



# Planificación Anual Asignatura OPERACIONES UNITARIAS III Año 2023



## DOCENTE RESPONSABLE

Nombre y Apellido	Ana Karina de Figueiredo
Categoría Docente	Profesor Adjunto Exclusivo

## MARCO DE REFERENCIA

Asignatura	Operaciones Unitarias III	Código:	Q52.0
Carrera	Ingeniería Química		
Plan de estudios	2004 - Ord.C.S.Nº 2396/04		

## Ubicación en el Plan

4º año - 2º cuatrimestre

Duración	Cuatrimestral	Carácter	Obligatoria	Carga horaria total (h)	150
----------	---------------	----------	-------------	-------------------------	-----

## Carga horaria destinada a la actividad (h)

Experimental	20	Problemas ingeniería	20	Proyecto - diseño	30	Práctica sup.	0
--------------	----	----------------------	----	-------------------	----	---------------	---

Asignaturas correlativas	Cursadas	Operaciones Unitarias I (Q50.0) - Operaciones Unitarias II (Q510.)
	Aprobadas	Fenómenos de Transporte (Q15.0) - Fisicoquímica (Q16.0)

Requisitos cumplidos	Seminario de Introducción a la Ingeniería Química (X5.4) - Inglés (X1.1) - Curso de Comunicaciones Técnicas (X2.2)
----------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Contenidos mínimos

Introducción a los procesos de separación. Procesos de separación por etapas. Procesos de separación por contacto continuo. Operaciones de Absorción, Destilación, Extracción Líquido – Líquido, Extracción Sólido – Líquido, Adsorción. Equipos: torres rellenas y de platos. Transferencia simultánea de calor y materia: Operaciones de Humidificación y su aplicación a Torres de Enfriamiento. Secado.

Depto. al cual está adscripta la carrera	Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos
Área	Tecnologías Aplicadas a las Operaciones Unitarias
Nº estimado de alumnos	10

## OBJETIVOS

Los objetivos perseguidos con el desarrollo de la asignatura Operaciones Unitarias III, implican el logro de capacidades generales y particulares que le permitan al estudiante desarrollar competencias asociadas a aspectos globales específicos.

Los objetivos perseguidos, expresados como competencias específicas a desarrollar son los siguientes:

OBJETIVO 1. Los estudiantes deberán ser capaces de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería referidos a las operaciones unitarias que involucran transferencia de masa y/o transferencia simultánea de calor y materia, utilizando de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.

OBJETIVO 2. Los estudiantes deberán ser capaces de seleccionar y diseñar con criterio profesional operaciones y equipos que se utilizan para realizar industrialmente procesos de separación con transferencia de masa, incluyendo principalmente aspectos técnicos y ambientales y explorando algunos aspectos económicos.

OBJETIVO 3. El estudiante deberá ser capaz de analizar situaciones operativas de transferencia de materia y tomar decisiones técnicamente adecuadas, justificándolas de manera apropiada.

OBJETIVO 4. El estudiante deberá ser capaz de comunicar de manera efectiva, concisa, con terminología precisa y en un tiempo razonable, tanto en forma oral como escrita, problemáticas relacionadas con procesos de transferencia de que involucren transferencia de materia y/o transferencia simultánea de calor y materia.

OBJETIVO 5. El estudiante deberá ser capaz de realizar actividades de Proyecto y Diseño y/o de Investigación grupales, proponiendo y/o desarrollando metodologías de trabajo acordes a los objetivos a alcanzar, desempeñándose con mutuo respeto, colaboración y compromiso en el contexto de un equipo de trabajo.

## APORTE DE LA ASIGNATURA A LA FORMACIÓN BÁSICA Y/O PROFESIONAL

Las asignaturas Operaciones Unitarias I, II y III efectúan un aporte importante en la formación del futuro profesional, acompañándolo en la adquisición de saberes que le permitan desarrollar satisfactoriamente las actividades reservadas para el Ingeniero Químico. Desde este punto de vista se planifican estas asignaturas, poniendo especial énfasis en la relación entre los contenidos asociados a la actividad, la formación práctica y la relación con el medio.

Las temáticas desarrolladas en la Asignatura Operaciones Unitarias III deben posibilitar al futuro ingeniero:

\* comprender el funcionamiento de las operaciones de transferencia de masa aplicando los principios físicos que rigen las mismas;

\* seleccionar, especificar, calcular y operar equipos en los que se lleva a cabo transferencia de masa o transferencia simultánea de masa y calor;

\* seleccionar el medio operacional o conjunto de operaciones para el logro de un objetivo determinado y

\* resolver situaciones de cambio o desconocidas con espíritu crítico.

## **DESARROLLO DE LA ASIGNATURA**

### **Actividades y estrategias didácticas**

En la formación del profesional del ingeniero, el nivel de elaboración de los conocimientos es función, no sólo del nivel de la información suministrada, sino también del tiempo disponible para su análisis. La ejecución de procesos y procedimientos que garanticen un nivel de elaboración de los conocimientos requiere del estudiante un cierto tiempo de acción y reflexión. Por lo tanto, si se pretende no reducir la formación del estudiante al nivel informativo, es necesario generar las condiciones de cumplimiento de un nivel de profundidad de formación a través de la previsión de un tiempo de aprendizaje. En el desarrollo de esta asignatura se realiza el abordaje de los aspectos comunes del funcionamiento y análisis de los diferentes procesos de separación. Este desarrollo generalizado se considera más eficaz y crea una comprensión más amplia en el estudiante, estando capacitado para percibir analogías entre los diversos procesos de separación, siendo también más flexible y original para solucionar nuevos problemas de procesos. Tomando como base que toda área de conocimiento es, simultáneamente, un conjunto coherente de conocimientos interrelacionados y un conjunto de procedimientos para construir los mismos, se considera necesario programar y controlar adecuadamente las actividades del proceso de enseñanza-aprendizaje de forma que constituyan una unidad lo teórico con lo práctico.

### **Desarrollo de las actividades y estrategias didácticas asociadas a los objetivos:**

Objetivo 1: Clases Teórico-Prácticas, previendo una activa participación de los alumnos. En el transcurso de ellas se plantean y resuelven situaciones problemáticas concretas, contextualizadas, significativas y generales. En las clases se desarrollan en primera instancia temas teóricos y ejemplos y posteriormente se resuelven problemas referidos a los mismos. Asimismo, se plantea llevar a cabo un laboratorio relacionado con transferencia de materia con entrega de informes por parte de los alumnos.

Objetivos 2 y 3: Clases teóricas y clases de problemas abiertos. En las clases se pretende estimular a los alumnos a que piensen por su cuenta, enfrentándolos con problemas significativos y situaciones operativas concretas de manera que arriesguen soluciones y las discutan con los docentes y compañeros. Para avanzar conceptualmente en el desarrollo de los temas de la asignatura, se enfrenta a los alumnos con problemas próximos a la realidad, con recurrencia a la búsqueda y selección de información, alternativas de solución y optimización de la misma.

Objetivo 4: Entrega (mediante informe por escrito) de actividad de Proyecto y Diseño o Trabajo de Aplicación/Investigación e informe de laboratorio. Defensa oral de las dos primeras actividades mencionadas con anterioridad. Asimismo, se pretende estimular a los alumnos durante el desarrollo de las clases, previendo una activa participación de los mismos con intervenciones orales recurrentes.

Objetivo 5. Actividad de Proyecto y Diseño: los alumnos deberán realizar el diseño operativo y de equipo/s, cálculo/análisis y selección de los mismos para resolver una problemática determinada. Desarrollo de un Trabajo de Aplicación/Investigación: los alumnos deberán analizar una situación operativa de un determinado equipo que les permita tomar decisiones y/o efectuar la búsqueda y selección de información a fin de enriquecer los conocimientos abordados durante el desarrollo de una determinada temática.

Estas actividades se llevarán a cabo en forma grupal con presentación escrita y defensa oral de las mismas.

### **Trabajos experimentales**

Se plantea llevar a cabo el siguiente laboratorio:

Extracción sólido-líquido. Objetivos: Reconocer el mecanismo de transferencia de masa en la operación de extracción sólido-líquido. Estudiar la cinética de extracción de aceite de una oleaginosa determinada. Estimar el coeficiente de difusión.

La formación inicial en los procesos de transferencia de masa (particularmente en extracción sólido-líquido) aportada por el

laboratorio planteado se complementará posteriormente durante la cursada de Laboratorio de Procesos (quinto año en Plan 2004), asignatura que permite a los alumnos llevar a cabo una formación experimental integral. Cabe señalar, que teniendo en cuenta la importancia de articulación de contenidos con otras asignaturas y en vista del cambio simultáneo de plan de estudios, se consideró en la cátedra y consensuó con los docentes de Laboratorio de Procesos que se incluya el laboratorio de transferencia simultánea de masa y calor (Secado) dentro de su planificación, proporcionando a los alumnos una formación experimental más integral en el tema.

Con el desarrollo del Plan de Estudios 2023 las actividades experimentales asociadas con los contenidos trabajados en Operaciones Unitarias III se llevarán a cabo dentro de la asignatura Laboratorio Integral II, propiciando la integración de contenidos y la toma de decisiones operativas por parte de los alumnos.

### **Trabajo/s de Proyecto-Diseño**

#### **Actividad de Proyecto y Diseño:**

Se plantea efectuar el cálculo y diseño operativo de un equipo de separación correspondiente a una operación que incluye transferencia de masa o transferencia simultánea de masa y calor, según el proceso seleccionado.

La actividad de proyecto y diseño es una de las instancias de evaluación de la asignatura. Esta actividad tiene un período de resolución de dos semanas. Los equipos de trabajo conformados deberán presentar un informe escrito el cual una vez aprobado está habilitado para pasar a una instancia de presentación y defensa oral del mismo frente a sus compañeros y a los docentes de la asignatura.

### **Recursos didácticos**

Las clases Teórico-Prácticas se desarrollarán empleando computadora, cañón, pizarras, pantallas LED, softwares específicos, Internet, libros, catálogos, publicaciones, apuntes de cátedra. Para exponer los conceptos teóricos fundamentales se utilizan presentaciones, incentivando a los alumnos al manejo de la bibliografía presentada, así como de otras fuentes de información (artículos, revistas electrónicas, sitios de internet). Asimismo, para facilitar las interacciones comunicacionales se hace uso de las TICs (aplicaciones Google), como también se hará uso de la plataforma Moodle.

Como complemento de los recursos básicos convencionales se emplean recursos educativos multimedia tales como videos.

### **Estrategia de evaluación de los alumnos**

#### **Regularización de la asignatura**

El sistema de evaluación debe ser coherente con los objetivos propuestos, los contenidos seleccionados y la metodología empleada. Se utilizará un recurso de evaluación combinada: evaluación escrita y evaluación oral.

La evaluación para el cursado de la asignatura se efectuará a través de los siguientes instrumentos:

- Resolución y entrega de manera periódica de problemáticas planteadas.
- Informe y defensa oral de la Actividad de Proyecto y Diseño o de la Actividad Aplicación/Investigación.
- Un parcial teórico-práctico, con su respectivo recuperatorio y una instancia de recuperatorio general. Para aprobar el examen parcial el alumno deberá obtener un mínimo de 60 puntos sobre un máximo de 100. Si el alumno no puede rendir alguno de los exámenes por causas justificadas deberá presentar a la cátedra la certificación correspondiente dentro de la semana siguiente a la fecha de evaluación.
- Informe del trabajo de laboratorio que se plantea.

La falta de cumplimiento (presentación y aprobación) de algunas de las instancias de evaluación a),

b) c) y d), luego de la etapa de recuperación, implicará la no cursada de la asignatura.

#### **Promoción de la asignatura**

La cátedra acepta el sistema de promoción sin examen final.

El alumno que apruebe cada una de las instancias de cursada mencionadas anteriormente, es decir, resolución y entrega de las problemáticas planteadas, el parcial teórico-práctico (en primera instancia o en recuperatorio), el informe de laboratorio, la actividad de Proyecto y Diseño o trabajo de Aplicación/Investigación (actividades grupales con nota individual), tendrá la opción a rendir una instancia oral integradora final. La calificación definitiva de la promoción sin examen final, surgirá de la ponderación de las instancias de evaluación citadas precedentemente.

#### **Examen Final**

La no presentación del alumno en la instancia integradora final o desaprobala la misma, implicará que el alumno deberá acreditar la actividad curricular en examen final regular.

**Estrategias de seguimiento del proceso de desarrollo de la asignatura**

Internamente se efectuará un seguimiento de la asignatura por parte de los integrantes de la cátedra, a fin de coordinar actividades, analizar el rendimiento de los alumnos, detectar y corregir dificultades, coordinar cronograma y valorar el grado cumplimiento del plan de trabajo propuesto; todo esto con el fin último de tender a la mejora continua.

**Cronograma**

Semana	Unidad Temática	Tema de la clase	Actividades
1	1-2	Unidad I: Introducción a los procesos de separación. Unidad II: Transferencia de masa entre fases.	Clases Teórico-Prácticas.
2	2-3	Unidad II: Transferencia de Masa entre fases. Unidad III: Procesos de separación por etapas I. Parte A. Aplicación a Absorción.	Clases Teórico-Prácticas.
3	4	Unidad IV: Procesos de separación por etapas II. Parte A. Aplicación a Extracción Líquido-líquido y Extracción sólido-líquido. Adsorción.	Clases Teórico-Prácticas.
4	4	Unidad IV: Procesos de separación por etapas II. Parte A. y Parte B. Equipos utilizados más corrientemente.	Clases Teórico-Prácticas – Laboratorio
5	3-4	Unidad III: Parte B: Equipos utilizados en transferencia gas-líquido. Unidad IV: Procesos de separación por etapas II. Parte C: Destilación.	Clases Teórico-Prácticas.
6	3-4	Unidades III y IV: Extracción - Destilación.	Actividad de Proyecto y Diseño (APyD) - Trabajo de Aplicación/Investigación. Consultas
7	3-4	Unidades III y IV: Extracción - Destilación.	Actividad de Proyecto y Diseño (APyD) - Trabajo de Aplicación/Investigación. Consultas
8	3-4-5	Unidades III y IV: Extracción - Destilación. Unidad V: Operaciones de contacto continuo. Parte A.	Defensa Proyecto y Diseño y de Trabajo de Aplicación/Investigación. Clases Teórico-Prácticas.
9	5	Unidad V: Operaciones de contacto continuo. Parte B.	Clases Teórico-Prácticas.
10	6	Unidad VI: Transferencia simultánea de calor y masa. Parte A.	Clases Teórico-Prácticas.
11	6	Unidad VI: Transferencia simultánea de calor y masa. Parte A y Parte B.	Clases Teórico-Prácticas.
12	7	Unidad VII: Separación de sistemas multicomponentes.	
13	5-6-7	Unidades V, VI y VII: Evaluación Parcial.	Consultas. Parcial teórico-práctico.
14	5-6-7	Unidades V, VI y VII: Recuperatorio de parcial teórico-práctico.	Consultas. Recuperatorio teórico-práctico.
15		Evaluación integradora/Recuperatorio General	Defensa oral/Evaluación escrita

**Recursos**

**Docentes de la asignatura**

Nombre y apellido	Función docente
de Figueiredo, Ana Karina	Desarrollo de Teoría, APyD.
Orifici, Laura Ivana	Desarrollo de práctica, APyD.

**Recursos materiales**

**Software, sitios interesantes de Internet**

- Se utilizan softwares específicos y comerciales como SIGMA PLOT 4.1, Simuladores: ASPEN HYSYS, DWSIM y otros.  
 - Páginas Web, Revistas.  
<https://encyclopedia.che.engin.umich.edu/>  
<https://www.chemengonline.com/category/separation-processes/>

**Principales equipos o instrumentos**

Computadoras personales de alumnos y docentes.

Para el desarrollo del laboratorio planteado se utilizarán los equipos existentes en la Planta Piloto del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos, tales como estufa de circulación forzada, agitador multipunto, baño con recirculación. Además, se cuenta con anemómetro para la medición de la velocidad de circulación del aire, termómetros (bulbo húmedo y seco), cronómetros, material de vidrio y balanza analítica.

**Espacio en el que se desarrollan las actividades**

Aula	Si	Laboratorio	Si	Gabinete de computación	Si	Campo	No
------	----	-------------	----	-------------------------	----	-------	----

Otros

**ADEMAS DEL DESARROLLO REGULAR, SE ADOPTA PARA LA ASIGNATURA :**

Cursada intensiva	No	Cursada cuatrimestre contrapuesto	No
Examen Libre	Si		

**Estrategia de evaluación de los alumnos para Examen Libre**

Para poder rendir la instancia oral integradora final, el alumno deberá tener el informe de laboratorio, la actividad de Proyecto y Diseño y/o trabajo de Aplicación/Investigación aprobados, acordando con el mismo los tiempos de entrega de cada uno de los instrumentos de evaluación correspondientes. Asimismo, deberá rendir y aprobar un examen parcial con contenidos de la asignatura.



## Programa Analítico Asignatura

### OPERACIONES UNITARIAS III

Código: Q 52.0



Departamento responsable	Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos	Área	Tecnologías aplicadas a las Operaciones Unitarias
Plan de estudios	Ingeniería Química 2004		

#### Programa Analítico de la Asignatura – Año 2023

Unidad I: Introducción a los procesos de separación.

Definición de procesos de separación. Operaciones de transferencia de masa y operaciones simultáneas de transferencia de calor y masa. Aplicaciones. Características, agente y factor de separación. Clasificación. Métodos de realización de las operaciones de transferencia de masa.

Unidad II: Transferencia de masa entre fases.

Coefficientes de transferencia de materia. Método para la determinación de coeficientes de transferencia de masa. Teoría de Lewis y Whitman. Coeficientes locales y globales de transferencia. Resistencias controlantes.

Unidad III: Procesos de separación por etapas I.

PARTE A: Aplicación a Absorción. Balances globales de materia. Línea de operación. Etapa simple de equilibrio (ideal o teórica). Proceso en contracorriente en estado estacionario. Comparación entre flujo paralelo y contracorriente. Condiciones límite de operación. Métodos de cálculo del número de etapas: método de cálculo etapa por etapa, método gráfico, métodos grupales.

Parte B: Equipos utilizados en transferencia gas-líquido. Torre de platos, Generalidades. Elementos constitutivos de una torre. Diseño de platos. Diámetro de la columna. Factores que determinan el rendimiento de una columna. Método general de diseño para platos con campanas, platos perforado, plato de válvulas.

Unidad IV: Procesos de separación por etapas II.

Parte A: Aplicación a Extracción líquido-líquido y Extracción sólido-líquido. Extracción en una etapa ideal, corrientes cruzadas y contracorriente multietapas. Condiciones límite de operación. Método de cálculo del número de etapas: método de cálculo etapa por etapa, métodos grupales. Adsorción: Extracción en múltiples etapas a corriente cruzada y contracorriente. Aplicación de la ecuación de Freundlich.

Parte B: Equipos utilizados más corrientemente en la Extracción líquido-líquido sólido-líquido y Adsorción.

PARTE C: Destilación. Cálculo del número de platos teóricos por el método de McCabe y Thiele. Ubicación del plato de alimentación. Condiciones límites de operación. Calentamiento con vapor vivo. Condensación total y parcial. Alimentaciones múltiples, extracciones laterales. Eficiencia de Murphree y global.

Unidad V: Operaciones de contacto continuo.

Parte A. Torres rellenas. Consideraciones generales. Tipos de materiales de relleno. Construcción de la envolvente. Platos colectores y distribuidores. Cargas de relleno en la torre. Características fluidodinámicas de funcionamiento, punto de carga e inundación. Determinación del diámetro de la torre. Cálculo de la pérdida de carga a lo largo de la torre. Comparación entre torre de platos y rellena.

Parte B. Cálculo de la altura de relleno. Número de unidades de transferencia: desarrollo analítico, soluciones gráficas, simplificaciones para soluciones diluidas. Altura de la unidad de transferencia para la fase líquida y gaseosa.

Unidad VI: Transferencia simultánea de calor y masa

Parte A: Operaciones de humidificación. Torres de enfriamiento de agua: funcionamiento, ecuaciones de diseño.

Parte B: Secado. Características generales de la operación. Curvas de equilibrio. Definición de diferentes humedades. Mecanismos de Secado. Curvas de velocidad de secado. Tiempo de secado. Secado continuo. Secado a alta y baja temperatura. Equipos para secado.

Unidad VII: Separación de sistemas multicomponentes.

Destilación. Comportamiento de la columna de destilación de multicomponentes. Especificación de variables. Componentes clave. Número mínimo de platos y reflujo total por Fenske. Cálculo del reflujo mínimo por Underwood. Verificación de claves por Shiras. Cálculo del número de etapas.

#### Bibliografía Básica

- \* Treybal R.E. "Operaciones con transferencia de masa". Editorial Mc Graw Hill. 1988.
- \* Foust A.S., Maus L., Clump C.W., Wenzel L.A. "Principios de Operaciones Unitarias". Editorial CECSA. 2001.
- \* Perry J.H., D.W., Green D.W., Maloney J.O. "Manual del ingeniero químico". Editorial Mc Graw Hill. 2001.
- \* Coulson J. M., Richardson J.R., Backhurst J.R. "Ingeniería química: flujo de fluidos, transmisión de calor y transferencia de materia". Editorial Reverté. 1979.
- \* Marcilla Gomis A. "Introducción a las Operaciones de Separación de Contacto continuo". Publicaciones Universidad de Alicante. 2002.
- \* Marcilla Gomis A. "Introducción a las Operaciones de Separación. Cálculo por etapas de equilibrio". Publicaciones Universidad de Alicante. 2003.
- \* Wankat P.C. "Ingeniería de procesos de separación". Editorial Pearson- Prentice Hall. 2008.
- \* Ocon García J., Tojo Barreiro G. "Problemas de Ingeniería Química". Editorial Aguilar. 1978.
- \* Mc Cabe W.L., Smith J.C., Harriott P. "Operaciones básicas de Ingeniería Química". Editorial Mc Graw-Hill. 2002.
- \* Couper, J.R., Walas S.M., Fair J.R., Penney W.R. "Chemical process equipment: selection and design." Editorial Elsevier 2005.
- \* GEANKOPLIS C. J. "Procesos de transporte y principios de procesos de separación (incluye operaciones unitarias). Editorial CECSA. 2006.
- \* Henley E.J., Seader J.D. "Operaciones de separación por etapas de equilibrio en Ingeniería Química". Reverté S.A. 2003.

### Bibliografía de Consulta

- \* KING J.C. "Procesos de separación". Editorial Reverté. 1980.
- \* Martínez de la Cuesta P.J., Martínez E.R. "Operaciones de Separación en Ingeniería Química. Métodos de Cálculo". Pearson-Prentice Hall. 2004.
- \* Chohey N.P. "Handbook of Chemical Engineering Calculations". Editorial Mc Graw-Hill. 1994.
- \* Smith R. "Chemical Process Design". Mc Graw Hill. 1995.
- \* Publicaciones Periódicas, Catálogos.

### Docente Responsable

Nombre y Apellido de Figueiredo, Ana Karina

Firma 

### Coordinador/es de Carrera

Carrera Ingeniería Química

Firma  Ing. Laura I. Orifici  
Coordinadora de Carrera  
Ingeniería Química  
DIQyTA - FIO - UNICEN

### Director de Departamento

Departamento Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos

Firma  Dra. Ing. Claudia C. Wagner  
Directora de Departamento de Ingeniería Química  
y Tecnología de los Alimentos  
Facultad de Ingeniería - UNCPBA

### Secretaria Académica

Firma  Ing. Isabel C. Riccobene  
SECRETARIA ACADÉMICA  
Facultad de Ingeniería - UNCPBA