



## Programa Analítico

# CONTROL DE PROCESOS

### Datos Generales

**Nombre de la Actividad Curricular:** CONTROL DE PROCESOS

**Código:** 15\_QQS

**Carrera:** Ingeniería Química

**Bloque de Conocimientos al que pertenece:** Tecnologías Aplicadas

**Año académico:** 2024

### Equipo docente

Nombre:	Cargo:	Dedicación:
Cesca, Mario Rodolfo	Profesor Titular	Exclusiva
Ingaramo, Alejandra Patricia	Profesora Asociada	Exclusiva
Vera van Gelderen, Eduardo	Profesor Adjunto	Semidedicación
Jeger, Pablo Javier	Jefe de Trabajos Prácticos	Semidedicación

### Fundamentación

Aplicar la teoría de Control Automático en la síntesis y/o análisis de sistemas de control de la Ingeniería Química. Caracterizar y especificar componentes del hardware disponible para implementar estrategias de control.

### Resultados de Aprendizaje

**Al finalizar exitosamente el cursado de la actividad curricular el estudiante será capaz de:**

**R.A. 1:** Recordar palabras y conceptos propios de los sistemas de control automático

**R.A. 2:** Entender la forma en la que se comportan los sistemas de control

**R.A. 3:** Modelar componentes de un sistema de control elemental

**R.A. 4:** Analizar las características estáticas y dinámicas de procesos e instrumentos de sistemas de control automático

**R.A. 5:** Analizar las características generales de sistemas más elaborados de control de proceso

**R.A. 6:** Evaluar el desempeño de sistemas de control de lazo simple con controladores PID considerando la influencia de no linealidades e incertidumbre de los procesos

**R.A. 7:** Especificar instrumentación industrial de procesos

**R.A. 8:** Sintetizar sistemas de control de lazo simple considerando robustez.

**R.A. 9:** Sintonizar lazos simples de control con controladores PID



**R.A. 10:** Expresar con claridad y efectividad conclusiones del análisis y diseño de sistemas de control de procesos.

## Contenidos

### Contenidos mínimos de la Actividad Curricular:

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.

### Programa Extendido

#### Unidad 1: INTRODUCCIÓN AL CONTROL AUTOMÁTICO

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&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.

#### Unidad 2: DINÁMICA DE PROCESOS

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.

#### Unidad 3: INSTRUMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

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.

#### Unidad 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.

#### **Unidad 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.

#### **Unidad 6: TÉCNICAS AVANZADAS DE CONTROL**

Características básicas de los lazos simples más comunes de la industria de procesos. Control en cascada. Feedforward. Control de relación. Otros sistemas más elaborados.

---

## **Bibliografía**

- Ollero de Castro, P. y Fernández Camacho, E., (1997). CONTROL E INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS QUÍMICOS, Síntesis, Madrid, España. Disponible en biblioteca.
- Smith, C. A. y Corripio, A. B., (1991). CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS, Limusa, México (traducción de la primera edición en inglés de 1985). Disponible en biblioteca.
- Adam, Eduardo J., (2018). INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS, Ediciones UNL, Santa Fe, Argentina. Disponible en biblioteca.
- Seborg, D., Mellichamp, D., Edgar, T. y Doyle, F. (2010). PROCESS DYNAMICS AND CONTROL, John Wiley & Sons, New York, USA, 3° Ed. Disponible en biblioteca.
- Acedo Sánchez, José, (2006). CONTROL AVANZADO DE PROCESOS, Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España. Disponible en biblioteca.

---

## **Carga horaria**

**Carga horaria total de la Actividad Curricular: 96**

**Carga horaria de Tecnologías Aplicadas: 96**

**Duración del dictado en semanas: 16**

**Cantidad en horas de:**

- Clases semanales: 6
- Práctica presencial: 2
- Teórico-Práctica presencial: 4
- Laboratorios presenciales: 2 (en una semana)
- Horas totales dedicadas a evaluaciones: 7



## Metodología aplicada

### Plan de actividades:

- Clases teórico-prácticas. Desarrollo de los aspectos de la teoría aplicados a problemas. Se resuelven y discuten aplicaciones. La metodología es enseñanza basada en problemas.
- Clases de problemas. Resolución de problemas de análisis y diseño de sistemas de control. Las clases de problemas corresponden a los temas desarrollados en las clases teórico-prácticas inmediatamente anteriores. Se pone énfasis en desarrollar el espíritu crítico.
- Clase experimental. Para conocimiento e identificación de los elementos de un sistema en lazo cerrado de un proceso en escala banco con instrumentación industrial.
- Estudio de casos. Para análisis de sistemas elaborados de control.

### Distribución de actividades:

- Clases teórico-prácticas. Obligatoria
- Clases de problemas. Obligatoria
- Clase experimental. Obligatoria. Actividad grupal
- Estudio de casos. Obligatoria. Actividad grupal
- Clases de consulta semanales. Actividad opcional

### Mecanismos de seguimiento de los aprendizajes:

- Se prevén tres Evaluaciones para autoevaluación de los alumnos y de diagnóstico para los docentes.
- Hay dos instancias de evaluación de problemas prácticos.
- Una evaluación final integradora.

## Recursos empleados

### Espacios:

- Aulas del Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial disponible con proyector multimedia y acceso a red informática (4-1-32 y 4-4-20).
- Laboratorio de Control de Procesos (4-4-24).

### Equipos:

- Elementos de medición, actuación y control industriales del Laboratorio de Control de Procesos (transmisores de caudal, nivel, presión, termoresistencias, válvula con actuador neumático, conversor electroneumático, controladores PID, registrador-adquisidor de datos de cuatro canales).
- Banco de prueba con circulación y calentamiento de agua.
- Línea de aire a presión con compresor propio.

### Medios tecnológicos:

- Google Classroom institucional para compartir material, y como medio de comunicar a los estudiantes mensajes, actividades teórico-prácticas y evaluaciones de seguimiento  
<https://classroom.google.com/u/0/c/Njl4NjY5MDE0NTIw>



---

## Evaluación

### Método/s empleados:

- Evaluativos de seguimiento escritos.
- Evaluación individual de problemas escrita.
- Evaluación individual integradora (oral o escrita).

### Condiciones para la aprobación de la Actividad Curricular:

Para aprobar la materia los alumnos deben:

1. Asistir al menos al 80 % de todas las clases teórico-prácticas, prácticas de problemas.
2. Participar en la clase experimental.
3. Desarrollar de 3 Evaluaciones breves para seguimiento del proceso enseñanza-aprendizaje.
4. Aprobar dos Evaluaciones sobre problemas aplicados.
5. Aprobar un Examen final integrador.

En el período de recuperación, para aprobar la materia los alumnos deben:

1. Asistir al menos al 80 % de todas las clases teórico-prácticas de repaso.
2. Aprobar de una Evaluación Integral sobre problemas aplicados.
3. Aprobar un Examen final integrador.

---

## Correlativas académicas

- Operaciones Unitarias I
- Análisis y Diseño de Reactores I



## Ejes y enunciados multidimensionales y transversales

Esta Actividad Curricular aporta a los siguientes ejes y enunciados multidimensionales y transversales de la carrera en el nivel que se indica:

Ejes y enunciados multidimensionales y transversales	Nivel
Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería	Alto
Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería	Alto
Gestión, planificación, ejecución y control de proyectos de ingeniería	No aporta
Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería	Alto
Generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas	No aporta
Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo	No aporta
Fundamentos para una comunicación efectiva	Medio
Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable	No aporta
Fundamentos para evaluar y actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto global y local	No aporta
Fundamentos para el aprendizaje continuo	No aporta
Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora	No aporta

## Investigación

### Proyectos de investigación relacionados a la asignatura en la que participen los docentes

Uso sustentable de agua y energía en la industria de procesos (E-723)

Desarrollo de productos agroindustriales con alto valor agregado en la región NOA (E-704)

### Proyectos de investigación relacionados a la asignatura en la que participen los estudiantes

Uso sustentable de agua y energía en la industria de procesos (E-723)