonso

**PREGRADO :**

Ingeniera Electrónica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

**POSTGRADO :**

Especialista en Automatización de Procesos Industriales, Universidad de los Andes.  
Magíster en Ingeniería Eléctrica, Universidad de los Andes.  
Doctorado en Ingeniería, Universidad de los Andes.

**ASESORIAS: FIRMA DE ESTUDIANTES**

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>FECHA</b>
1.			
2.			
3.			

**FIRMA DEL DOCENTE**

---

FECHA DE ENTREGA: Agosto 30 de 2022

