



## PROGRAMA

<b>Actividad Curricular</b>	CONTROL DE PROCESOS
<b>Docente responsable</b>	Dr. Mario Cesca
<b>Equipo docente</b>	Dr. Mario Cesca, Ing. Alejandra Ingaramo, Ing. Eduardo Vera van Gelderen
<b>Departamento</b>	Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial
<b>Vigencia</b>	2022
<b>Carrera</b>	INGENIERÍA QUÍMICA
<b>Plan de estudios</b>	Plan 1993 – Modificación 2004
<b>Res. Ministerial de reconocimiento oficial</b>	RM N° 389-2017
<b>Código</b>	15_QQS
<b>Tipo de Actividad</b>	Obligatoria
<b>Ubicación en la carrera</b>	Módulo IX – Quinto año Bloque curricular: Tecnología aplicada
<b>Correlativas</b>	<b>Conocimientos Previos</b> Resolución de ecuaciones diferenciales. Modelos estáticos de procesos. Transporte de Fluidos en cañerías. Medición y teoría de errores. <b>Para cursado:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Operaciones Unitarias I (regular)</li><li>• Análisis y Diseño de Reactores I (regular)</li></ul> <b>Para rendir:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Operaciones Unitarias I (aprobada)</li><li>• Análisis y Diseño de Reactores I (aprobada)</li></ul>
<b>Carga horaria presencial total</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 96 horas Totales</li><li>• 6 horas semanales (16 semanas)</li></ul>
<b>Distribución de actividades presenciales</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 51 horas de Clases Teórico-Prácticas</li><li>• 12 horas de Problemas de aplicación</li><li>• 20 horas de Problemas de ingeniería</li><li>• 4 horas de Estudio de casos</li><li>• 9 horas de evaluaciones</li></ul>



<p><b>Recursos empleados</b></p>	<p><b>Libros (en biblioteca de la FACET)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ollero de Castro, P. y Fernández Camacho, E., (1997). CONTROL E INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS, Síntesis, Madrid, España.</li><li>• Smith, C. A. y Corripio, A. B., (1991). CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS, Limusa, Méjico (traducción de la primera edición en inglés de 1985).</li><li>• Adam, Eduardo J., (2018). INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS, Ediciones UNL, Santa Fe, Argentina.</li><li>• Seborg, D., Mellichamp, D., Edgar, T. y Doyle, F. (2010). PROCESS DYNAMICS AND CONTROL, John Wiley &amp; Sons, New York, USA, 3º Ed.</li><li>• Acedo Sánchez, José, (2006). CONTROL AVANZADO DE PROCESOS, Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España.</li></ul> <p><b>Software (con licencia institucional)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Time Domain Process Simulator v.7 (Correa &amp; Pasos, UFMG, Brasil).</li></ul> <p><b>Videos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• De instrumentación industrial</li></ul> <p><b>Página Web</b></p> <p>Para información general y material de estudio de los alumnos <a href="https://catedras.facet.unt.edu.ar/controldeprocesos/">https://catedras.facet.unt.edu.ar/controldeprocesos/</a></p> <p><b>Plataforma virtual</b></p> <p>Google.Classroom institucional con material de actividades teórico-prácticas y evaluaciones de seguimiento.</p> <p><a href="https://classroom.google.com/c/NDY2NTE2ODc3OTQ0">https://classroom.google.com/c/NDY2NTE2ODc3OTQ0</a></p> <p><b>Equipamiento</b></p> <p>Elementos de medición, actuación y control industriales de Laboratorio de Control de Procesos 4-4-24.</p> <p><b>Aulas</b></p> <p>Disponible con proyector multimedia y acceso a red informática del Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial (4-1-32 y 4-4-20)</p>
--------------------------------------	--



<b>Objetivos en el Plan de Estudio</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicar la teoría de Control Automático en la síntesis y/o análisis de sistemas de control de la Ingeniería Química.</li><li>• Caracterizar y especificar componentes del hardware disponible para implementar estrategias de control.</li></ul>
<b>Resultados de Aprendizaje (Competencias)</b>	<p><b>Respecto al conocimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Recordar palabras y conceptos propios de los sistemas de control automático</li></ul> <p><b>Respecto a la comprensión</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Entender la forma en la que se comportan los sistemas de control.</li><li>• Caracterizar instrumentación de los sistemas de control.</li></ul> <p><b>Respecto a la aplicación</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Modelar componentes de un sistema de control elemental</li><li>• Identificar componentes de un lazo simple</li></ul> <p><b>Respecto al análisis</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Analizar las características estáticas y dinámicas de procesos e instrumentos de sistemas de control automático</li><li>• Analizar las características generales de sistemas más elaborados de control de proceso</li></ul> <p><b>Respecto a la evaluación</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluar el desempeño de sistemas de control de lazo simple con controladores PID</li><li>• Valorar la estabilidad de los sistemas en lazo cerrado considerando la influencia de no linealidades e incertidumbre de los procesos</li></ul> <p><b>Respecto al diseño</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Especificar instrumentación industrial de procesos</li><li>• Sintetizar sistemas de control de lazo simple considerando robustez.</li><li>• Sintonizar lazos simples de control con controladores PID</li></ul> <p><b>Respecto a actitudes</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Expresar con claridad y efectividad conclusiones del análisis y diseño de sistemas de control de procesos.</li></ul>



<b>Métodos de Enseñanza</b>	<b>Clases teórico-prácticas.</b> 4 horas semanales para desarrollar los aspectos de la teoría aplicados a problemas. Se resuelven y discuten aplicaciones. <b>Clases de problemas.</b> 2 horas semanales para la resolución de problemas rutinarios de cálculo y de síntesis más complejos, con la asistencia de software específico (a cargo de docentes y de alumnos). <b>Estudio de casos.</b> Para análisis autónomo (en forma individual o en equipo). Con informes escritos y defensa oral.
<b>Métodos de Evaluación</b>	Para obtener <b>regularidad</b> son obligatorias las siguientes actividades: <ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>Desarrollo</b> de tres Evaluaciones cortas de Seguimiento para verificación de la comprensión alcanzada.</li><li>2. <b>Aprobar</b> dos Evaluaciones parciales de problemas o una Recuperación global.</li><li>3. <b>Aprobar</b> el informe y defensa oral de un caso sobre sistemas elaborados de control</li></ol> Para <b>aprobar</b> la actividad curricular se rendirá un: <ul style="list-style-type: none"><li>• Examen final integrador – Oral/Escrito</li></ul>
<b>Condiciones de aprobación</b>	Se requiere que la nota del examen final sea superior o igual a 4 (cuatro) en la escala 1-10. Cálculo de la nota final en la escala 1-10: $\text{Nota} = 0.8 \text{ EF} + 0.15 \text{ PAR} + 0.05 \text{ EVS}$ EF: nota del examen final integrador PAR: promedio de las notas de parciales o nota de la recuperación EVS: promedio de las Evaluaciones de Seguimiento
<b>Contenidos mínimos del Plan de Estudios</b>	Comportamiento transitorio de los procesos. Sistemas en lazo cerrado, análisis en el campo temporal y con Respuesta en Frecuencia. Estabilidad. Generalidades de transmisores y válvulas. Controladores: sintonización y criterios de conducta. Incertidumbre. Sistemas más elaborados: cascada, avanzación, relación, selectivo. Análisis y síntesis de sistemas simples.



<p><b>Programa analítico de contenidos</b></p>	<p><b>T.1: INTRODUCCIÓN AL CONTROL AUTOMÁTICO.</b> Introducción al control. Variables de entrada y salida. Control manual y control automático. El mecanismo de realimentación. Modelos E/S. Álgebra de bloques. Diagramas P&amp;I. Norma ISA 5.1. Comportamiento transitorio de los procesos, modelos dinámicos, hipótesis de modelado. Ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs). Definición de Transformación de Laplace. Tablas y propiedades. Mecanismo para resolver EDOs. Aplicación de las propiedades. Polos y ceros. Expansión de Heaviside. Relación de transitorios con polos. EDOs no lineales, linealización. Sistemas de EDOs.</p> <p><b>T.2: DINÁMICA DE PROCESOS.</b> Variable de desviación. Función de transferencia (FT). Pasos para la deducción de FT. Formas canónicas, polos y ceros. Cómo se usa la FT. Cambios típicos en las entradas. Respuestas al escalón, rampa, pulso, e impulso. Sistemas lineales de 1° Orden. Sistemas no lineales de 1° Orden. Ejemplos de linealización. Integrador. Tiempo muerto. Sistemas de dos elementos de primer orden en serie. Sistemas inherentes de 2° orden, respuestas oscilatorias, análisis de los polos complejos. Identificación de sistemas. Sistemas dinámicos más complejos. Sistemas de alto orden en serie. Caracterización simplificada de sistemas de alto orden.</p> <p><b>T.3: INSTRUMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.</b> Instrumentación industrial. Elementos de medición-transmisión. Elementos primarios y secundarios. Características estáticas y dinámicas. Terminología, Norma ISA S51.1. Señales. Fuentes de información. Elementos primarios de presión, temperatura, nivel y caudal. Elementos finales de control. La válvula de control, partes. FT de válvulas de control. Especificación técnica. Tipos más usados. Dimensionamiento. Característica de flujo inherente e instalada. Acción de las válvulas. Controlador ON OFF. Controlador PID. Acción de los controladores.</p>
--	---



<p><b>Programa analítico de contenidos (continuación)</b></p>	<p>T.4: SISTEMAS EN LAZO CERRADO, COMPORTAMIENTO TEMPORAL. Modelado de lazos de control. Sistema de 1° orden con control P. Respuesta temporal regulatoria y como servomecanismo. Error de estado estacionario. Sistema de 2° orden con control P. Respuesta temporal regulatoria. Respuesta oscilatoria (frecuencia y atenuación). Influencia de la acción P. Respuesta de la señal de control. Concepto de estabilidad. Polos de la Ecuación característica y estabilidad. Criterio de Routh. Acción integral. Sistema de 1° orden con control PI. Intensidad de acción integral. Acción derivativa. Sistema de 2° orden con control PD. Intensidad de acción derivativa. Limitaciones de la acción derivativa. Criterios de conducta de sistemas de control. Sintonización, métodos en lazo cerrado y en lazo abierto. Control de procesos no lineales con acción proporcional.</p> <p>T.5: RESPUESTA EN FRECUENCIA. Respuesta estacionaria a la senoide. Respuesta en Frecuencia (RF). Diagrama de Bode. RF de sistemas simples, representación en diagramas de Bode. RF de sistemas complejos. Bosquejo del diagrama de Bode, condiciones asintóticas de Bode. Parámetros críticos. Criterio de estabilidad de Bode. Márgenes de estabilidad. Frecuencia y ganancia últimas. Simplificación de Shinskey. RF y comportamiento temporal. Influencia de las acciones proporcional, integral y derivativa. Efectos del ruido de medición. Influencia de cambios en la planta. No linealidades e incertidumbre. Influencia sobre frecuencia y atenuación. Robustez. Sintonización robusta. Selección de la característica de flujo de válvulas.</p> <p>T.6: TÉCNICAS AVANZADAS DE CONTROL. Características básicas de los lazos simples más comunes de la industria de procesos. Control en cascada. Control selectivo. Control en rangos compartidos y divididos. Avanzación. Control de relación.</p>
---	---