



Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata



## **OPERACIONES UNITARIAS II**

**Ing. Qco. CARLOS F. ACEDO – Profesor Adjunto**

Avda 60 esq124 – Tel / Fax (0221) 421 – 7578 / 482 -4855





Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata

<b>CARRERA</b> Ingeniería Química	<b>ASIGNATURA</b> Operaciones Unitarias II <b>PROGRAMA SINTÉTICO</b>
DISEÑO CURRICULAR: 1995 ORDENANZA C.SUP` . Nº 768/94 DEPARTAMENTO Ingeniería Química APROBACIÓN C A RES Nº De la CURRICULA x ELECTIVA ANUAL 1er. CUATRIMESTRE  X 2do. CUATRIMESTRE NIVEL. Segundo..... TOTAL DE HORAS ..160..... HORAS.SEMANALES..10 (mínimo)	Operaciones con transferencia de masa fluido-fluido, fluido-sólido, con y sin transferencia de calor. Equipos y sistemas.
<b>OBSERVACIONES</b>	
La materia se dicta en forma anual, los días miércoles y viernes con una carga horaria semanal de 6 horas.	

**OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA**

Conocer, comprender, especificar y/o calcular equipos y sistemas de transferencia de masa sin reacción química, incluyendo los que requieren transferencia de calor.

**VIGENCIA: 1996**

## EQUIPO DOCENTE

**DIRECTOR DE CÁTEDRA:**

Ing. Carlos Fernando Acedo PROFESOR ADJUNTO Interino DS

**NÚMERO DE DIVISIONES:** 1 (una)

**PROFESOR A CARGO DE CADA DIVISIÓN:**

Ing. Carlos Fernando Acedo PROFESOR ADJUNTO Interino DS

**JEFE DE TRABAJOS PRACTICOS:** Ing<sup>o</sup> Juan José Fait, Interino DS

## ARTICULACIÓN CON OTRAS ASIGNATURAS

**ASIGNATURAS O CONOCIMIENTOS CON QUE SE VINCULA:**

TERMODINAMICA, FISICOQUIMICA, FENOMENOS DE TRANSPORTE  
BALANCES DE MASA Y ENERGIA

**CORRELATIVAS PARA CURSAR:**

**CURSADAS.** FISICOQUIMICA, FENOMENOS DE TRANSPORTE

**APROBADAS.** QUIMICA INORGANICA

**CORRELATIVAS PARA RENDIR EXAMEN FINAL:**

APROBADAS FISICOQUIMICA, FENOMENOS DE TRANSPORTE

## PROGRAMA ANALÍTICO BIBLIOGRAFÍA GENERAL

**OBLIGATORIA:**

OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA, ROBERT TREYBAL, MC GRAW-HILL, 2<sup>a</sup> EDICION

MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO, ROBERT PERRY, MC GRAW-HILL, 6<sup>a</sup> EDICION

OPERACIONES BASICAS DE INGENIERIA QUIMICA, MC CABE-SMITH

**COMPLEMENTARIA:**

ABSORPTION AND EXTRACTION, SHERWOOD AND PIGFORD, MC GRAW-HILL SERIES, 2<sup>nd</sup>. EDITION.

METODOS DE CALCULO EN LOS PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE MATERIA, SAWISTOWSKI Y SMITH, EDITORIAL ALHAMBRA

DISTILLATION DESIGN, HENRY KISTER, MC GRAW-HILL, 1992

DISTILLATION OPERATION, HENRY KISTER, MC GRAW-HILL, 1990

ELEMENTS OF FRACTIONAL DISTILLATION. Robinson, C.S. & Gilliland, E.R. Mc Graw-Hill (1950)

DISTILLATION. Principles and Design Procedures. Hengstebeck, R.J. Reinhold Publishing Co. (1961)

DISTILLATION. Van Winkle, Matthew. Mc Graw-Hill (1967)

DISTILLATION ENGINEERING. Billet, R. Chemical Publishing Co. (1979)

DESIGN OF EQUILIBRIUM STAGE PROCESSES. Smith, Bufford. Mc Graw-Hill (1963)

PROCESOS DE SEPARACION. King, C.J. Reverté (1980)

APPLIED PROCESS DESIGN FOR CHEMICAL AND PETROCHEMICAL PLANTS. Ludwig, E. Gulf Publishing Co. (1997). Volumen II. Distillation. Packed Towers.

**PUBLICACIONES PERIODICAS:**

CHEMICAL ENGINEERING PROGRESS

HYDROCARBON PROCESSING

CHEMICAL ENGINEERING

## DESARROLLO

UNIDAD TEMÁTICA 1: Objeto y Fundamentos

CONTENIDOS:

Finalidad de las operaciones con transferencia de materia. Clasificación. Agrupamiento de las operaciones según el mecanismo de cálculo desarrollado para las mismas. Consideraciones generales sobre los pasos a desarrollar en el diseño de los equipos. Importancia de las operaciones con transferencia de materia dentro de la Ingeniería Química.

TIEMPO ASIGNADO: 6 horas

OBJETIVOS DE LA UT:

Clasificación de los Procesos de Separación.

Adquirir el conocimiento general de las operaciones unitarias con transferencia de masa.

Agentes de separación en los procesos de separación basados en el equilibrio.

## MATERIALES CURRICULARES

### Guía teórica

#### UNIDAD TEMÁTICA 2: Absorción

##### CONTENIDOS:

Consideraciones generales. Torres con materiales de relleno. Tipos de materiales de relleno, propiedades que deben cumplir. Construcción de la envolvente. Platos colectores y distribuidores. Carga de relleno en las torres. Características fluidodinámicas del funcionamiento. Punto de carga. Punto de inundación. Determinación del diámetro de una torre. Cálculo de la pérdida de carga a lo largo de la torre. Determinación de la altura de la torre por mecanismos cinético difusionales. Coeficientes volumétricos de transferencia de masa. Determinación de la altura de una unidad de transferencia. Determinación del número de unidades de transferencia necesarias. Determinación de la altura de la torre por medio de las etapas de equilibrio. Determinación del número de etapas de equilibrio. Determinación del valor de la altura equivalente a una etapa teórica. Consideraciones generales para el diseño de torres con materiales de relleno. Diseño de torres con funcionamiento no isotérmico. Diseño de torres con absorción química. Cálculo de equipos por computadora.

TIEMPO ASIGNADO: 42 horas

##### OBJETIVOS DE LA UT:

Adquirir los conocimientos necesarios para poder calcular la altura y el diámetro de una columna absorbidora de gases en un líquido solvente. El objeto es separar selectivamente uno o varios componentes de una mezcla gaseosa usando como agente de separación, un solvente líquido, hasta alcanzar el valor de concentración de diseño.

## MATERIALES CURRICULARES

### Guía teórica

Bibliografía específica del tema

Problemas de aplicación

#### UNIDAD TEMÁTICA 3: Destilación

##### CONTENIDOS:

Definiciones. Clasificación según las operatividades. Destilación de equilibrio abierta (destilación diferencial). Balance diferencial de materia, cálculo de la composición del residuo y del destilado según el comportamiento de los constituyentes en la mezcla. Destilación de equilibrio cerrada (flash). Determinación del residuo y del destilado de acuerdo al balance de materia y las relaciones de equilibrio. Cálculo para una mezcla binaria y una de multicomponentes. Balances de energía y determinación de la temperatura y la presión a alcanzar antes de la reducción de la presión. Diseño de la cámara de separación líquido-vapor. Destilación por arrastre. Distintos métodos. Diseño del equipo.

TIEMPO ASIGNADO: 12 horas

#### OBJETIVOS DE LA UT:

Conocimiento general de la destilación como proceso de separación. Conocer la clasificación entre los tipos de destilación según sus características operativas.

#### MATERIALES CURRICULARES

Guía teórica

Bibliografía específica del tema

Problemas de aplicación

#### UNIDAD TEMÁTICA 4: Destilación Fraccionada

##### CONTENIDOS:

Fundamentos. Equipos utilizados. Torres de destilación de platos. Torres rellenas. Separación de una mezcla binaria. Balances de masa y energía. Relación de reflujo. Reflujo mínimo. Reflujo óptimo. Cálculo del número de etapas de contacto. Métodos algebraicos (plato a plato). Métodos gráficos. Método de Ponchon-Savarit. Método de McCabe-Thiele. Eficiencia puntual y promedio. Separación de mezclas de multicomponentes. Consideraciones físico-químicas de equilibrio. Balance de masa. Determinación del número de etapas de contacto para producir la separación. Componentes claves. Claves efectivas. Número mínimo de etapas a reflujo total. Cálculo plato a plato. Ecuación de Fenske. Relación mínima de reflujo, métodos de cálculo. Reflujo óptimo. Número de etapas teóricas. Métodos de Erbar y Maddox, Gilliland, etc. Ubicación del plato de alimentación. Destilación fraccionada extractiva. Componente solvente. Determinación del número de etapas de contacto. Ejemplo explicativo. Destilación fraccionada azeotrópica. Determinación del número de etapas de contacto. Cálculos por computadora.

TIEMPO ASIGNADO: 54 horas

#### OBJETIVOS DE LA UT:

Calcular el número de etapas de contacto para separar componentes de una mezcla binaria o de multicomponentes, por medio de columnas de platos, mediante el uso de métodos gráficos y analíticos. Análisis de métodos computacionales de cálculo.

#### MATERIALES CURRICULARES

Guía teórica

Bibliografía específica del tema

Problemas de aplicación para resolución gráfica y analítica. Manual y computacional.

#### UNIDAD TEMÁTICA 5: Diseño hidráulico de una torre de destilación.

##### CONTENIDOS:

Determinación del diámetro. Ecuación de Brown. Diseño de un plato perforado. Diseño de un plato con campana de burbujeo. Diseño del conducto de salida por la cúspide de la torre. Diseño del conducto de bajada de plato a plato. Eficiencia global de acuerdo a las relaciones de equilibrio y factores de diseño. Número de etapas reales de contacto. Diseño mecánico de una torre con el uso de computadora.

TIEMPO ASIGNADO: 18 horas

OBJETIVOS DE LA UT:

Calcular el diámetro de una columna de destilación de platos. Diseñar el dispositivo de contacto a partir del balance hidráulico en el plato. Cálculo de la altura de la columna.

MATERIALES CURRICULARES

Guía teórica

Problemas de aplicación para resolución manual y mediante el uso de programas de cálculo por computadora.

UNIDAD TEMÁTICA 6: Extracción líquido-líquido

CONTENIDOS:

Definiciones generales. Selección de solvente. Diagramas de equilibrio triangulares. Solución del balance de materia sobre dichos diagramas. Determinaciones algebraicas y gráficas del número de etapas de contacto. Definición del equilibrio en una etapa ideal. Cálculo de una unidad de transferencia. Determinación del número de unidades de transferencia. Equipos para la extracción líquido-líquido. Características. Diseño de los equipos. Extracción líquido-líquido con reflujo.

TIEMPO ASIGNADO: 24 horas

OBJETIVOS DE LA UT:

Determinar el número de etapas teóricas para separar una mezcla mediante el uso de una corriente de masa (solvente) como agente de separación, usando métodos gráficos (diagramas triangulares) y analíticos.

MATERIALES CURRICULARES

Guía teórica

Problemas de aplicación

UNIDAD TEMÁTICA 7: Extracción líquido-sólido

CONTENIDOS:

Definiciones generales. Sistemas de extracción. Cálculo del número de etapas de contacto. Equipos utilizados.

TIEMPO ASIGNADO: 6 horas

OBJETIVOS DE LA UT:

Adquirir las capacidades para dimensionar equipos de extracción de principios activos de un sólido mediante el uso de solventes líquidos.

MATERIALES CURRICULARES

Bibliografía específica del tema

Problemas de aplicación

## UNIDAD TEMÁTICA 8: Humidificación

### CONTENIDOS:

Consideraciones generales. Definiciones psicrométricas. Humedad absoluta. Humedad relativa. Su relación con la presión y la temperatura. Volumen húmedo. Saturación adiabática. Condiciones de equilibrio de bulbo húmedo. Diagrama psicrométrico. Cálculo para las operaciones de humidificación y deshumidificación. Desarrollo de la ecuación de diseño. Integración de la ecuación de diseño. Coeficientes globales. Determinación de la temperatura en la fase gaseosa completa. Determinación de coeficientes en el equipo de operación. Humidificación: aplicaciones industriales y equipos.

TIEMPO ASIGNADO: 6 horas

### OBJETIVOS DE LA UT:

Conocer los fundamentos de la operación, el manejo del diagrama psicrométrico, la determinación de datos de equilibrio y su aplicación al diseño de equipos.

### MATERIALES CURRICULARES

Bibliografía específica del tema  
Problemas de aplicación

## UNIDAD TEMÁTICA 9: Secado

### CONTENIDOS:

Consideraciones generales. Comportamiento de la operación de secado. Clasificación de los materiales de acuerdo con su comportamiento durante el secado. Mecanismos de difusión. Mecanismos capilares. Cálculo del tiempo de secado. Contenido de humedad crítica. Velocidad de secado. Contenido de humedad de equilibrio. Aplicaciones al diseño de equipos de secado. Secaderos de bandeja y túnel. Turbosecaderos. Secaderos rotativos. Desarrollo de las ecuaciones de diseño por el mecanismo de transporte.

TIEMPO ASIGNADO: 6 horas

### OBJETIVOS DE LA UT:

Conocer los fundamentos de la operación. Determinar los parámetros esenciales para el diseño y selección de equipos.

### MATERIALES CURRICULARES

Bibliografía específica del tema  
Problemas de aplicación

## UNIDAD TEMÁTICA 10: Cristalización

### CONTENIDOS:

Diagramas de equilibrio en sistemas binarios y ternarios. Sistemas sin hidratos, con hidratos, con y sin eutécticos. Relaciones másicas entre cristales y solución. Separación de cristales por concentración y enfriamiento. Purificación y ciclos de recristalización. Equipos para cristalización. Equipos por enfriamiento de la solución por evaporación. Cristalizadores al vacío. Diseño de los equipos. Selección de equipos.

TIEMPO ASIGNADO: 6 horas

OBJETIVOS DE LA UT:

Conocer los fundamentos de la operación. Determinar los parámetros esenciales para el diseño y selección de equipos.

MATERIALES CURRICULARES

Bibliografía específica del tema

Problemas de aplicación

## PLANIFICACIÓN DE CÁTEDRA

### CRONOGRAMA

UNIDAD Y / O TEMA	ACTIVIDADES	TIEMPO semanas
Ut 1 Clase Inaugural Ut 1 Procesos de separación	Presentación general Clase teórica	1
Ut 2 Absorción	Clases teóricas	5
Ut 2 Absorción	Problemas de aplicación	2
Primer parcial	Clase evaluatoria	1
Ut 3 Destilación	Clases teóricas	2
Ut 4 Destilación Fraccionada	Clases teóricas	7
Ut 4 Destilación Fraccionada	Problemas de aplicación	2
Ut 5 Diseño hidráulico	Clases teóricas	2
Ut 5 Diseño hidráulico	Problemas de aplicación	1
Ut 6 Extracción Líquido-líquido	Clases teóricas	3
Ut 6 Extracción Líquido-líquido	Problemas de aplicación	1
Ut 7 Extracción Líquido-sólido	Seminario teórico-práctico	1
Ut 8 Humidificación	Seminario teórico-práctico	1
Ut 9 Secado	Seminario teórico-práctico	1
Ut 10 Cristalización	Seminario teórico-práctico	1
Segundo parcial	Clase evaluatoria	1
	<b>Total Semanas</b>	<b>32</b>

## PLANIFICACIÓN DE CÁTEDRA

### METODOLOGÍA DIDÁCTICA

La metodología didáctica empleada por la cátedra se basa:

**Clases teóricas:** Desarrollo de los temas teóricos

**Trabajos Prácticos:** Resolución de problemas de aplicación. Se divide en dos fases, resolución de ejemplos por parte de los docentes de la Cátedra como parte de la afirmación de la teoría y otra de resolución a cargo de los alumnos como ejercitación.

**Seminarios:** Se distribuyen temas del programa para que los alumnos, en forma grupal, realicen la búsqueda bibliográfica, la preparación de la monografía y la exposición en clases especiales.

**Clases de consulta:** Se llevan a cabo previo a las evaluaciones periódicas.

### EVALUACIÓN

Las modalidades de evaluación son:

**Evaluaciones Parciales:** Son dos evaluaciones anuales mediante pruebas escritas.

**Evaluación de los Seminarios:** Se realiza a partir de la evaluación de las presentaciones orales y escritas de los temas asignados.

**Aprobación de trabajos prácticos:** Cumplimentando la presentación de carpetas de problemas y monografías de seminarios.

**Aprobación de la asignatura:** La materia se aprueba mediante examen final

### RECURSOS AUXILIARES NECESARIOS

Tiza y pizarrón

Retroyector

Transparencias

Ilustraciones y gráficos

**Software de aplicación:**

Design II for Windows v. 3.x

SuperPro Designer v. 3.x

**Programas de Cálculo y Diseño de Equipos:**

Norton Packed Tower Design Program (Norton Co.)

Electronic Design Manual (Nutter Engineering Co.)

PETS (Process Engineering ToolS) v. 2.0 (Stratus Engineering, Inc.)

Packed Column Calculator v. 1.1 (Katmar Software)

Rapsody v. 1.06 (Design Program for Packed Towers – RAUSCHERT GmbH & Co.)

Tower Pricing and Sizing (Cristopher Haslego – Dev.)

McCabe-DOS

Packed (Excel)

QMC Program Suite v. 6.4.27 (data mining, simulation, control, SPC & design methods)

**Aplicaciones de MathCad 2000 Professional para resolución de mezclas por destilación usando el método de McCabe – Thiele (binarias) y el short-cut FUG (multicomponentes), preflash en columnas de destilación y cálculo hidráulico de platos perforados.**

**Aplicaciones en HP 48 GX para el cálculo de columnas de absorción, destilación de mezclas de multicomponentes (short-cut) y short – cut para cálculo hidráulico de platos de válvulas (método de Kister & Haas).**