



## Programa de **TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA 2**

### 1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Transferencia de Calor y Masa 2

### 2. CRÉDITOS

14 créditos

### 3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Ampliar y profundizar la formación del estudiante en los fundamentos del dimensionamiento y cálculo de condiciones de proceso, mediante el estudio de un conjunto de sistemas reales, frecuentemente presentes en la industria de procesamiento, desarrollando herramientas específicas para el cálculo de condiciones de proceso y dimensionamiento de equipos en sistemas que involucran transferencia de calor y/o masa.

Se busca:

1. Desarrollar la comprensión de la complejidad de las situaciones físicas reales y las hipótesis y técnicas que permiten su simplificación a los efectos de calcular condiciones y/o dimensionar equipos.
2. Proveer a los estudiantes de las herramientas que les permitan abordar problemas de proceso y dimensionamiento de equipos que involucren transferencia de calor y masa.

### 4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

El curso tiene asignadas 8 horas semanales de clase, distribuidas en 4 horas semanales de clases teóricas y cuatro horas semanales de clases de resolución de ejercicios y laboratorio.

Asistencia a clases teóricas y de ejercicios	8 h/sem
Estudio individual	6 h/sem
Asistencia a laboratorio	3 h
Total (15 semanas)	213 h

## 5. TEMARIO

Incluye una descripción general de los grandes temas del curso y de los subtemas incluidos en cada uno de ellos.

### 1. Tema 1.-Mecanismo de condensación y condensadores

Transferencia de calor con cambio de fase: Condensación de vapor puro. Cálculo de coeficientes de transferencia. Descriptiva: Tipos y criterios de selección de equipos. Metodología de dimensionamiento para condensadores totales: de vapor puro saturado y sobrecalentado, con subenfriamiento del condensado, Condensación de mezclas de vapores: curva de condensación, punto de rocío y punto de ebullición inicial, diferencia de temperaturas balanceada. Metodología de dimensionamiento.

### 2. Tema 2.- Mecanismo de ebullición y evaporadores.

Transferencia de calor con cambio de fase: Ebullición de líquidos puros. Cálculo de coeficientes de transferencia. Descriptiva : Tipos de evaporadores y criterios de selección de equipos. Ecuaciones básicas de dimensionamiento: balance de materia, balance térmico, ecuación de transferencia de calor y potencial térmico. Dimensionamiento térmico y fluidodinámico de equipos y selección de accesorios. Sistemas para mejorar la economía térmica de evaporación: múltiples efectos; recompresión térmica. Principio de operación. Dimensionamiento térmico

### 3. Tema 3.- Psicrometría

Definiciones. Temperaturas de bulbo húmedo y de saturación adiabática. Uso de diagrama psicrométrico. Determinación de condiciones de equilibrio y potenciales en el sistema aire-agua.

### 4. Tema 4.- Enfriamiento evaporativo

Humidificación: generalidades; ecuaciones fundamentales (balances másico y térmico; ecuaciones de transferencia); métodos de evaluación de unidades de transferencia y altura de torre. Equipos de enfriamiento evaporativo: características constructivas. Dimensionamiento de equipos: estanques (naturales y con rociadores), torres (atmosféricas, de tiro mecánico).

### 5. Tema 5.- Secado

Características generales: selección del método de secado, velocidad de secado, curvas de equilibrio, temperatura superficial del sólido. Mecanismos de secado. Secadores: clasificación. Directos, indirectos. Continuos, discontinuos. a. Secadores directos, discontinuos: Secadores de flujo paralelo. Secadores con circulación a través del lecho. b. Secadores directos, continuos: Secadores rotatorios. Secadores spray. Secadores de cilindro. Normas de dimensionamiento y selección.

### 6. Tema 6.- Procesos de extracción

Procesos de extracción líquido-líquido en una sola etapa. Descriptiva: tipos de equipo y aplicaciones. Relaciones de equilibrio entre las fases Extracción continua en co y contracorriente- etapas múltiples- Ecuaciones básicas de dimensionamiento. Procesos

de extracción sólido-líquido en una s. ola etapa. Descriptiva: tipos de equipo y aplicaciones. Relaciones de equilibrio entre las fases Extracción continua en co y contracorriente- etapas múltiples- Ecuaciones básicas de dimensionamiento.

7. Tema 7.- Destilación

Equilibrios: sistemas ideales y reales de mezclas binarias y multicomponentes Destilación en equilibrio(flash), destilación diferencial, destilación fraccionada: mezclas binarias y multicomponentes. Reflujo mínimo, reflujo total. Simulación del proceso: método MESH. Descripción de equipos.

**6. BIBLIOGRAFÍA**

Tema	Básica	Complementaria
1 a 2	(1) (2) (3) (4) (6) (7) (8)	(9) (10)(11)
3 a 7	(3) (4) (6) (7)	(9) (10)(11)

**6.1 Básica**

1. - Donald Q. Kern (1981), Procesos de Transferencia de Calor. C.E.C S.A., México (ISBN 968-26-1040-0).
2. - Necati ÖziÖik, M. (1975), Transferencia de Calor. Ed. McGraw Hill Latinoamericana S.A., (ISBN 0-07-091944-5).
3. - Perry's Chemical Engineers' Handbook (2007) 8th Ed. McGraw Hill Book Co. (ISBN 978-0-07-142294-9).
4. - J.M. Coulson y J.F. Richardson, Ingeniería Química (1981). Ed. Reverté (ISBN 84-291-7134-7).
5. - Robert E. Treybal (1980). Operaciones de Transferencia de Masa, McGraw Hill (ISBN 968-6046-34-8).
6. - C.J. Geankoplis (1983). Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias, Ally and Bacon; ISBN 0-205-07788-9.
7. - W.L. McCabe, J.C. Smith and P. Harriot (1999). "Operaciones Unitarias en Ingeniería Química." McGraw Hill Book Co. (ISBN 0-07-044828-0).
8. Yunus S. Cengel (2007). Transferencia de Calor y Masa, McGraw Hill, (ISBN-13: 978-970-10-6173-2).

**6.2 Complementaria**

9. W. M. Rohsenow y J. P.Hartnett (1973). Handbook of Heat Transfer, McGraw Hill Book Co. (ISBN 0-07-053576-0).
10. - Eric C. Guyer (1989). Handbook of Applied Thermal Design, McGraw Hill Book Co. (ISBN 0-07-025353-6).

11. - A.S. Foust, L. Wenzel, C. Clump, L. Maus y L. Andersen (1979). Principios de Operaciones Unitarias, Editorial Continental S.A.

## **7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS**

**7.1 Conocimientos Previos Exigidos:** Fenómenos de transporte y un primer nivel de transferencia de calor y masa

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:** Conocimientos de química, fisicoquímica y ecuaciones diferenciales.

---

**ANEXO A**  
**Para todas las Carreras**

**A1) INSTITUTO**

Instituto de Ingeniería Química

**A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Sem		Horas	TEMA	Tipo	Descripción
1	Clase 1	2	1	T	Condensación- Mecanismo
	Clase 2	4	1	T	Condensación-Dimensionamiento
	Clase 3	2	1	T	Condensación de mezclas
2	Clase 4	2	2	T	Ebullición: mecanismos
	Clase 5	4	1	P	Guía 1: condensación-condensadores
	Clase 6	2	2	T	Evaporadores
3	Clase 7	2	2	T	Evaporadores
	Clase 8	4	1	P	Guía 1: condensación-condensadores
	Clase 9	2	2	T	Evaporadores
4	Clase 10	2	2	T	Evaporadores
	Clase 11	4	2	P	Guía 1 y Guía 2: ebullición-evaporadores
	Clase 12	2	3	T	Evaporadores
5	Clase 13	2	3	T	Sicrometría
	Clase 14	4	3	P	Guía 2: ebullición-evaporadores
	Clase 15	2	4	T	Humidificación
6	Clase 16	2	4	T	Humidificación
	Clase 17	4	4	P	Guía 2 y Guía 3: sicrometría
	Clase 18	2	4	T	Humidificación
7	Clase 19	2	4	T	Humidificación
	Clase 20	4	4	P	Guía 4: humidificación
	Clase 21	2	4	T	Secado
8	Clase 22	2	4	P	Secado
	Clase 23	4	4	P	Guía 4: humidificación
	Clase 24	2	4	P	Secado
9	SEMANA DE PARCIALES (Se toma Primer Parcial)				
10	Clase 25	2	5	T	Secado
	Clase 26	4	5 - 6	T	Guía 5: secado
	Clase 27	2	6	T	Secado
11	Clase 28	2	6	T	Secado

	Clase 29	4	5	P	Guía 5: secado
	Clase 30	2	7	T	Extracción líquido-líquido
12	Clase 31	2	7	T	Extracción líquido-líquido
	Clase 32	4	6	P	Guía 5: secado
	Clase 33	2	8	T	Extracción líquido-líquido
13	Clase 34	2	8	T	Extracción sólido-líquido
	Clase 35	4	6	P	Guía 6: ext. L-L
	Clase 36	2	8	T	Extracción sólido-líquido
14	Clase 37	2	9	T	Destilación
	Clase 38	4		T	Guía 6: ext. L-L/Guía 7: Ext. S-L
	Clase 39	2	9	T	Destilación
15	Clase 40	2	9	T	Destilación
	Clase 41	4	8	P	Guía 8: destilación
	Clase 42	2	9	P	Destilación
16	Clase 43	2	9	P	Guía 8: destilación
	Clase 44	4	9	P	Guía 8: destilación
	Clase 45	2			Repaso general de la temática
17	SEMANA DE PARCIALES (Se toma Segundo Parcial)				

### A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Se realizará una actividad experimental de asistencia obligatoria (sin nota).

Se tomarán 2 pruebas parciales escritas de 50 puntos cada una.

Si el puntaje total (P) obtenido en las dos pruebas parciales es:

- $P < 25$ : el estudiante pierde el curso y debe recurrar.
- $25 \leq P < 59$ : el estudiante está habilitado a rendir el examen de la unidad curricular en los tres períodos habilitados (julio, diciembre, febrero) mientras la ganancia de curso sea válida.
- $P \geq 60$ : El estudiante exonera la unidad curricular.

La ganancia del curso tendrá una validez de 8 meses.

La aprobación de la actividad experimental mantiene su validez si el estudiante tuviera que recurrar la asignatura.

### A4) CALIDAD DE LIBRE

No se habilita calidad de libre.

### A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Sin cupos.

**ANEXO B para la carrera de INGENIERÍA QUÍMICA**

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

Ingeniería de Procesos Físicos

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

	Carrera INGENIERÍA QUÍMICA
Curso	Curso "Transferencia de Calor y Masa 1" aprobado con al menos 40 puntos.
	Examen "Química Analítica 1"
	Examen "Química Analítica 2"
	Examen "Fisicoquímica 103"
	Examen "Matemática 05" / "Probabilidad y Estadística"
	Examen "Matemática 07" y "Matemática 08" / "Introducción a las Ecuaciones Diferenciales"
	Examen "Fenómenos de Transporte en Ingeniería de Procesos"
Examen	Curso "Transferencia de Calor y Masa 2"
	Examen "Transferencia de Calor y Masa 1"

Montevideo, 8 de noviembre de 2021

Comisión Académica de Grado  
Facultad de Ingeniería

La Comisión de Carrera de Ingeniería Química solicita la modificación de las previas de la unidad curricular "Transferencia de Calor y Masa 2".

Se pide cambiar el requerimiento del curso por el examen de "Fenómenos de Transporte en Ingeniería de Proceso".

La solicitud del cambio viene motivada por:

- "Fenómenos de Transporte en Ingeniería de Procesos" se sugiere para el 5to semestre y "Transferencia de Calor y Masa 2" en el 7mo semestre.
- El curso de "Fenómenos de Transporte en Ingeniería de Procesos" tienen una validez de 8 meses por lo tanto cuando inicia el curso de "Transferencia de Calor y Masa 2", el curso previo ya está vencido.
- El requerimiento de conocimientos previos que solicita el grupo responsable de "Transferencia de Calor y Masa 2" corresponde al examen aprobado de "Fenómenos de Transporte en Ingeniería de Procesos".

Entonces, al pedir el curso aprobado de "Fenómenos de Transporte en Ingeniería de Procesos" lo que se estaba pidiendo era el examen aprobado como era la intención de los docentes del curso de "Transferencia de Calor y Masa 2" pero esa situación generaba confusión, se pedía algo que en realidad implicaba otra cosa, esa es la modificación que se solicita con el objetivo de clarificar el requerimiento a los estudiantes.

Quedamos a las órdenes por cualquier aclaración necesaria.



Elena Castelló  
Directora de Carrera de Ingeniería Química

*Presentes en Comisión: Lucía Perdomo y Julieta Quintana (orden estudiantil), Jimena Ferreira y Noel Cabrera (orden docente – FING), Ricardo Faccio (orden docente – FQ), Elena Castelló (directora). Todos votos afirmativos.*

**ANEXO B para la carrera de INGENIERÍA QUÍMICA**

**B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

**Ingeniería de Procesos Físicos**

**B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

	Carrera INGENIERÍA QUÍMICA
Curso	Curso "Transferencia de Calor y Masa 1" aprobado con al menos 40 puntos.
	Examen "Química Analítica 1"
	Examen "Química Analítica 2"
	Examen "Fisicoquímica 103"
	Examen "Matemática 05" / "Probabilidad y Estadística"
	Examen "Matemática 07" y "Matemática 08" / "Introducción a las Ecuaciones Diferenciales"
	Examen "Fenómenos de Transporte en Ingeniería de Procesos"
Examen	Curso "Transferencia de Calor y Masa 2"
	Examen "Transferencia de Calor y Masa 1"