

IEE 2613 CONTROL AUTOMATICO (2020-I)

Profesor:	Andrés Guesalaga (aguesala@ing.puc.cl)
Ayudantes:	Francisco Arenas, Samuel Bascuñán, Alonso Lizana, Matías Rojas
Horario/Sala:	Lunes y Miércoles módulo 3, sala A4; <u>Viernes módulo 3, sala B13 (asistencia obligatoria)</u>
Horas de Oficina:	Previo acuerdo por e-mail.
Pre-requisitos:	IEE 2103 Análisis de Señales.

I) **Descripción:** El control automático busca garantizar que los sistemas logren los propósitos y desempeños para los que fueron diseñados (p. ej. calidad, rendimiento, costos y seguridad). El curso entrega los métodos básicos para describir sistemas a través de modelos matemáticos continuos y discretos, analizar sus propiedades y diseñar controladores que aseguren un cierto desempeño. Las herramientas de análisis y diseño incluyen: i) modelación en base a funciones de transferencia y diagramas de bloques, ii) modelación en el espacio de estados, iii) análisis en el dominio del tiempo, iv) análisis en el dominio de la frecuencia, v) estudio del lugar de las raíces, vi) diseño de controladores en el dominio del tiempo y de la frecuencia, vii) introducción al control óptimo LQR y la estimación óptima empleando filtros de Kalman.

II) **Objetivos:**

1. Introducir al alumno en los diversos conceptos de control automático relacionando la teoría de control a sus aplicaciones en la automatización de procesos y sistemas industriales, como por ejemplo, procesos químicos, procesos de manufactura, sistemas aeronáuticos, eléctricos, mecánicos y robóticos, entre otros.
2. Enseñar a desarrollar modelos matemáticos que permitan describir el comportamiento dinámico de diversos sistemas y analizar sus propiedades de estabilidad, controlabilidad y observabilidad.
3. Entregar las técnicas matemáticas necesarias para analizar las propiedades de estabilidad, controlabilidad y observabilidad de procesos o sistemas dinámicos.
4. Enseñar a diseñar controladores que permitan modificar el comportamiento dinámico y características de estabilidad de procesos físicos según los requerimientos de la aplicación.
5. Dar a conocer las herramientas computacionales para el análisis, diseño y operación de sistemas de control.

III) **Resultados según los Objetivos del Curso:**

1. Desarrollar modelos matemáticos que describan el comportamiento dinámico de sistemas o procesos físicos.
2. Entender los conceptos de equilibrio, punto de operación, estabilidad, controlabilidad, observabilidad y la teoría matemática empleada en el análisis y diseño de sistemas de control.
3. Diseñar controladores que garanticen un comportamiento dinámico, estabilidad y respuesta en frecuencia adecuados.
4. Comprender por qué el control automático es útil en diversas áreas de la ingeniería.
5. Identificar la dificultad de controlar diversos sistemas y las herramientas para diseñar un control estabilizante.
6. Reconocer la importancia de la integración del diseño del control en el diseño del proceso.
7. Emplear herramientas de software para la modelación, simulación y diseño de sistemas de control.

IV) **Contenidos:**

1. **Introducción:** Nociones básicas; Historia del control automático; Ejemplos de aplicación.
2. **Modelos matemáticos:** Modelos de tiempo continuo (ecuaciones diferenciales). Modelos de tiempo discreto (ecuaciones de diferencias). Función de Transferencia. Función de Transmitancia. Variables de estado de un sistema dinámico. Linealización. Diagramas de Bloques. Discretización de sistemas de tiempo continuo.
3. **Características de sistemas de control realimentado:** Sistemas en lazo abierto y lazo cerrado. Perturbaciones y variables manipuladas. Respuesta transitoria. Régimen permanente. Estabilidad en el dominio del tiempo.
4. **Análisis de sistemas realimentados lineales:** Especificaciones en el dominio del tiempo. Plano s y respuesta transitoria. Error en régimen permanente. Cifras de mérito.
5. **Estabilidad de sistemas realimentados:** Estabilidad. Criterio de Routh-Hurwitz. Lugar de las raíces en el plano s .
6. **Método del lugar de las raíces:** Concepto de lugar de las raíces. Diseño del lugar de las raíces. Determinación de parámetros utilizando lugar de las raíces.
7. **Métodos de respuesta de frecuencia:** Gráficos de respuesta de frecuencia: Bode, Nyquist y Nichols. Especificación en el dominio de la frecuencia.
8. **Estabilidad en el dominio de la frecuencia:** El criterio de Nyquist. Estabilidad relativa. Respuesta de frecuencia en lazo cerrado. Estabilidad de sistemas con retardo.
9. **Diseño y compensación de sistemas de control realimentado:** Análisis en diagramas de Bode. Análisis en el plano s . El controlador PID y las acciones proporcional, integral y derivativa. Sintonía de controladores PID. Diseño usando

métodos computacionales: el controlador PID digital. Diseño de sistemas de control en el dominio del tiempo. Realimentación por variables de estado.

10. **Control avanzado:** Control multivariable. Filtro Kalman. Diseño en EL estado. Controladores óptimos: LQR.

11. **Ejemplos de aplicaciones:** Control de sistemas aerodinámicos. Aplicaciones industriales.

V) **Evaluación:**

La nota final (*NF*) se calculará a partir del promedio de controles, interrogaciones, el examen y un proyecto de simulación, según las siguientes ponderaciones: $NF = 0.4 \cdot I + 0.25 \cdot C + 0.10 \cdot P + 0.25 \cdot EF$

donde *I*: promedio interrogaciones; *C*: promedio controles; *P*: proyecto; *EF*: examen final

NOTA 1: -Para aprobar el curso se requerirá nota ≥ 4 en interrogaciones y proyecto

-Si no se rinde una interrogación, ésta se reemplazará por el promedio de controles

-Si se rindieron ambas interrogaciones, la peor se podrá reemplazar por el promedio de controles

VI) **Aspectos administrativos**

Ausencias a interrogaciones: Existe la posibilidad de ausentarse a una interrogación (con o sin motivo), reemplazando la nota por la de controles. Si esta ausencia es por enfermedad, no se requiere justificativo médico para inasistencia. Se reprobó el curso con dos inasistencias a interrogaciones o al no rendir el examen final.

Asistencia: La asistencia a clases es obligatoria.

Fechas de interrogaciones y examen:

- I1: Miércoles 15 de Abril
- I2: Lunes 25 de Mayo
- Examen: Jueves 09 de Julio

NOTA 2: Si por problemas de disturbios es imposible tomar una interrogación el día asignado, ésta se realizará en el horario de clases más cercano a la fecha original

Fechas de ayudantías:

- Ayudantías para I1: Viernes 3 de Abril y Miércoles 8 de Abril
- Ayudantías para I2: Viernes 15 de Mayo y Miércoles 20 de Mayo
- Ayudantías para Examen: Viernes 26 de Junio y Viernes 3 de Julio

Fecha controles: fechas sorpresa, al comienzo o término de clases o ayudantías. Se podrá eliminar un control.

Fecha de examen de proyecto: Habrá 2 evaluaciones en el semestre; se informará las fechas oportunamente.

NOTA 3: Este trabajo es **INDIVIDUAL**. En las evaluaciones del proyecto, el alumno deberá demostrar dominio absoluto del código, de lo contrario se asumirá copia.

VIII) **Bibliografía:**

- Apuntes y Guía de Ejercicios del Curso, Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- R.Dorf, R.R.Bishop. *Modern Control Systems*. 12ª ed., Prentice Hall, 2010. Ejercicios: www.prenhall.com/dorf/.
- G.K.Franklin, J.D.Powell, A.Emami-Naemi. *Feedback Control of Dynamic Systems*. 6ª ed, Prentice Hall, 2009.
- Ejercicios: <http://www.csd.newcastle.edu.au/exercises.html> (incluye ejercicios resueltos).

IX) **Software de Modelación/Simulación/Diseño:**

WinPython (<https://winpython.github.io/>). MATLAB/Simulink, Octave y SciLab.

X) **Normas de respeto mutuo:**

- **Cualquier acto de suplantación, adulteración o copia en controles, interrogaciones, examen o proyecto, será causal de reprobación del curso con nota 1,0 e inicio de sumario por parte de la Dirección de Pregrado.**
- Ser puntuales en la hora de inicio y término. No dormir, no usar celular. Intentar no conversar (distrae al resto)