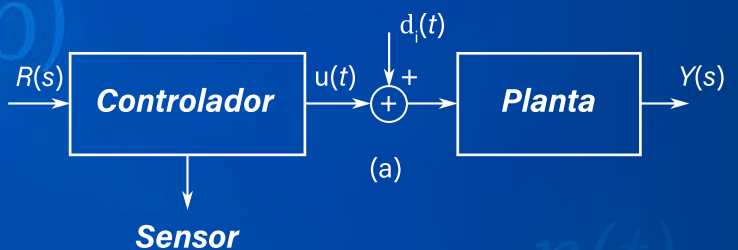
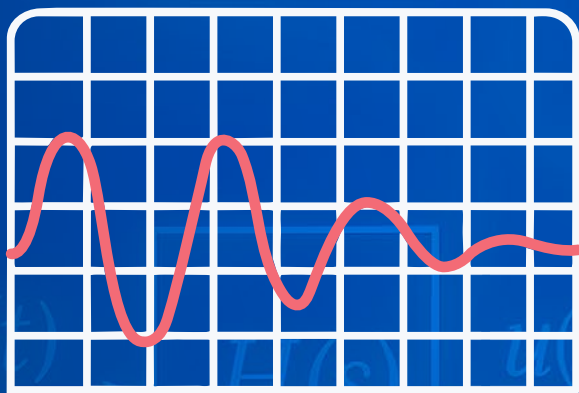


• Experimentación en sistemas automáticos de control **SISO** •

Guía de laboratorio para prácticas en análisis, modelado y sintonía de controladores



Este texto tiene como objetivo principal servir como material de guía para los cursos de Laboratorio en Sistemas Automáticos de Control que se ofrece tradicionalmente en los programas de formación tecnológica y de ingeniería eléctrica. Busca aportar en la capacitación del estudiante para el uso de herramientas y técnicas que permitan analizar y controlar sistemas automáticos de control continuos de una entrada y una salida (SISO).

Entre sus objetivos específicos están:

- Manejar herramientas como sistemas de adquisición de datos, procesadores de señales, sistemas de procesamiento de datos (como MyDAQ).
- Manejar herramientas para el análisis y simulación de sistemas dinámicos (como MATLAB, Simulink, LabVIEW).
- Hallar el modelo matemático de sistemas dinámicos típicos por la técnica de curva de reacción.
- Establecer las características de los sistemas realimentados versus los sistemas de lazo abierto mediante técnicas experimentales.
- Establecer estabilidad, ganancia del lazo, sensibilidad, error permanente.
- Convalidar la respuesta de un sistema lineal tanto en el dominio del tiempo como en el de frecuencia.

Está conformado por seis prácticas: (1) Introducción a tecnologías para control; (2) Reconocimiento de la bucla típica de realimentación; (3) Modelado heurístico y respuesta transitoria; (4) Características de sistemas de control y sintonía de controladores PID; (5) Ajuste de compensadores mediante la técnica del *lugar geométrico de las raíces*; (6) Ajuste de compensadores mediante técnicas de respuesta en frecuencia.

Cada práctica contiene una primera sesión denominada resultados de aprendizaje, la segunda sección presenta el marco teórico, la tercera continúa con los materiales y equipos, la cuarta contiene el procedimiento, y la quinta sesión, una recomendación de informe.

Como novedad, esta guía está construida para permitir la experimentación híbrida, entendida como el uso de recursos locales con asistencia física al laboratorio y también en la modalidad remota.

• Experimentación en sistemas automáticos de control SISO•

Guía de laboratorio para prácticas
en análisis modelado y sintonía
de controladores



Colección Ingeniería

Franco Mejía, Édinson
Experimentación en sistemas automáticos de control SISO / Édinson Franco Mejía -
Primera edición
Cali : Universidad del Valle - Programa Editorial, 2026.
122 páginas; 21.5 x 28 cm. -- (Colección: Ingeniería)
1. Ingeniería de control -- 2. Sistemas dinámicos -- 3. Realimentación (Electrónica) --
4. Automatización -- 5. Sistemas automáticos de control -- 6. Control en frecuencia
-- 7. Diagramas de bloques
629.8 CDD. 22 ed.
F825
Universidad del Valle - Biblioteca Mario Carvajal

Universidad del Valle

Programa Editorial

Título: Experimentación en sistemas automáticos de control SISO.
Guía de laboratorio para prácticas en análisis, modelado y sintonía de controladores

 Édinson Franco-Mejía

ISBN-PDF: 978-958-507-561-0

<https://doi.org/10.25100/peu.1416>

Colección: Ingeniería

Primera edición

Rector de la Universidad del Valle: Guillermo Murillo Vargas

Vicerrector de Investigaciones: Mónica García Solarte

Director del Programa Editorial: John Willmer Escobar Velasquez

© Universidad del Valle

© Édinson Franco-Mejía

Diseño de carátula: Stephanía Orozco Valencia

Diagramación: Stephanía Orozco Valencia, Hugo H. Ordóñez Nievas

Corrección de estilo: Juan Carlos García (G&G Editores)

Esta publicación fue sometida al proceso de evaluación de pares externos para garantizar altos estándares académicos. El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad del Valle, ni genera responsabilidad frente a terceros. El autor es el responsable del respeto a los derechos de autor y del material contenido en la publicación, razón por la cual la Universidad no puede asumir ninguna responsabilidad en caso de omisiones o errores.

CC BY-NC-ND 4.0 

Cali, Colombia, junio de 2026

Édinson Franco-Mejía

• Experimentación en sistemas automáticos de control SISO •

Guía de laboratorio para prácticas en análisis modelado y sintonía de controladores



Colección Ingeniería

ÉDINSON FRANCO MEJÍA

✉ edinson.franco@correounivalle.edu.co

Profesor titular de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle. Ingeniero electricista (1991), magíster en Automática (1993) y doctor en Ingeniería (2008) de la misma institución.

Profesor tutor del programa de Tecnología en Electrónica de la Universidad Abierta y a Distancia de la Universidad del Valle entre los años 1989 y 1991; profesor hora cátedra de la Universidad San Buenaventura (1992), la Universidad ICESI (1993) y, desde el año 1993, profesor nombrado de tiempo completo en la Universidad del Valle. Coordinador de los programas de Especialización en Automatización Industrial y Maestría en Automática (1994-2001, 2007, 2018), director de los programas de posgrado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica (2011-2015), director de los programas de posgrado de la Facultad de Ingeniería (2022-2023), director del Grupo de Investigación en Control Industrial (GICI, 2021, 2023, hasta la fecha). Miembro activo del Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE) desde 2013, de la sociedad de Sistemas de Control desde el 2017 y de la Sociedad en Aplicaciones Industriales desde el año 2014.

En el año 2002 ganó la beca Bonpland (Francia), con la que realizó dos estancias doctorales en el Instituto Politécnico Nacional de Grenoble (2003 y 2005). Distiguído en el año 2021 como finalista y ganador de los premios docentes universitarios Cidesco con el grupo LIUR en la categoría "Docente de proyección social".

Autor de 72 artículos científicos. Sus áreas de interés incluyen tópicos en dinámica y control de convertidores electrónicos de potencia, control de generación de energía renovable en microrredes aisladas, accionamientos eléctricos, tecnologías para el control en la industria y educación en ingeniería.

INTRODUCCIÓN

 <https://doi.org/10.25100/peu.1416.intr>

Los Sistemas Automáticos de Control (SAC) son transversales a muchas áreas del conocimiento y de la vida misma. La formación en SAC es el paso inicial a los procesos de automatización.

Este texto tiene como objetivo servir como material de guía para la realización de prácticas o experimentación en SAC, que se ofrece tradicionalmente en los programas de formación tecnológicos y de Ingeniería Eléctrica.

El objetivo general es aportar en la capacitación del estudiante para el uso de herramientas y técnicas que permitan analizar y controlar los sistemas dinámicos continuos, de una entrada y una salida (SISO).

Los objetivos específicos son:

- Manejar herramientas como sistemas de adquisición de datos, procesadores de señales, sistemas de procesamiento de datos (como MyDAQ).
- Manejar herramientas para el análisis y simulación de sistemas dinámicos (como MATLAB®, Simulink®, LabVIEW®).
- Emplear la terminología de los sistemas de control.
- Hallar el modelo matemático de sistemas dinámicos típicos por la técnica de curva de reacción.
- Establecer las características de los sistemas realimentados, versus los sistemas de lazo abierto mediante técnicas experimentales. Establecer estabilidad, ganancia del lazo, sensibilidad, error permanente.
- Convalidar la respuesta de un sistema lineal tanto en el dominio del tiempo como en el de frecuencia.
- Sintonizar controladores Proporcionales-Integrales-Derivativos (PID), mediante las técnicas heurísticas.
- Ajustar compensadores dinámicos mediante la técnica del lugar geométrico de las raíces.
- Ajustar compensadores dinámicos mediante técnicas de respuesta en frecuencia.

El material está organizado de la siguiente manera:

- Práctica 1. Introducción a tecnologías para control.
- Práctica 2. Reconocimiento del lazo típico de realimentación.

- Práctica 3. Modelado heurístico y respuesta transitoria.
- Práctica 4. Características de sistemas de control.
- Práctica 5. Sintonía de controladores PID.
- Práctica 6. Ajuste de compensadores mediante la técnica del lugar geométrico de las raíces.
- Práctica 7. Ajuste de compensadores mediante técnicas de respuesta en frecuencia.

Cada práctica contiene una descripción o marco teórico de los conceptos necesarios para la solución, no pretende revisar en detalle (ni con ejemplos) cada uno de los temas; esos conceptos son abordados en cursos teóricos y presentados en numerosos textos.

Las prácticas de esta guía tienen una estructura fija de cinco secciones. En la primera sección, **Resultados de aprendizaje**, se indican los objetivos de la práctica. En la segunda sección, **Marco teórico**, se presentan

los fundamentos teóricos necesarios para la práctica. En la tercera sección, **Materiales y equipos**, se describen los recursos necesarios para la práctica.

En la cuarta sección, **Procedimiento**, se detallan los pasos a seguir para realizar la práctica. En la quinta sección, **Informe**, se proporcionan recomendaciones y orientaciones para la elaboración del informe de la práctica.

Como novedad, esta guía permite la experimentación híbrida, que combina el uso de recursos locales con asistencia física al laboratorio y la modalidad remota.

El texto ha sido escrito para su uso en prácticas de laboratorio de SAC impartidas en la Universidad del Valle; sin embargo, puede ser adaptado para su uso en otras instituciones de educación superior si disponen de los equipos adecuados.

CONTENIDO

- INTRODUCCIÓN** 7

- Capítulo 1**
- INTRODUCCIÓN A TECNOLOGÍAS PARA CONTROL**
- Objetivos y resultados de aprendizaje 11
- Marco teórico 11
- Materiales y equipos 17
- Procedimiento 18
- Informe 21

- Capítulo 2**
- RECONOCIMIENTO DEL LAZO TÍPICO DE REALIMENTACIÓN**
- Objetivos y resultados de aprendizaje 23
- Marco teórico 23
- Materiales y equipos 26
- Procedimiento 27
- Informe 27

- Capítulo 3**
- MODELADO HEURÍSTICO DEL PROCESO**
- Objetivos y resultados de aprendizaje 29
- Marco teórico 29
- Materiales y equipos 38
- Procedimiento 39
- Informe 41

- Capítulo 4**
- ÁLGEBRA DE DIAGRAMA DE BLOQUES**
- Objetivos y resultados de aprendizaje 43
- Marco teórico 43
- Materiales y equipos 47
- Procedimiento 47
- Informe 47

Capítulo 5

CARACTERÍSTICAS DE REALIMENTACIÓN EN SAC

Objetivos y resultados de aprendizaje . . . . .	.49
Marco teórico . . . . .	.49
Materiales y equipos . . . . .	.57
Procedimiento . . . . .	.57
Informe . . . . .	.58

Capítulo 6

CONTROLADOR PID

Objetivos y resultados de aprendizaje . . . . .	.59
Marco Teórico . . . . .	.59
Materiales y equipos . . . . .	.64
Procedimiento . . . . .	.64
Informe . . . . .	.65

Capítulo 7

ANÁLISIS Y COMPENSACIÓN EN DOMINIO DEL TIEMPO CON LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES

Objetivos y resultados de aprendizaje . . . . .	.67
Marco teórico . . . . .	.68
Materiales y equipos . . . . .	.80
Procedimiento . . . . .	.81
Informe . . . . .	.82

Capítulo 8

ANÁLISIS Y COMPENSACIÓN EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

Objetivos y resultados de aprendizaje . . . . .	.83
Marco teórico . . . . .	.83
Materiales y equipos	101
Procedimiento	101
Informe	103

REFERENCIAS	107
------------------------------	-----

ANEXOS

Formato sugerido para el informe	109
Diagramas de proceso de flujo y de tubería e instrumentación resumen norma ASA s5.1 . . . . .	.111