

**PROGRAMA ANALÍTICO DE LA ASIGNATURA**  
**CONTROL DE PROCESOS**  
**Modalidad Regular**

**Departamento de Ciencia y Tecnología**

**Carrera Ingeniería en Alimentos**

**Ciclo Superior - Núcleo Obligatorio**

**Correlativas:** Fundamentos de programación / Fenómenos de Transporte

**Carga horaria total:** 72 horas

**Docente:** Carlos Mulreedy

**Año lectivo:** 2024 y 2025

**Objetivos**

Los objetivos para quienes cursen la asignatura son:

- Conocer los sistemas de control automático de procesos
- Optimizar y controlar instalaciones, maquinarias e instrumental de establecimientos industriales.
- Optimizar y supervisar sistemas de procesamiento industrial.
- Aplicar control de procesos estadístico a procesos de alimentos

**Ejes multidimensionales y transversales en la formación de las personas graduadas**

En la asignatura se propician los siguientes ejes multidimensionales y transversales:

- **Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería en alimentos:** La materia ofrece instancias de aprendizaje enfocadas en el análisis crítico de problemas potenciales relacionados con herramientas de control automático y de estadística. La propuesta de enseñanza incluye actividades prácticas que requerirán que el estudiantado integre los contenidos de la materia en las diversas etapas del ciclo de vida de un problema. En otros términos, se hará hincapié en análisis de casos que abarquen desde la identificación de una situación problemática hasta la generación

e implementación de soluciones, utilizando de manera efectiva dispositivos tecnológicos.

- **Diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería en alimentos:** Se proponen actividades donde el estudiantado debe utilizar herramientas para diseñar sistemas de control de procesos
- **Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería en alimentos:** Se proponen actividades donde el estudiantado debe conocer y aplicar los instrumentos y sistemas de control de procesos.
- **Utilizar técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería en alimentos:** La materia incluye entre sus contenidos mínimos y actividades prácticas, la capacitación y entrenamiento en la selección y utilización de técnicas y herramientas básicas y elementales disponibles en los campos de aplicación profesional. Las actividades prácticas se diseñan en el marco del aprendizaje basado en problemas.
- **Contribuir en la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas:** La asignatura fomenta al estudiantado la importancia de los sistemas de control en la industria de alimentos.
- **Proyectar, diseñar, calcular, optimizar y controlar instalaciones, maquinarias e instrumental de establecimientos industriales y/o comerciales en los que se realice la fabricación, manipulación, fraccionamiento, envasado, almacenamiento, expendio, comercialización de alimentos y productos alimenticios:** El estudiantado debe considerar diferentes variables para generar el desarrollo de un proyecto que incluyen el control de instalaciones y procesos.
- **Analizar, diseñar, simular, optimizar, implementar, dirigir y supervisar sistemas de procesamiento industrial, conservación y comercialización de alimentos y bebidas:** Se presentan situaciones problemáticas de diseño de sistemas de control en el procesamiento de alimentos.

**Contenidos mínimos:** Sensores. Señales y respuesta de sistemas. Control Proporcional – Integral – Derivativo. Controladores lógicos programables. Técnicas estadísticas para el análisis del control de un proceso y de la calidad. Prevención de desviaciones del proceso.

**Programa analítico**

**Unidad 1. Introducción.** Componentes básicos y definiciones de los elementos de un sistema de control. Ejemplos de aplicaciones de sistemas de control. Mediciones: campo de Medida (rango), alcance, error, incertidumbre en la medida, exactitud. Simbología y diagramas P&I.

**Unidad 2. Sensores.** Sensores: Medición de la Temperatura. Sensores Mecánicos, Eléctricos, Ópticos, Termómetros de Resistencia, Termistores, Transistores. Pirómetros de Radiación. Medición de la Presión. Elementos Elásticos: Tubo de Bourdon, Fuelles, Diafragmas. Tensiómetros. Aplicaciones en Servicio Pesado. Sensores Capacitivos, Piezo-resistivos, Piezo-eléctricos. Medición del Nivel. Elementos Mecánicos: Flotantes, de Empuje. Otros tipos de Sensores: Capacitivos, Piezo-resistivos, Medidores de Desplazamiento Positivo. Medición de otras Variables de Proceso: Viscosidad, Humedad, pH. Sistemas a lazo abierto (Sistemas no realimentados) y sistemas a lazo cerrado (Sistemas realimentados).

**Unidad 3. Señales y sistemas.** Señales Impulso y Escalón. Sistemas lineales y no lineales y sistemas continuos y discretos. Sistemas variantes e invariantes en el tiempo.

**Unidad 4. Transformada de Laplace.** Transformada y transformada inversa de Laplace. Teoremas de la Transformada de Laplace. Modelado de lazos de control.

**Unidad 5. Respuesta de sistemas.** Sistema de 1° orden con control proporcional. Respuesta temporal regulatoria y como servomecanismo. Error de estado estacionario. Sistema de 2° orden con control proporcional. Respuesta temporal regulatoria. Respuesta oscilatoria (frecuencia y atenuación). Influencia de la acción proporcional. 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 Proporcional – Integral (PI). Intensidad de acción integral. Acción derivativa. Sistema de 2° orden con control Proporcional - Derivativo (PD). Intensidad de acción derivativa. Limitaciones de la acción derivativa. Control Proporcional – Integral – Derivativo (PID). Criterios de conducta de sistemas de control. Sintonización, métodos en lazo cerrado y en lazo abierto.

**Unidad 6. Controladores lógicos programables (PLC's).** Introducción y diagrama de bloques de un PLC. Manejo de señales de entrada y salida. Sistema de control y adquisición de datos (SCADA).

**Unidad 7. Estadística aplicada.** Herramientas estadísticas, distribuciones. Test de

hipótesis y ANOVA. Operación Evolutiva y Diseños Factoriales. OPEV; conceptos básicos de diseño experimental: factores y variables, niveles y tratamientos; obtención de superficies de respuesta para modelos factoriales de primer y segundo orden; método del camino de máxima pendiente.

**Unidad 8. Introducción al Control Estadístico.** Control Estadístico de Procesos (CEP) y su aplicación en el Control de la Calidad. Aplicación a la producción. Aplicación al mejoramiento de la calidad y reducción de costos. Variabilidad fortuita y atribuible. Procesos bajo control y fuera de control estadístico. Muestreo para aceptación. Planes de muestreo simple por atributos. Planes de muestreo doble, múltiple y secuencial. Norma IRAM 2859-1 y Norma militar 105D.

**Unidad 9. Diagramas de control.** Conformidad y disconformidad de un producto. Diagrama  $p$  (fracción de disconformes). Elección del tamaño muestral y de la frecuencia de muestreo. Tamaño de muestra variable. Diagrama  $c$  (de disconformidades). Diagramas de control de  $\bar{x}$  y  $R$ . Diagramas de control de  $\bar{x}$  y  $S$ . Curvas de Operación para la elección de los tamaños de las muestras.

**Unidad 10. Aplicación de herramientas estadísticas para el control de procesos industriales.** Técnicas estadísticas para el análisis de procesos Diagramas de Shewhart. Límites de control. Subgrupos racionales. Tipos de patrones no aleatorios. Criterios de decisión. Límites de especificación y límites de control. Capacidad y aptitud de los procesos. Parámetros  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$  y  $P_{pk}$ . Integración de técnicas estadísticas: modelos aplicables a proyectos de mejora, Six Sigma.

### **Actividades Prácticas**

Las guías de seminarios constan de preguntas, problemas de aplicación y análisis de casos. A continuación, se listan los seminarios y los contenidos tratados en cada uno:

**Seminario 1 - Introducción:** Análisis de sensores, actuadores, controladores y sus funciones en el sistema de control. Aplicaciones en la industria de alimentos. Mediciones y cálculo del error. Incertidumbre y exactitud, y su importancia para la confiabilidad de los sistemas de control. Uso de simbología estándar y elaboración de diagramas de tuberías e instrumentación (P&I) utilizando simbología estándar.

**Seminario 2 - Sensores:** Selección de sensores adecuados para aplicaciones específicas. Precisión y fiabilidad de diferentes sensores en situaciones prácticas.

**Seminario 3 - Señales y Sistemas:** Diferencias entre sistemas lineales y no lineales, continuos y discretos, variantes e invariantes en el tiempo. Aplicaciones. Sistemas a lazo abierto y a lazo cerrado. Diseño y evaluación de sistemas de control utilizando realimentación.

**Seminario 4 - Transformada de Laplace:** Aplicación de la transformada de Laplace y su inversa para analizar y resolver ecuaciones diferenciales en sistemas de control automático. Modelado de lazos de control, utilizando la transformada de Laplace para diseñar y analizar sistemas de control realimentados.

**Seminario 5 - Respuesta de Sistemas:** Análisis de un sistema de primer orden con control proporcional, incluyendo la respuesta temporal regulatoria y como servomecanismo, y el error de estado estacionario. Evaluación de un sistema de segundo orden con control proporcional, abarcando la respuesta oscilatoria y la influencia de la acción proporcional en la señal de control. Concepto de estabilidad: análisis de raíces de la ecuación característica y criterio de Routh. Análisis de la acción integral en un sistema de primer orden con control Proporcional-Integral (PI) y la acción derivativa en un sistema de segundo orden con control Proporcional-Derivativo (PD). Diseño y análisis del control Proporcional-Integral-Derivativo (PID) y sintonización mediante métodos a lazo cerrado y a lazo abierto.

**Seminario 6 - Controladores lógicos programables (PLC's):** Análisis del diagrama de bloques de un PLC, detallando su arquitectura y funcionamiento. Manejo de señales de entrada y salida: técnicas para gestionar y procesar señales en un PLC. Sistema de control y adquisición de datos (SCADA). Introducción al diseño y funcionamiento de sistemas SCADA, y su integración con PLC's para monitoreo y control de procesos industriales.

**Seminario 7 - Estadística aplicada:** Diseño y realización de un experimento factorial para estudiar el efecto de dos factores (por ejemplo, temperatura y tiempo). Definición de los niveles de cada factor, realización de las pruebas correspondientes, recolección de datos y análisis de resultados utilizando ANOVA.

**Seminario 8 - Control estadístico de procesos:** Aplicación distintos tipos de diagramas de control a procesos industriales. Métodos de muestreo. Límites de control. Identificación de patrones no aleatorios. Aplicación en el control de calidad.

## Bibliografía

### Bibliografía obligatoria

- Acedo Sánchez, J. (2006). *Instrumentación y control básico de procesos*. [Madrid]: Díaz de Santos.
- Carr, J. J. (1993). *Sensors and circuits: Sensors, transducers, and supporting circuits for electronic instrumentation, measurement and control*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (1996). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. México, D. F: McGraw-Hill.
- Ogata, K., Dormido Canto, S., Dormido Canto, R., & Dormido Bencomo, S. (2003). *Ingeniería de control moderna* (4a ed.). Madrid: Pearson Educación.
- Walpole, R. E., Enríquez Brito, J., & Flores Flores, V. A. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (8a. ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

### Bibliografía de consulta

- Devore, J.; Berk, K. (2012) *Modern Mathematical Statistics with Applications*. Springer: New York.

## Organización de las clases

La asignatura es teórico-práctica, con una carga de 28 horas de actividades prácticas, distribuidas en clases de resolución de problemas y ejercicios con el uso de computadora.

**Clase expositiva:** Todos los temas son expuestos y explicados en clase utilizando pizarrón, presentaciones con diapositivas, videos, etc. Las clases se desarrollan en un ambiente tendiente a promover el diálogo y la formulación de preguntas a fin de favorecer la comprensión de los diferentes contenidos disciplinares. Se trata de proporcionar ejemplos de interés general o en relación con la Ingeniería en Alimentos.

**Clase de resolución de problemas y ejercicios:** El estudiantado resuelve problemas y ejercicios. En estas clases prácticas el equipo docente atiende consultas individuales o grupales vinculadas con las actividades propuestas. Se promueve la participación activa del estudiantado en un ambiente de discusión, favoreciendo la expresión escrita y oral.

Los recursos didácticos empleados en la asignatura son: pizarra o pizarrón, material digital multimedia, textos, aula virtual y computadoras.

### **Formas de evaluación y acreditación**

La modalidad de evaluación y aprobación se regirá según el Régimen de Estudios vigente. Las instancias evaluativas calificadas constan de dos parciales con sus correspondientes recuperatorios y un examen integrador (en caso de no promocionar).

## Cronograma tentativo

Clase	Tema	Tipo de actividad
1	Unidad 1	Clase expositiva / Resolución y discusión de actividades
2	Unidad 2	Clase expositiva / Resolución y discusión de actividades
3	Unidad 2	Resolución y discusión de actividades
4	Unidad 3	Clase expositiva / Resolución y discusión de actividades
5	Unidad 4	Clase expositiva / Resolución y discusión de actividades
6	Unidad 5	Clase expositiva / Resolución y discusión de actividades
7	Unidad 5	Resolución y discusión de actividades
8	Revisión de contenidos	Clase de consulta
9	Primer parcial	Examen parcial escrito
10	Unidad 6	Clase expositiva / Resolución y discusión de actividades
11	Unidad 7	Clase expositiva / Resolución y discusión de actividades
12	Unidad 8	Clase expositiva / Resolución y discusión de actividades
13	Unidad 9	Clase expositiva / Resolución y discusión de actividades
14	Unidad 10	Clase expositiva / Resolución y discusión de actividades
15	Revisión de contenidos	Clase de consulta
16	Segundo parcial	Examen escrito
17	Recuperatorios	Examen escrito
18	Integrador	Examen escrito