

**PROGRAMA ANALÍTICO DE LA ASIGNATURA**  
**OPERACIONES UNITARIAS**  
**Modalidad Regular**

**Departamento de Ciencia y Tecnología**

**Carrera Ingeniería en Alimentos**

**Ciclo Superior - Núcleo Obligatorio**

**Correlativas:** Fenómenos de Transporte

**Carga horaria total:** 108 horas

**Docentes:** María Carolina Reid - Yuly Andrea Ramírez Tapias

**Año lectivo:** 2024 y 2025

**Objetivos**

Los objetivos para quienes cursen la asignatura son:

- Enunciar y representar los principios básicos sobre las operaciones que se utilizan para transformar las materias primas alimenticias y elaborar productos alimenticios.
- Analizar las corrientes involucradas en procesos de transformación de materias primas, así como plantear y desarrollar balances de materia y energía.
- Establecer los criterios para la aplicación de las operaciones unitarias en Ingeniería en Alimentos, tanto para su diseño, operación y modificación de los procesos.
- Seleccionar equipos con las características técnicas apropiadas para cada operación.
- Integrar las diferentes operaciones unitarias para diseñar procesos de elaboración de productos alimenticios.
- Utilizar computadora para aplicaciones como búsqueda de información en internet, uso de mail y de campus, uso de procesador de texto y planilla de cálculos.

## **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 diversas operaciones unitarias vinculadas con la ingeniería en alimentos. 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 analizar la factibilidad técnica y seleccionar distintas operaciones unitarias involucradas en el procesamiento de alimentos.
- **Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería en alimentos:** Se proponen actividades donde el estudiantado pueda planificar las operaciones unitarias necesarias en la producción de alimentos.
- **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 disponibles en los campos de aplicación profesional de Ingeniería en Alimentos. Las actividades prácticas se diseñan en el marco del aprendizaje basado en problemas. Por otra parte, se promueve el desarrollo de destrezas manuales mediante experiencias de trabajo en el laboratorio. Ambas metodologías permiten la aplicación de conceptos teóricos a situaciones reales del desempeño profesional.
- **Contribuir en la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas:** La asignatura brinda herramientas y contenidos de operaciones unitarias necesarias para que el estudiantado pueda desarrollar procesos tecnológicos en la industria alimentaria.
- **Comunicarse de manera efectiva:** Esta asignatura fomenta competencias relacionadas con la lectura y escritura académica y profesional específicas de la futura persona graduada. Se desarrollarán actividades orientadas a la producción de géneros discursivos especializados, en este caso, un informe de laboratorio.

Además, se pautará una presentación oral sobre un tema previamente pautado, lo que permite desarrollar en el estudiantado sus habilidades de comunicación oral en un contexto formal.

- **Aprender de manera continua y autónoma:** Se desplegarán estrategias de enseñanza integradas al desarrollo de la cursada y a la organización de las clases, con el objetivo de aportar a la autonomía en el aprendizaje. Para ello, se fomenta tanto la apropiación de marcos conceptuales y teóricos a través del estudio de la bibliografía de la materia, como la realización de investigaciones que impliquen la búsqueda de fuentes de información.
- **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, utilizando diferentes operaciones unitarias involucradas en el procesamiento y almacenamiento de alimentos.
- **Proyectar, supervisar, dirigir ensayos y comprobaciones para determinar la aptitud de materias primas, insumos, productos intermedios, productos finales y sus envases:** Se desarrollan actividades teóricas y prácticas sobre diferentes operaciones unitarias involucradas en la determinación de la aptitud de materias primas y productos alimenticios.

**Contenidos mínimos:** Balance de materia y energía. Acondicionamiento de materia prima. Transporte de fluidos y sólidos. Sedimentación. Agitación y mezclado de fluidos y sólidos. Emulsificación. Reducción de tamaño. Tamizado. Separaciones mecánicas: filtración, centrifugación, separación por membranas. Osmosis inversa. Equipos para intercambio de calor. Extracción sólido-líquido. Prensado. Destilación. Extrusión.

### **Programa analítico**

**Unidad 1: Balances de materia y energía.** Introducción a las operaciones unitarias. Las operaciones en la industria de los alimentos. Balances macroscópicos de materia y energía con y sin reacción química.

**Unidad 2: Acondicionamiento de materias primas alimenticias.** Propiedades físicas y funcionales de las materias primas. Recibo y acopio. Limpieza, selección y clasificación de las materias primas.

**Unidad 3: Transporte de sustancias alimenticias.** Gestión de materiales alimenticios. Transportadores. Transporte neumático y mecánico. Transporte de materiales sólidos.

**Unidad 4: Reducción de tamaño.** Principios generales. Análisis granulométrico. Equipos. Características que regulan la selección de los equipos. Manejo de las instalaciones de reducción de tamaño. Desintegración de sustancias fibrosas. Molienda húmeda. Energía necesaria para la desintegración. Efecto sobre los alimentos.

**Unidad 5: Mezcla de sólidos y líquidos.** Agitación y mezcla de líquidos. Finalidades de la agitación. Equipos. Modelos de flujo en tanques agitados. Diseño de agitadores. Consumo de potencia en tanques agitados. Mezclado de sólidos y pastas. Tipos de mezcladoras. Criterios de eficacia de un mezclador. Moldeo.

**Unidad 6: Sedimentación.** Teoría del movimiento de las partículas a través de un fluido. Sedimentación impedida. Sedimentación libre. Sedimentación diferencial y separación de sólidos en una clasificación. Equipos.

**Unidad 7: Centrifugación.** Fuerzas que se desarrollan en la separación por centrifugación. Ecuaciones para las velocidades de sedimentación en centrífugas. Equipos de centrifugación.

**Unidad 8: Filtración.** Medios filtrantes y coadyuvantes de filtración. Fundamentos de la filtración de torta. Caída de presión a través de la torta de filtración. Tortas de filtración, compresibles e incompresibles. Resistencia del medio filtrante y de la torta. Filtración continua. Lavado de las tortas de filtración. Tecnología de membranas. Tipos de equipos.

**Unidad 9: Destilación.** Destilación de mezclas binarias. Aplicaciones. Diagramas de equilibrio. Tipo de destilación. Destilación simple. Rectificación. Método Mc. Cabe Thiele. Fundamentos de destilación azeotrópica. Cálculo de equipos.

**Unidad 10: Extracción sólido-líquido.** Diagramas de equilibrio. Operación continua. Selección del solvente. Extracción en una etapa y multi-etapas. Cálculo del número de etapas. Extracción por presión. Prensas discontinuas y continuas.

**Unidad 11: Extrusión.** Fundamentos teóricos de la extrusión. Instalaciones. Aplicaciones en alimentos. Efecto sobre los alimentos.

**Trabajos prácticos en laboratorio y en planta piloto**

La nómina de TP y sus objetivos son:

**Trabajo práctico N°1: Balance de masa y acondicionamiento de materia prima.**

Aplicar los conocimientos sobre balance de masa y calcular las mermas de los productos en proceso y subproductos en la etapa de acondicionamiento de verduras (selección, limpieza, lavado y procesado) del proceso de elaboración de sopa en la planta piloto. Comparar eficiencias de equipos y generar propuestas de optimización de rendimientos en las operaciones mencionadas anteriormente.

**Trabajo práctico N°2: Análisis granulométrico por tamizado.** Realizar un análisis granulométrico por tamizado de diferentes tipos de harina de trigo. Seleccionar la serie de tamices normalizada. Analizar la distribución granulométrica de las harinas y aplicar los conceptos de moda, mediana, diámetros basados en masa, volumen y área superficial.

**Actividades prácticas áulicas y extra áulicas**

**Seminario 1 - Balances de materia y energía:** Resolución de problemas y análisis de casos de ecuaciones de balance de materia y energía en procesos continuos y discontinuos. Cálculos de balance sin acumulación y con acumulación. Análisis de caso con reacción química-biológica. Balances de energía (calor sensible, calor latente, calor de combustión y energía mecánica), cálculos de potencia.

**Seminario 2 - Acondicionamiento de materias primas:** Descripción de las principales operaciones de acondicionamiento de materias primas (origen, tratamientos agrícolas ganaderos primarios, traslado y acopio en planta, limpieza, selección y clasificación).

**Seminario 3 - Transporte de sustancias alimenticias:** Resolución de problemas y análisis de casos sobre: Gestión de materiales sólidos alimenticios. Cálculos de transporte neumático y mecánico de bandas. Selección de sopladores y ventiladores para transporte neumático. Resolución de problemas e interpretación de resultados.

**Seminario 4 - Reducción de tamaño de partícula:** Resolución de problemas y análisis de casos sobre: Características que regulan la selección de los equipos para el modelado de los mismos. Manejo de las instalaciones de reducción de tamaño. Cálculo de la energía necesaria para la desintegración de sustancias fibrosas y su efecto en alimentos (Leyes de Kick, Rittinger y Ecuación de Bond). Análisis granulométrico para la clasificación de las partículas sólidas (cálculo eficiencia de tamizado, superficie de malla y tiempo de tamizado). Descripción y diseño de equipos.

**Seminario 5 - Mezcla de sólidos y líquidos:** Resolución de problemas y análisis de casos sobre: Modelos de flujo en tanques agitados. Diseño de agitadores y análisis de

los factores de forma típicos de tanques. Cálculo de consumo de potencia en tanques agitados. Tipos de elementos mezcladores. Criterios de eficacia de un mezclador. Resolución de problemas e interpretación de resultados.

**Seminario 6 - Sedimentación:** Resolución de problemas y análisis de casos sobre: Sedimentación impedida versus sedimentación libre. Equilibrio de fuerzas. Cálculo de velocidad de sedimentación. Sedimentación diferencial y separación de sólidos en una clasificación. Descripción y diseño de equipos. Resolución de ejercicios de sedimentación.

**Seminario 7 - Centrifugación:** Resolución de problemas y análisis de casos sobre: Velocidad de sedimentación centrífuga. Análisis de tiempo de residencia vs. tiempo de centrifugación. Cálculo de caudal de operación para la separación de componentes. Cálculo e interpretación del factor G.

**Seminario 8 - Filtración:** Resolución de problemas y análisis de casos: Análisis de la ecuación de filtración con formación de torta. Cálculo de tiempo de filtración operando a presión constante y velocidad constante. Determinación de factor de compresibilidad de sólidos. Escalado de equipos de filtración con formación de torta.

**Seminario 9 - Destilación:** Resolución de problemas y análisis de casos: Análisis de diagramas de equilibrio líquido - vapor: temperatura vs. composición y composición en fase de vapor vs. composición en fase líquida. Recta de operación de destilación flash. Diseño de rectas de operación por rectificación por el método de Mc.Cabe-Thiele: rectas de enriquecimiento, rectas de alimentación y rectas de agotamiento. Cálculo de número de etapas ideales. Rendimiento. Análisis de reflujo. Balances de materia y energía.

**Seminario 10 - Extracción sólido-líquido:** Resolución de problemas y análisis de casos sobre: Balances de materia en procesos de extracción sólido-líquido en operación a contracorriente. Cálculo de etapas ideales por diferentes métodos: método analítico, método gráfico de Mc.Cabe-Thiele, polo de extracción y diagrama ternario – triángulo rectángulo. Análisis de composición de soluto en el extracto en cada etapa ideal.

**Seminario 11 - Extrusión de alimentos:** Resolución de problemas y análisis de casos sobre: Balances de materia y energía. Cálculo de energía mecánica específica y energía térmica específica según el tipo de alimento. Análisis de tiempos de hidratación y calentamiento en estado no estacionario.

**Actividades práctica grupales calificadas**

**Actividad 1 - Acondicionamiento de la materia prima:** El grupo de estudiantes debe elegir un tipo de acondicionamiento de materia prima, realizar la búsqueda bibliográfica, redactar un informe en wiki colaborativa y presentar el trabajo de manera oral. El cierre de la actividad consiste en un espacio para preguntas y respuestas con el resto de la clase.

**Actividad 2 - Separación de proteínas por tecnología de membranas:** El grupo de estudiantes debe leer un paper sobre diferentes tipos de membrana (ultrafiltración y nanofiltración), identificar variables de proceso: presión transmembrana, factor de concentración y flujo, y variables de respuesta: tiempo de permeación, rendimiento, porcentaje de rechazo. Se realiza una puesta en común con los grupos de estudiantes.

**Actividad 3: Diseño de destilador por rectificación:** El grupo de estudiantes analiza un sistema binario, se incluye análisis de azeótropos y mezclas con elevada diferencia en el punto de ebullición. Se replantea un mejor diseño de la operación: destilación flash, cambios de reflujo, tipo de condensación.

## **Bibliografía**

### *Bibliografía obligatoria*

- Brennan, J.G.; Butters, J.R.; Cowell, N.D.; Lilly, A.E.V. (1998) Las Operaciones de la Ingeniería de Alimentos. Editorial Acribia.
- Earle, R.L. Ingeniería de los Alimentos. (1988) Editorial Acribia, 2da. Edición, 1988.
- Mafart, P.; Béliard, E. (1994) Ingeniería Industrial Alimentaria, Volumen I: Procesos Físicos de Conservación, Volumen II: Técnicas de Separación. Editorial Acribia,
- McCabe, W.I.; Smith, J.C.; Harriot, P. (1994) Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. McGraw-Hill, 4ta. Edición.
- Perry's Chemical Engineering Handbook. (1992) McGraw-Hill, 6ta. Edición.
- Rodríguez, Francisco (editor) (2000) Ingeniería de la Industria Alimentaria. Volumen II: Operaciones de Procesado de Alimentos. Editorial Síntesis, Madrid.
- Singh, R.P.; Heldman, D.R. (2009) Introduction to Food Engineering. Academic Press Inc., 2da. Edición.
- Treybal, R. E. (1988) Operaciones de Transferencia de Masa McGrawHill, México, 1968.

### Bibliografía de consulta

- Charm, S.E. (1971). The Fundamentals of Food Engineering. The AVI Publishing Co. Inc., 2da. Edición.
- Fellows, P. (1994) Tecnología del Procesado de los Alimentos. Editorial Acribia.
- Geankoplis, C.J. (1982) Transport processes and Unit Operations. Cia. Editorial Continental.
- Haynes, G. D. (1992) Manual de Datos para ingeniería de Alimentos. Editorial Acribia.

### **Organización de las clases**

La asignatura es teórico-práctica, con una carga de 36 horas de actividades prácticas, distribuidas entre clases experimentales en laboratorio y resolución de problemas, ejercicios y análisis de casos.

**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, ejercicios y análisis de casos:** El estudiantado cuenta con guías de actividades que incluyen preguntas, ejercicios, problemas y/o análisis de casos que se resuelven y/o discuten en el aula. 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.

**Clase experimental en laboratorio:** Implica el uso de procedimientos tecnológicos, discusión de resultados, elaboración de conclusiones, entre otros. Con estas actividades se promueve el desarrollo del pensamiento crítico y el trabajo en equipo.

**Clase experimental en planta piloto:** Implica actividades en planta piloto de alimentos enlatados con la recolección y análisis de datos.

Los recursos didácticos empleados en la asignatura son: pizarra o pizarrón, material digital multimedia, textos, aula virtual, materiales de laboratorio y de la planta piloto de elaboración de alimentos enlatados (Super Sopa).

## 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 escritos, una exposición oral de acondicionamiento de materia prima, un informe de laboratorio, parcialitos de cada unidad temática, un seminario de discusión de un texto científico de ultrafiltración, exposición oral de un diseño de destilación por rectificación. Integrador final (en caso de no promocionar).

## Cronograma tentativo

Clase	Tema	Tipo de actividad
1	Introducción. Balance de materia y energía	Clase expositiva
2	Balance de materia y energía	Resolución de problemas y ejercicios prácticos
3	Balance de masa y acondicionamiento de materia prima	Trabajo práctico en planta piloto
4	Transporte mecánico	Clase expositiva
5	Transporte mediante bandas cóncavas	Resolución de problemas y ejercicios prácticos
6	Transporte neumático	Resolución de problemas y ejercicios prácticos
7	Acondicionamiento de materia prima	Presentaciones orales
8	Reducción de tamaño	Clase expositiva
9	Análisis granulométrico por tamizado	Clase expositiva
10	Análisis granulométrico por tamizado	Trabajo práctico de laboratorio
11	Mezclado de sólidos y líquidos	Clase expositiva
12	Mezclado de sólidos y líquidos	Resolución de problemas y ejercicios prácticos
13	Sedimentación y Centrifugación	Clase expositiva
14	Sedimentación	Resolución de problemas y ejercicios prácticos
15	Centrifugación	Parcialito y Resolución de problemas y ejercicios prácticos
16	Revisión de contenidos	Clase de consulta
17	Primer parcial	Evaluación escrita
18	Filtración	Clase expositiva
19	Filtración	Resolución de problemas y ejercicios prácticos / Seminario
20	Destilación simple	Clase expositiva
21	Destilación por rectificación	Clase expositiva / Seminario
22	Destilación	Resolución de problemas y ejercicios prácticos
23	Extracción sólido - líquido	Clase expositiva
24	Extracción sólido - líquido	Clase expositiva
25	Destilación por rectificación	Presentaciones orales
26	Extracción sólido - líquido	Resolución de problemas y ejercicios prácticos

27	Extrusión	Clase expositiva
28	Extrusión	Resolución de problemas y ejercicios prácticos
29	Unidades 7 - 11	Consultas
30	Segundo parcial	Examen escrito individual
31	Recuperatorio primer parcial	Examen escrito individual
32	Revisión de contenidos	Clase de consulta
33	Recuperatorio segundo parcial	Examen escrito individual
34	Revisión de contenidos	Clase de consulta
35	Integrador	Examen escrito individual
36	Integrador	Examen oral individual