



PROGRAMA DE ASIGNATURA

Nombre del curso o actividad	CONTROL AVANZADO DE PROCESOS
Nombre del programa	Doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Automática
Descripción	<i>Código: 11308, Nivel: 2 o 3, Créditos SCT-Chile: 10, Tipo: Electiva, Plan de Estudios: Resolución N°1118 del 03/04/20.</i> Profundizar en el diseño, análisis e implementación de estrategias de control avanzado para procesos industriales complejos, abordando técnicas de Control Predictivo basado en Modelo (MPC), control multivariable, control adaptativo y robusto, con énfasis en la optimización del desempeño, manejo de restricciones y consideración de perturbaciones, aplicando herramientas computacionales modernas para simulación y validación en procesos químicos, energéticos y de manufactura.
Objetivos	Objetivo General: Desarrollar competencias avanzadas en el diseño, implementación y análisis de sistemas de control avanzado para procesos industriales complejos, integrando teoría de control predictivo, técnicas multivariables y control robusto, para garantizar desempeño óptimo bajo restricciones operacionales y de seguridad en aplicaciones industriales modernas. Objetivos Específicos: • Analizar los fundamentos del Control Predictivo basado en Modelo y sus aplicaciones en procesos industriales. • Diseñar controladores MPC lineales y no lineales considerando restricciones operacionales y de optimización. • Implementar estrategias de control multivariable para sistemas MIMO (<i>Multiple Input Multiple Output</i>) en procesos complejos. • Sintetizar controladores adaptativos y robustos para compensar incertidumbre paramétrica y perturbaciones externas. • Aplicar técnicas de identificación de sistemas para obtener modelos dinámicos precisos de procesos industriales. • Evaluar el desempeño de controladores avanzados mediante análisis de estabilidad, robustez y optimización en simulaciones computacionales.
Contenidos	Unidad 1: Fundamentos de Control Avanzado de Procesos • Introducción al control avanzado: jerarquía de control en procesos industriales. • Comparación entre control clásico (PID) y control avanzado. • Modelado de procesos dinámicos: función de transferencia, espacio de estados. • Identificación de sistemas: métodos paramétricos y no paramétricos. • Análisis de estabilidad y desempeño en sistemas multivariables. Unidad 2: Control Predictivo basado en Modelo • Principios del Control Predictivo: horizonte de predicción, horizonte de control, función de costo. • Formulación matemática del MPC lineal: optimización cuadrática con restricciones. • Manejo de restricciones: límites en variables manipuladas, controladas y estados. • Control Predictivo Generalizado (GPC): formulación y aplicaciones.



	• MPC dinámico de matriz (DMC): aplicaciones en la industria química y petroquímica. • Análisis de estabilidad y robustez del MPC. Unidad 3: Control Predictivo No Lineal • Modelado de procesos no lineales: Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (ODEs). • Formulación del NMPC: optimización no lineal en línea. • Métodos de solución numérica: Programación Secuencial Cuadrática (SQP), métodos del punto interior. • Aplicaciones del Control Predictivo No Lineal en procesos químicos y bioquímicos. Unidad 4: Control Multivariable Avanzado • Análisis de interacción en sistemas MIMO: matriz de ganancia relativa. • Desacoplamiento de sistemas multivariables. • Control LQG (<i>Linear Quadratic Gaussian</i>). • Control H-infinito para robustez ante incertidumbres. • Aplicaciones en columnas de destilación, reactores químicos y sistemas de energía. Unidad 5: Control Adaptativo y Robusto • Control adaptativo: métodos de identificación en línea y ajuste de parámetros. • Control adaptativo por modelo de referencia (MRAC). • Control por programación de ganancia (Gain Scheduling). • Técnicas de control robusto ante incertidumbre paramétrica y perturbaciones. • Implementación práctica en MATLAB/Simulink y Python.
Modalidad de evaluación	Estrategias Metodológicas: • Clases expositivas: Presentación de fundamentos teóricos de control avanzado mediante exposiciones magistrales interactivas con énfasis en aplicaciones industriales. • Sesiones prácticas: Diseño e implementación de controladores MPC, multivariable y adaptativos utilizando MATLAB/Simulink y Python. • Aprendizaje basado en proyectos: Desarrollo de proyectos integradores aplicados a procesos industriales reales (químicos, energéticos, manufactura). • Estudio de casos: Análisis crítico de implementaciones reales de control avanzado en la industria. • Revisión de literatura: Análisis de artículos científicos recientes sobre control predictivo y control avanzado. • Trabajo autónomo: Estudio independiente, resolución de problemas avanzados y desarrollo de proyectos de simulación. Evaluación: • Tareas y trabajos prácticos: Diseño de controladores MPC, identificación de sistemas, simulaciones de control multivariable. Evalúa correctitud técnica, análisis crítico y profundidad conceptual. • Proyecto integral: Diseño, implementación y validación de un sistema de control avanzado para un proceso industrial complejo. Evalúa aplicación de metodologías, innovación, análisis de resultados, robustez y documentación técnica rigurosa. • Presentación oral y defensa: Exposición del proyecto final demostrando dominio conceptual, comunicación técnica efectiva y capacidad de análisis crítico ante preguntas especializadas.



Resultados de aprendizajes esperados	Resultado de Aprendizaje General: Al finalizar el curso, el(la) estudiante será capaz de diseñar, implementar y analizar sistemas de control avanzado para procesos industriales complejos, integrando conocimientos de control predictivo, técnicas multivariables y control robusto, demostrando competencia en el análisis teórico, diseño óptimo con restricciones y la validación práctica mediante herramientas computacionales para la solución de problemas reales en automatización y optimización de procesos. Resultados de Aprendizaje Específicos: • Aplicar técnicas de identificación de sistemas para obtener modelos dinámicos precisos de procesos industriales, evaluando la calidad del modelo mediante métricas de ajuste y validación cruzada. • Diseñar e implementar controladores MPC lineales y no lineales considerando restricciones operacionales, optimizando funciones de costo cuadráticas y garantizando estabilidad en lazo cerrado. • Sintetizar estrategias de control multivariable para sistemas MIMO mediante análisis de interacciones, desacoplamiento y diseño de controladores LQG o H-infinito. • Implementar controladores adaptativos y robustos para compensar incertidumbre paramétrica, variaciones en las condiciones de operación y perturbaciones externas. • Validar diseños de control avanzado mediante simulación computacional en MATLAB/Simulink o Python, realizando análisis crítico de desempeño, estabilidad, robustez y eficiencia operacional.
Bibliografía	Básica: • B. W. Bequette, <i>Process Control: Modeling, Design and Simulation</i>. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2003. • D. E. Seborg, T. F. Edgar, D. A. Mellichamp, and F. J. Doyle III, <i>Process Dynamics and Control</i>, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2016. • J. A. Rossiter, <i>Model-Based Predictive Control: A Practical Approach</i>. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2017. • Artículos científicos relacionados con el tema de tesis del(de la) estudiante. Recomendada: • S. Skogestad and I. Postlethwaite, <i>Multivariable Feedback Control: Analysis and Design</i>, 2nd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2005. • L. Wang, <i>Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB</i>. London, U.K.: Springer, 2009. • J. B. Rawlings, D. Q. Mayne, and M. Diehl, <i>Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design</i>, 2nd ed. Madison, WI, USA: Nob Hill Publishing, 2020.