



POSADAS, 23 FEB 2016

**VISTO:** el expediente CUDAP: FCEQYN\_EXP-S01:0002231/2014 cuya carátula dice: "Causante: Departamento de Ingeniería Química. Título: Programa de Operaciones de Transferencia de Masa y Energía – Carrera IQ."; y

**CONSIDERANDO:**

**QUE** Directora del Departamento Ingeniería Química eleva el Programa de la asignatura Operaciones de Transferencia de Masa y Energía el cual ha sido aprobado por el Consejo Departamental. (Fojas 1 a 6)

**QUE** la Secretaría Académica tiene intervención en le trámite. (Fojas 7)

**QUE** la Comisión de Asuntos Académicos mediante el Despacho N° 188/15 expresa: "Se sugiere aprobar el Programa Operaciones de Transferencia de Masa y Energía de la carrera de IQ, del mismo Departamento, a cargo del Prof. Rodolfo Guillermo Kanzig." (Foja 6)

**QUE** puesto a consideración en la VIII Sesión Ordinaria de Consejo Directivo, realizada el 23 de noviembre de 2015, se aprueba sin objeciones.

**POR ELLO:**

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, QUÍMICAS Y NATURALES  
RESUELVE:**

**ARTÍCULO 1º: APROBAR** para el período 2014/2017 el Programa de la asignatura **OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA Y ENERGÍA** correspondiente a la carrera Ingeniería Química, el que se incorpora como Anexo I de la presente resolución.

**ARTÍCULO 2º: REGISTRAR.** Notificar al Señor Decano. Comunicar. Cumplido. **ARCHIVAR.**

**RESOLUCION CD N°** 011-16

smc/MLE

Lic. Mirtha Ramona GANDUGLIA  
Secretaria Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales

Dr. José Luis HERRERA  
Presidente Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales





ANEXO I RESOLUCIÓN CD N° 011-16

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, QUÍMICAS Y NATURALES

PROGRAMA DE: OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA Y ENERGÍA

2014-2017

CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA

AÑO EN QUE SE DICTA :5to

PLAN DE ESTUDIO (año de aprobación) 2003 CARGA HORARIA: 80 horas

PORCENTAJE FORMACION TEÓRICA 33% PORCENTAJE FORMACIÓN PRACTICA 67%

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA QUÍMICA

PROFESOR TITULAR/Responsable de la Asignatura: RODOLFO GUILLERMO KÄNZIG

CARGO Y DEDICACIÓN: PROFESOR TITULAR- DEDICACIÓN SEMI-EXCLUSIVA

EQUIPO DE CÁTEDRA	CARGO Y DEDICACIÓN
1) RODOLFO GUILLERMO KÄNZIG	PROFESOR TITULAR- DEDICACIÓN SEMI-EXCLUSIVA
2) MIGUEL EDUARDO SCHMALKO R.	PROFESOR TITULAR- DEDICACIÓN EXCLUSIVA (Siempre)
3)	
4)	
5)	

RÉGIMEN DE DICTADO	RÉGIMEN DE EVALUACIÓN
Anual	Cuatrimestre 1º
Cuatrimestral	Cuatrimestre 2º

Atención: Marcar según corresponda con una "x"

OTRAS CARRERAS EN LAS QUE SE DICTA LA MISMA ASIGNATURA

Denominación Curricular	Carreras en que se dicta	Año del Plan de Estudios
1º		

CRONOGRAMA	Semana 1-6: tema 1 Semanas 7-8: tema 2 Semanas 9-11: tema 3 Semanas 12-14: tema 4	Laboratorio 1 Laboratorio 2
------------	--	--------------------------------

Lic. MIRTHA RAMONA GANDOLFO  
Secretaria del Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales - UNaM

Dr. JOSÉ LUIS HERRERA  
PRESIDENTE CONSEJO DIRECTIVO  
Facultad de Ciencias Exactas  
Químicas y Naturales  
UNaM



ANEXO I RESOLUCIÓN CD Nº

011-16-

FUNDAMENTACIÓN	<p>La materia pertenece al último año de la Carrera de Ingeniería Química.</p> <p>En la misma se suministran las particularidades para el diseño de equipos que se utilizan en los procesos industriales en los que la transferencia de masa y/o calor controla el mismo. Además el alumno a esta altura de la carrera ya posee los conocimientos de movimiento, necesarios para el diseño de algunos equipos. Al finalizar el dictado, el alumno deberá estar en condiciones de diseñar los equipos industriales</p>
OBJETIVOS	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Describir y explicar los fenómenos que involucran transferencia simultánea de materia y energía.</li><li>2. Aplicar las técnicas de formulación de problemas concretos de transferencia de materia, y energía identificando hipótesis, identificaciones y aproximaciones.</li><li>3. Recabar información en la bibliografía especializada para desarrollar criterios de selección de equipamiento</li><li>4. Analizar e interpretar los resultados obtenidos en la resolución de sus problemas o experiencias de laboratorio</li><li>5. Aplicar las técnicas computacionales en el diseño de los equipos.</li></ol>
CONTENIDOS MINIMOS	Transferencia de masa y energía: Ecuaciones fundamentales. Diseño de equipos utilizados en las operaciones de transferencia de masa y energía. Destilación. Humidificación y secado.
MODULOS	<p><u>MODULO 1:</u></p> <p>Tema 1: Equilibrio líquido-vapor Tema 2: Destilación de dos componentes Tema 3: Destilación de multicomponentes Tema 4: Diseño de equipos</p> <p><u>Modulo 2:</u></p> <p>Tema 5: Humidificación Tema 6: Secado</p>

Lic. MIRTHA RAMONA GANDUGLIA  
Secretaria del Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales - UNaM

DR. JOSÉ LUIS HERRERA  
PRESIDENTE CONSEJO DIRECTIVO  
Facultad de Ciencias Exactas  
Químicas y Naturales  
UNaM



ANEXO I RESOLUCIÓN CD Nº 011-16

CONTENIDOS  
POR UNIDAD

Tema 1: Equilibrio líquido-vapor Generalidades. Presión de Vapor. Coeficiente de Distribución. Modelos Simples: Leyes de Dalton, Raoult y Henry. Volatilidad relativa. Modelos complejos. Energía de Gibbs. Potencial Químico. Fugacidades. Energía Residual de Gibbs y coeficiente de fugacidad. Energía de Exceso de Gibbs y coeficiente de actividad. Formulaciones del ELV a partir de Ecuaciones Cúbicas de Estado y del modelo Gamma/Phi. Determinaciones del Coeficiente de actividad según distintos modelos.

Tema 2: Destilación de dos componentes. Generalidades. Destilaciones: Diferencial, de Equilibrio y por Arrastre con vapor. Rectificación de sistemas binarios. Determinación del número de etapas por métodos analíticos y gráficos. Reflujos. Su importancia. Plato de alimentación. Condensador parcial. Columnas desorbedoras. Alimentaciones múltiples y Extracciones. Destilación en columnas rellenas.

Tema 3: Destilación de mezclas multicomponentes. Cantidad de columnas. Alternativas. Balance de Masa. Lógica interna. Componentes Claves. Recuperaciones. Problemas de Diseño y Problemas de Simulación. Ecuación de Fenske. Mínima relación de Reflujo. Gráfico de Gilliland. Método FUG: aplicaciones y complementos. Ecuaciones MESH. Resolución por matrices. Aplicación de programas de Simulación de Procesos, en especial ChemCad 6.2. Destilación azeotrópica, Destilación Extractiva. Destilación Reactiva. Ejemplos.

Tema 4: Diseño de equipos. Presión de Trabajo. Tipos de Platos. Cálculo del diámetro de la columna. Gradienes de presión. Eficiencias. Comportamiento dinámico. Accesorios. Cálculo con modelo de no-equilibrio.

Tema 5 Humidificación. Equilibrio líquido-vapor y entalpía para sustancias puras. Mezclas saturadas y no saturadas de vapor con gas. Humedad. Definiciones. Sistema aire-agua. Temperatura de bulbo húmedo. Diagrama psicrométrico. Relaciones fundamentales y métodos generales de los equipos usados en humidificación, deshumidificación, enfriamiento de gases y líquidos.

Tema 6 Secado. Definiciones. Propiedades de los productos que deben secarse: equilibrio. Isotermas de sorción. Modelos. Movimiento de humedad dentro del sólido. Contracción. Cinética de secado: Pruebas de secado. Periodos de secado. Cálculo del tiempo de secado, correlación de los datos de secado. Secado discontinuo. Cálculo del tiempo. Influencia de las variables. Flujo cruzado. Secado continuo. Balances de masa y energía. Cálculo de la longitud y/o altura. Control de transferencia de calor y masa. Equipos. Tipos de equipos, descripción, usos y aplicaciones de Secaderos rotatorios, cinta, túnel, tambor, solar, instantáneo, spray, liofilizado.

Lic. MIRTHA RAMONA GANDUGLIA  
Secretaria del Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales - UNaM

Dr. JOSÉ LUIS HERRERA  
PRESIDENTE CONSEJO DIRECTIVO  
Facultad de Ciencias Exactas  
Químicas y Naturales  
UNaM



ANEXO I RESOLUCIÓN CD N° 011-16

ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE	<p>Los fundamentos teóricos y la metodología del cálculo, de los diferentes procesos se desarrollarán y discutirán en las clases teóricas. Para fijar estos conocimientos se realizaran problemas de aplicación en cada uno de los puntos en una segunda parte de la clase. En la misma se desarrollará un problema como ejemplo y los alumnos resolverán otros sugeridos por el Profesor. También se sugerirán otros problemas del tema.</p> <p>También, con los equipos disponibles en planta piloto se llevarán a cabo clase prácticas y de aplicación de la computadora en la resolución de problemas.</p>
SISTEMA DE EVALUACION (7)	<p>Los conceptos teóricos dados en las clases, se evaluarán por medio de la resolución de problemas que se realizarán en la misma. También se realizarán preguntas de estos problemas.</p> <p>En las prácticas de laboratorio el alumno podrá aplicar los conceptos dados en las clases teóricas y de resolución de problemas. El alumno deberá presentar un informe grupal sobre estos prácticos.</p> <p>Además se realizarán prácticas en el laboratorio de informática, donde el alumno resolverá los problemas más complejos de la asignatura, utilizando software de diseño de equipos. Al finalizar la resolución de un problema, se realizará una discusión de la metodología empleada por cada alumno.</p> <p>La evaluación de la asignatura se realizará en un examen final que constará de dos partes:</p> <p>*Parte práctica: se aprobará con la resolución de dos problemas.</p> <p>*Parte teórica: El alumno deberá contestar diferentes preguntas sobre los diferentes temas del programa de la asignatura.</p> <p>Los alumnos podrán aprobar la parte teórica y práctica promocionando durante el dictado de los diferentes módulos de la asignatura. Dicha promoción se logra mediante la aprobación de dos exámenes parciales que corresponden a cada módulo del programa. Cada examen parcial tendrá su recuperatorio correspondiente. En cada parcial, el alumno deberá resolver dos problemas y contestar cinco preguntas teóricas.</p>

cic. MIRTHA RAMONA GANDUGLIA  
Secretaria del Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales - UNaM

Dr. JOSÉ LUIS HERRERA  
PRESIDENTE CONSEJO DIRECTIVO  
Facultad de Ciencias Exactas  
Químicas y Naturales  
U Na M



ANEXO I RESOLUCIÓN CD Nº 011-16

REGLAMENTO  
DE CÁTEDRA (8)

Para que el alumno sea **regular** en la materia deberá cumplir con los siguientes requisitos: 1) deberá asistir a un 80% de las clases teórico-prácticas y prácticas 2) deberá presentar los informes de los trabajos prácticos realizados en planta piloto. Se tendrán dos clases semanales de 3 horas de duración, cada una de ellas. El alumno quedará **libre**, si no cumple con los requisitos antes mencionados.

Para aprobar la asignatura, el alumno tendrá dos opciones:

**Régimen de parciales:** Se establece un régimen de parciales para la aprobación de la materia, los que se llevarán a cabo durante el cursado de la misma. Cada parcial contendrá ejercicios de aplicación práctica y preguntas teóricas. Se tendrán dos parciales en el año, que corresponden a cada uno de los módulos. Cada examen parcial tendrá su recuperatorio correspondiente. El alumno deberá obtener un mínimo de 60 puntos para la aprobación.

**Examen final:** Los alumnos que no aprueben los parciales, tendrán que aprobar un examen final, que constará de dos partes:

\*Parte práctica: se aprobará con la resolución de dos problemas.

\*Parte teórica: El alumno deberá contestar diferentes preguntas sobre los diferentes temas del programa de la asignatura

Lic. MIRTHA RAMONA GANDULCHA  
Secretaria del Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales - UNaM

Dr. JOSÉ LUIS HERRERA  
PRESIDENTE CONSEJO DIRECTIVO  
Facultad de Ciencias Exactas  
Químicas y Naturales  
U Na M



ANEXO I RESOLUCIÓN CD Nº 011-16

BIBLIOGRAFIA OBLIGATORIA (9)	<ol style="list-style-type: none"><li>1. TREYBAL, R.E. 1981. Operaciones de Transferencia de Masa. 2da. Edición Mc. Graw Hill.</li><li>2. PERRY; R.H. and GREEN, D. 2008. Chemical Engineer's Handbook. Green y Perry – 8 th. Edition. Mc-Graw Hill company. –</li><li>3. PERRY; R.H. and GREEN, D. 1997. Perry's Chemical Engineer's Handbook. Seventh Edition. Mc-Graw Hill company.</li><li>4. OCON GARCIA, Joaquín y TOJO BARREIRO, Gabriel. 1967. Problemas de Ingeniería Química. Edición Aguilar.</li><li>5. Albright's. CRC Press. 2009. Chemical Engineering Handbook.</li><li>6. POLING ,B. E.; PRAUSNITZ, J.M.; O'CONNELL, J.P. 2004. The Properties of Gases and Liquids.– Fifth Edition – Mc. Graw Hill –</li><li>7. FINLAYSON, B. A. 2006. Introduction to Chemical Engineering Computing. – Wiley Interscience.</li><li>8. PLAZA y VALDÉS Editores. – 2000. Simulación de Procesos en Ingeniería Química. Plaza y Valdés Editores. Méjico</li><li>9. SCENNA, N. J. y 13 especialistas. 2010. Modelado, Simulación y Optimización de Procesos Químicos. Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Rosario-CONICET: Ingar.</li><li>10. LUYBEN, W. L. 2006. Distillation Design and Control using Aspen Simulation. Wiley Interscience.</li><li>12. Programas de Simulación de Procesos: ChemCad, Aspen Plus, Pro II, Unysim, HYSYS, etc. en sus muchas versiones. Manuales del Usuario y Tutorials.</li><li>13. HINES, Antony L. Y MADDOX, Robert. 1987. Transferencia de masa. Fundamentos y Aplicaciones. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.</li><li>14. GEANKOPLIS, Christie J. 1982. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. CECSA. México.</li><li>15. MC CABE, W.L.; SMITH, J.C. y HARRIOT, P. 2007. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química- 7ª Ed.. Mc Graw Hill.</li><li>16. MUJUNDAR, A. S. 2007. Handbook of Industrial Drying. 3<sup>rd</sup>. Edition. CRC Press.</li><li>17. COOK, M.E. y DUMONT, H.D. 1995. Process Drying Practice. Mc-Graw Hill.</li><li>18. Chemical Enginnering. Revista de Mc-Graw Hill. 1980-2001.</li></ol>
---------------------------------	--

Lic. MIRTHA RAMONA GANDUGLIA  
Secretaria del Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales - UNAM

Dr. JOSE LUIS HERRERA  
PRESIDENTE CONSEJO DIRECTIVO  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales  
UNAM



ANEXO I RESOLUCIÓN CD Nº 011-16.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA	<ol style="list-style-type: none"><li>1. CHEREMISINOFF, N.P. 2000. Handbook of Processing Equipment . Editio Butherworth-Heinemann.</li><li>2. DRYING TECHNOLOGY- An International Journal. Marcell Decker Inc. 1996-2010.</li><li>3. VAN WINKLEY, Charles. 1967. Distillation. Mc-Graw Hill.</li><li>4. VANT LAND, C.M. 1995. Industrial Drying Eqipment: Selection and Application.</li><li>5. KISTER, H.Z. 1992. Distillation: Design. Mc Graw Hill.</li><li>6. KISTER, H.Z. 1990. Distillation: Operation. Mc Graw Hill.</li><li>7. LIEBERMAN, N.P. 1983. Process Design for Reliable Operations. Gulf Publishing Company.</li><li>8. FERNÁNDEZ, J.I. y ALVAREZ NOVES, H. 1998. Manual de Secado de Maderas. Centro de Investigación Forestal (CIFOR-INIA). España.</li></ol>
-----------------------------	---

Lic. MIRTHA RAMONA GANDOGGLIA  
Secretaria del Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales - UNaM

✓  
Dr. JOSÉ LUIS HERRERA  
PRESIDENTE CONSEJO DIRECTIVO  
Facultad de Ciencias Exactas  
Químicas y Naturales  
UNaM



ANEXO I RESOLUCIÓN CD N°

011-16

----- VISTO, el programa presentado por el/la Profesor/a .....

de la Asignatura: .....

correspondiente a la Carrera: .....

y habiendo evaluado los siguientes ítems:

ítem considerado	observaciones
Plan de estudio, año que se dicta, porcentaje de práctica y teoría	
Equipo de cátedra	
Fundamentación	
Objetivos	
Contenidos mínimos y por unidad	
Estrategias de aprendizaje	
Sistema de evaluación	
Reglamento de cátedra	
Bibliografía	

Reglamentación de consulta, para evaluación de cada ítem: Reglamento de Enseñanza, Resolución de aprobación del plan de estudios vigente, Criterios de acreditación de la CONEAU

Este Consejo Departamental APRUEBA el presente Programa, que consta de .....

Fojas, a los ..... días del mes de ..... de .....

Por el CONSEJO DEPARTAMENTAL(\*)

Firma y Aclaración

(\*) tres firmas del Consejo Departamental.

Lic. MIRTA RAMONA ANDUGLIA  
Secretaria del Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas,  
Químicas y Naturales - UNaM

Dr. JOSÉ LUIS HERRERA  
PRESIDENTE CONSEJO DIRECTIVO  
Facultad de Ciencias Exactas  
Químicas y Naturales  
UNaM



ANEXO I RESOLUCIÓN CD Nº 011-16

----- VISTO. el programa presentado por el profesor RODOLFO GUILLERMO KÄNZIG de la Asignatura: OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA Y ENERGÍA correspondiente a la Carrera: INGENIERÍA QUÍMICA y habiendo evaluado los siguientes ítems:

Item considerado	observaciones
Plan de estudio, año que se dicta, porcentaje de práctica y teoría	Sin observaciones
Equipo de cátedra	Sin observaciones
Fundamentación	Sin observaciones
Objetivos	Sin observaciones
Contenidos mínimos y por unidad	Sin observaciones
Estrategias de aprendizaje	Sin observaciones
Sistema de evaluación	Sin observaciones
Reglamento de cátedra	Sin observaciones
Bibliografía	Sin observaciones

Reglamentación de consulta, para evaluación de cada ítem: Reglamento de Enseñanza, Resolución de aprobación del PLAN DE ESTUDIOS vigente, Criterios de acreditación de la CONEAU

Este Consejo Departamental APRUEBA el presente Programa, que consta de 7 fojas, a los 13 días del mes de junio de 2014

Por el CONSEJO DEPARTAMENTAL

Dr. JOSE LUIS HERRERA  
Ingeniero Químico

Dra. ALICIA ESTHER ARTÍS  
PROF. TIT. CIENCIA DE MATERIALES  
INSTITUTO DE MATERIALES DE MISIONES

MIGUEL SCHMALKO  
INGENIERO QUÍMICO  
VICE DIRECTOR  
Dpto. INGENIERIA QUÍMICA

ADRIANA E. BRIGNARDELLO  
INGENIERO QUÍMICO  
DIRECTORA  
Dpto. INGENIERIA QUÍMICA

----- CERTIFICO, la aprobación del presente Programa, otorgado por el Consejo Departamental que corresponde al Período \_\_\_\_\_ de la ASIGNATURA OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA Y ENERGÍA de la Carrera INGENIERIA QUÍMICA.

Lic. MIRTHA RAMONA GANDUGLIA  
Secretaria del Consejo Directivo  
Facultad de Ciencias Exactas  
Químicas y Naturales - UNaM

Dr. JOSÉ LUIS HERRERA  
PRESIDENTE CONSEJO DIRECTIVO  
Facultad de Ciencias Exactas  
Químicas y Naturales  
U Na M Secretaría Académica

