

**FORMULARIO PARA LAS PROPUESTAS DE PROGRAMAS DE LAS ASIGNATURAS DE LOS NUEVOS PLANES DE ESTUDIO**

Aprobado por el Consejo de la Facultad con fecha 23/4/97 Res. 394. Rectificación Res.553/97, Res. 1112/98 y Res. 842/99.

**1. Nombre de la asignatura. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA 1**

**2. Créditos. 14**

**3. Objetivo de la asignatura.**

Formar al estudiante en los fundamentos del dimensionamiento y cálculo de condiciones de operación, 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. Presentar los mecanismos básicos de transferencia de calor para encarar la resolución de una variedad de problemas de procesos de transferencia de calor y masa.
- 2. 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.
- 3. Proveer a los estudiantes de las herramientas que les permitan abordar problemas de proceso y dimensionamiento de equipos que involucren transferencia de calor y/o 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. Se presentarán los principios básicos de transferencia de calor y masa, desarrollando herramientas para el dimensionamiento de equipos y condiciones de operación de los mismos, que incluirán métodos de cálculo aproximados y exactos. Se destacará la importancia económica de los distintos procesos.

## **5. Temario.**

### **Tema 1.- Mecanismos de Transferencia de Calor**

- El problema básico de la energía. Fuentes y usos energéticos en Uruguay.
- Introducción a los mecanismos de transferencia de calor predominantes en distintos procesos.
- Transferencia de calor por conducción. Cálculo de resistencias.
- Transferencia de calor por convección forzada y natural. Cálculo de coeficientes de transferencia para fluidos Newtonianos y no Newtonianos

### **Tema 2.- Mecanismos de Transferencia de Calor por radiación térmica**

- Leyes básicas de la radiación térmica
- Caracterización de cuerpo negro y gris
- Intensidad de radiación
- Propiedades de la radiación
- Medios participantes y no participantes.

### **Tema 3.- Perdidas de calor y aislaciones**

- Mecanismos involucrados y cálculo de coeficientes de transferencia de calor al ambiente
- Aislaciones térmicas: tipos, descripción, propiedades, selección.
- Dimensionamiento y selección de aislaciones másicas y reflectivas.

- Cálculo de pérdidas (paredes de hornos, cañerías, tanques). Resistencias térmicas. Radio crítico, aislación económica
- Evaluación de pérdidas térmicas al ambiente desde recipientes.

#### **Tema 4.- Intercambiadores de calor**

- Descriptiva de diferentes tipos: principio de operación, características constructivas
- Intercambiadores de calor de camisa y tubos y tubos concéntricos ecuaciones predictivas de coeficientes peliculares; determinación de pérdidas de carga. Potencial térmico. Metodología de dimensionamiento: método U-MTD. método E-NTU.

#### **Tema 5.- Intercambiadores de superficie extendida**

- Tubos aletados: principio de funcionamiento, tipos de aletas, eficiencia de aleta.
- Enfriadores a aire usando aletado transversal: descriptiva; metodología de dimensionamiento: coeficientes peliculares, diferencia media de temperaturas, pérdidas de carga.

#### **Tema 6.- Serpentes y camisas**

- Descripción de recipientes para el calentamiento y enfriamiento de líquidos.
- Agitación: conceptos básicos y tipos de agitadores.
- Recipientes con serpentes y/o camisas: descriptiva, ecuaciones predictivas para coeficientes de transferencia de calor y pérdidas de carga.

#### **Tema 7.- Operaciones de transferencia de calor, fuera de régimen**

- Estudio de sistemas con variaciones de temperatura y/o masa con el tiempo.
- Recipientes con serpentín y/o camisa: carga agitada y no agitada.
- Sistemas que incluyen tanques y recirculación a través de intercambiadores externos.
- Calentamiento y/o enfriamiento de sólidos. Cálculos de tiempos y temperaturas críticas.

- Pasteurización y esterilización

### **Tema 8.- Introducción a transferencia de masa**

- Importancia técnica de las operaciones de TM en la industria de procesos. Importancia económica de las operaciones de separación. Métodos de separación y fundamentos de selección
- Regla de las fases y condiciones de equilibrio
- Introducción a los mecanismos de transferencia de masa predominantes en distintos procesos.
- Potencial de transferencia de masa en sistemas heterogéneos
- Coeficientes de transferencia de masa individuales y totales.
- Balance de materia
- Dimensionamiento de equipos - Procesos en etapas
- Dimensionamiento de equipos - Procesos de contacto continuo
- Unidad de transferencia.

### **Tema 9- Absorción gaseosa**

- Equipos de Absorción: Fase dispersa- gas; Fase dispersa –líquido:
- Torres rellenas: Descriptiva: datos constructivos, tipos de relleno y propiedades, tipos de distribuidores, redistribuidores, soportes de relleno.
- Dimensionamiento de torres rellenas: absorción a baja concentración; absorción a alta concentración, absorción con reacción química instantánea
- Dimensionamiento fluidodinámico: flujo mínimo efectivo, pérdidas de carga, diámetro interior de torre, hold-up.

### **6. Bibliografía.**

#### **Bibliografía básica**

- -Donald Q. Kern, Procesos de Transferencia de Calor. C.E.C S.A., México (ISBN 968-26-1040-0) 1981

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

#### **Bibliografía adicional**

- - W. M. Rohsenow y J. P. Hartnett, Handbook of Heat Transfer, McGraw Hill Book Co. (ISBN 0-07-053576-0), 1973
- - Eric C. Guyer, Handbook of Applied Thermal Design, McGraw Hill Book Co. (ISBN 0-07025353-6), 1989
- - A.S. Foust, L. Wenzel, C. Clump, L. Maus y L. Andersen, Principios de Operaciones Unitarias, Editorial Continental S.A. 1979

#### **7. Conocimientos previos recomendados.**

Asignatura: Transferencia de calor y Masa I

MATERIA: Ingeniería de los Procesos Físicos

Se debe tener conocimientos de fenómenos de transporte, termodinámica de sistemas abiertos, sistemas multifásicos y equilibrio entre las fases.

**Nota:** Se deberá indicar claramente para cada carrera a qué materia corresponde esta asignatura. (La materia identifica las grandes áreas temáticas ligadas a un sector de la ciencia o de la técnica. Las materias comprenden diferentes asignaturas, entendiendo por asignatura la unidad administrativa en que el estudiante se inscribe, participa en actividades de enseñanza y es evaluado.)

## **Anexo 1 Cronograma Tentativo**

Sem	Horas	TEMA	Tipo	Descripción	
1	Clase 1	2	1	T	Energía: aspectos técnico/económicos
	Clase 2	4	1	T	Energía (Cont.) . Mecanismos
	Clase 3	2	1	T	Conducción en Estado estacionario
2	Clase 4	2	1	T	Conducción EE y Convección Forzada
	Clase 5	4	1	P	<b>Guía 1.- Conducción</b>
	Clase 6	2	1	T	Convección. Forzada No newtonianos . Convección Natural
3	Clase 7	2	2	T	Radiación: Leyes básicas
	Clase 8	4	1 - 2	P	<b>Guía 1: C Forzada y Natural /Guía 2:Radiación</b>
	Clase 9	2	2	T	Radiación: cuerpo negro,gris ,Ley de Kirchoff
4	Clase 10	2	2	T	Radiación: propiedades, medios participantes, no participantes
	Clase 11	4	2	P	<b>Guía 2: Radiación</b>
	Clase 12	2	3	T	Pérdidas de calor al aire
5	Clase 13	2	3	T	Aislaciones térmicas
	Clase 14	4	3	P	<b>Guía 3: pérdidas al aire-aislaciones</b>
	Clase 15	2	4	T	Intercambiadores: Descriptiva
6	Clase 16	2	4	T	Intercambiadores.: Dimensionamiento, U, coef camisa
	Clase 17	4	4	P	<b>Guía 4.- Intercambiadores</b>
	Clase 18	2	4	T	Intercambiadores.: Delta T medio, FT - Pérdidas de carga
7	Clase 19	2	4	T	Intercambiadores.: Metodol. dimensionamiento
	Clase 20	4	4	P	<b>Guía 4.- Intercambiadores</b>
	Clase 21	2	4	T	Intercam.: Temp Salida E - NTU -Ten Broeck, Stevens
8	Clase 22	2	4	P	<b>Guía 4.- Intercambiadores</b>
	Clase 23	4	4	P	<b>Guía 4.- Intercambiadores</b>
	Clase 24	2	4	P	<b>Guía 4.- Intercambiadores</b>
9	<b>SEMANA DE PARCIALES (Se toma Primer Parcial)</b>				
10	Clase 25	2	5	T	Equipos de Superficie Extendida
	Clase 26	4	5 - 6	T	Equipos de Superficie Extendida/Serpentines y camisa
	Clase 27	2	6	T	Serpentines y camisas
11	Clase 28	2	6	T	Serpentines y camisas
	Clase 29	4	5	P	<b>Guía 5: Superficie extendida</b>
	Clase 30	2	7	T	Transferencia de calor fuera de régimen
12	Clase 31	2	7	T	Transferencia de calor fuera de régimen
	Clase 32	4	6	P	<b>Guía 6: Serpentine y camisas</b>

13	Clase 33	2	8	T	Introducción a la Transferencia de Masa
	Clase 34	2	8	T	Introducción a la Transferencia de Masa
	Clase 35	4	6	P	<i>Guía 6: Serpentes y camisas</i>
14	Clase 36	2	8	T	Introducción a la Transferencia de Masa
	Clase 37	2	9	T	Absorción gaseosa
	Clase 38	4		T	<i>Guía 7: Fuera de Régimen</i>
15	Clase 39	2	9	T	Absorción gaseosa
	Clase 40	2	9	T	Absorción gaseosa
	Clase 41	4	8	P	<i>Guía 8: Introducción a la Transferencia de masa</i>
16	Clase 42	2	9	P	<i>Guía 9: Absorción gaseosa</i>
	Clase 43	2	9	P	<i>Guía 9: Absorción gaseosa</i>
	Clase 44	4	9	P	<i>Guía 9: Absorción gaseosa</i>
	Clase 45	2			Repaso general de la temática
17	<b>SEMANA DE PARCIALES (Se toma Segundo Parcial)</b>				

**Procedimiento de evaluación de la asignatura:**

El curso se aprueba cuando se satisfacen los siguientes dos requisitos:

- 1) Asistencia y aprobación de la actividad experimental (sin nota)
- 2) Se tomarán 2 pruebas parciales, la primera al promediar el curso y la segunda al finalizar el mismo. De acuerdo al promedio de los puntos obtenidos en ambos parciales, si éste es:
  - a. Menor a 25%, se pierde el curso, debiendo recurrar.
  - b. Entre 25 y 59%, aprueba el curso y deberá rendir examen.

Salvado el curso, de acuerdo a los requisitos 1 y 2, se estará en condiciones de rendir examen de la asignatura lo cual podrá efectuarse en los períodos de diciembre o febrero antes del comienzo de la próxima edición del curso. Los estudiantes que, en alguna de las fechas previstas, obtienen 60% o más de los puntos del examen aprueban la asignatura, en caso contrario deben recurrar.

En caso de haber aprobado la actividad experimental y obtener en los parciales un puntaje superior al 60% se exonerará el examen.

El curso tendrá una validez de 4 meses después de la finalización de su dictado.

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

**De las inasistencias:**

- 1) En caso de inasistencia a un control, el estudiante que presente certificado médico expedido por la D.U.S. (División Universitaria de la Salud), podrá realizar la instancia de examen para aprobar la asignatura. Para acceder a esta instancia de examen en estas condiciones, el estudiante deberá poseer una calificación mínima de 12 puntos en el control restante. La inasistencia a los dos controles del curso (justificada o no) implica la pérdida del mismo.-
- 2) La inasistencia a las instancias de examen no puede ser recuperada. En caso de no haber aprobado alguna de las instancias de examen, o no haber asistido a las mismas, se reprueba la asignatura.-