



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA
EN INGENIERÍA QUÍMICA**



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE:					
LABORATORIO EXPERIMENTAL MULTIDISCIPLINARIO III					
IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA					
MODALIDAD:	Curso				
TIPO DE ASIGNATURA:	Práctica				
SEMESTRE EN QUE SE IMPARTE:	Quinto				
CARÁCTER DE LA ASIGNATURA:	Obligatoria				
NÚMERO DE CRÉDITOS:	3				
HORAS A LA SEMANA:	3	Teóricas: 0	Prácticas: 3	Semanas de clase: 16	TOTAL DE HORAS: 48
SERIACIÓN:	Si (X)	No ()	Obligatoria (X)	Indicativa ()	
SERIACIÓN ANTECEDENTE:	Seriación por bloques. Haber aprobado por lo menos el 80% de las asignaturas de los 3 primeros semestres				
SERIACIÓN SUBSECUENTE:	Ninguna				

OBJETIVO GENERAL

Al finalizar el curso el alumno deberá ser capaz de:

Explicar los mecanismos básicos de transferencia de calor, manejar los intercambiadores de calor instalados en el LEM y realizar mediciones de las variables que permiten caracterizar el funcionamiento de los equipos, para comparar los resultados experimentales con los obtenidos utilizando la metodología del dimensionamiento de intercambiadores de doble tubo, tubo y coraza y evaporadores, además de validar las condiciones óptimas de operación de cada uno de ellos.

INDICE TEMÁTICO

UNIDAD	TEMAS	Horas Teóricas	Horas prácticas
1	Introducción	0	3
	Conducción de Calor (Aislantes)	0	5
2	Intercambiador de Calor de Doble Tubo	0	5
3	Intercambiador de Calor de Tubos y Coraza (Sistema Agua-Vapor)	0	5
4	Intercambiador de Calor de Tubos y Coraza (Sistema Aire-Vapor)	0	5
5	Intercambiador de Calor de Flujo Cruzado	0	5
6	Intercambiador de Tubos y Coraza	0	5

	(Efecto del Material de los Tubos y el Arreglo: Flujo Paralelo y Contracorriente)		
7	Intercambiador de Placas	0	5
8	Transferencia de Calor en Recipientes Enchaquetados	0	4
9	Evaporadores de Calandria y de Tubos Largos	0	6
	TOTAL DE HORAS TEÓRICAS	0	0
	TOTAL DE HORAS PRÁCTICAS	0	48
	TOTAL DE HORAS		48

CONTENIDO TEMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Descripción general del laboratorio LEM III
- 1.2. Importancia de los procesos de transferencia de calor

2. CONDUCCIÓN DE CALOR

- 2.1. Fenómenos de conducción de calor, ley de Fourier
- 2.2. Ecuaciones de conducción en geometría cilíndrica
- 2.3. Conductividad calorífica
- 2.4. Materiales aislantes y conductores del calor
- 2.5. Trabajo experimental

3. INTERCAMBIADOR DE CALOR DE DOBLE TUBO

- 3.1. Intercambiadores de calor de doble tubo
- 3.2. Diferencia de temperatura local y promedio
- 3.3. Coeficientes de transferencia de calor (individuales y global), concepto y correlaciones empíricas.
- 3.4. Trabajo experimental

4. INTERCAMBIADOR DE CALOR DE TUBOS Y CORAZA (SISTEMA AGUA-VAPOR)

- 4.1. Intercambiadores de calor de tubos y coraza
- 4.2. Coeficientes de transferencia de calor dentro de tubos y en el exterior de tubos en intercambiadores de calor de tubos y coraza. Correlaciones empíricas
- 4.3. Coeficientes de transferencia de calor en la condensación de vapor de agua
- 4.4. Trabajo experimental

5. INTERCAMBIADOR DE CALOR DE TUBOS Y CORAZA (SISTEMA AIRE-VAPOR)

- 5.1. Propiedades del fluido y su efecto en la transferencia de calor

- 5.2. Coeficientes de transferencia de calor en gases
 - 5.3. Trabajo experimental
- 6. INTERCAMBIADOR DE CALOR DE FLUJO CRUZADO**
- 6.1. Transferencia de calor en flujo perpendicular a cilindros
 - 6.2. Correlaciones empíricas
 - 6.3. Diferencia de temperatura en intercambiadores de calor de flujo cruzado
 - 6.4. Trabajo experimental
- 7. INTERCAMBIADOR DE TUBOS Y CORAZA (EFECTO DEL MATERIAL DE LOS TUBOS Y EL ARREGLO: FLUJO PARALELO Y CONTRACORRIENTE)**
- 7.1. Materiales de construcción de intercambiadores de calor y su efecto en los coeficientes globales
 - 7.2. Intercambio de calor en flujo paralelo y contracorriente
 - 7.3. Trabajo experimental
- 8. INTERCAMBIADOR DE PLACAS**
- 8.1. Intercambiadores de calor de placas; ventajas y desventajas, descripción de componentes, diseños de placas.
 - 8.2. Transferencia de calor y correlaciones empíricas
 - 8.3. Trabajo experimental
- 9. TRANSFERENCIA DE CALOR EN RECIPIENTES ENCHAQUETADOS**
- 9.1. Uso de chaquetas de calentamiento/enfriamiento
 - 9.2. Descripción de recipientes enchaquetados.
 - 9.3. Coeficientes de transferencia de calor
 - 9.4. Transferencia de calor en estado transitorio
 - 9.5. Trabajo experimental
- 10. EVAPORADORES DE CALANDRIA Y DE TUBOS LARGOS**
- 10.1. Tipos de evaporadores
 - 10.2. Transferencia de calor con ebullición
 - 10.3. Efecto de la presión en el proceso de evaporación
 - 10.4. Trabajo experimental

Metodología de la enseñanza:

El curso se compone de una serie de trabajos experimentales que se llevan a cabo en las instalaciones del Laboratorio Experimental Multidisciplinario de Ingeniería Química (Nave 1000). Cada trabajo experimental se debe abordar con la idea de que el alumno adquiera los conocimientos teórico-prácticos básicos del tema y a la vez desarrolle su capacidad de proponer cómo y bajo qué condiciones lleva a cabo el experimento. Para esto, se plantea un problema experimental en cada tema que el alumno debe resolver, preferentemente en un equipo escala piloto. Es necesario contar con un manual del curso del LEM para apoyar a los estudiantes en la solución de cada problema, guiándolos en las tres partes básicas del trabajo: preparación previa al experimento, la fase experimental propiamente dicha y el trabajo posterior o tratamiento de los datos experimentales obtenidos.

Los aspectos mínimos necesarios de cada trabajo experimental que deben describirse en este manual son:

- Objetivo.- Establecer los conocimientos, habilidades o destrezas que el alumno logrará al resolver el problema.
- Problema experimental.- Describir el problema experimental que el alumno debe resolver (enunciado del problema) ¿Qué debe obtenerse del experimento?
- Conocimientos y actividades previas.- Son una serie de preguntas encaminadas a que el alumno estudie los conceptos necesarios para llevar a cabo el experimento, conozca el equipo que utilizará y en general proporcione al alumno una guía de estudio y preparación.
- Indicaciones experimentales.- Son breves explicaciones, la mayoría, relacionadas con la seguridad del trabajo y uso del equipo. En esta sección se pueden proporcionar además algunos elementos relacionados con el desarrollo del experimento sin llegar a una descripción detallada de los pasos a seguir o del manejo del equipo, información que puede ser consultada en otro tipo de documentos como los manuales de operación del equipo.
- Informe.- Proporcionar al estudiante una descripción general del informe que debe presentar y describir en cada tema los aspectos importantes que no pueden faltar en el informe.
- Bibliografía.- Recomendar algunas fuentes de información.

El desarrollo del curso se llevará a cabo de acuerdo a las siguientes sesiones.

5. Presentación del curso

5.1. Objetivos y contenido

5.2. Descripción de instalaciones del LEM

5.3. Descripción de la metodología de trabajo

5.4. Descripción del Manual de Ingeniería Química Experimental LEM III

5.5. Formato de informes

5.6. Método de evaluación

5.7. Aspectos básicos de seguridad en el LEM

5.8. Formación de equipos (grupos de trabajo) entre alumnos

6. Desarrollo del curso; en cada tema:

6.1. Presentación del tema por el profesor

6.2. Conocimientos y actividades previas a la experimentación por parte de los alumnos

6.3. Revisión del punto anterior con el profesor

6.4. Indicaciones experimentales a los alumnos

6.5. Trabajo experimental (de acuerdo al manual)

6.6. Elaboración de informe

6.7. Presentación y discusión de resultados

PRODUCTOS ESPERADOS:

Un informe de cada tema.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Griskey, J. R. C. Transport Phenomena and Unit Operations: A Combined Approach. Wiley & Sons Inc. USA. 2002.
- Holman, J. P. Transferencia de Calor. CECSA. México. 2003.
- Incropera, F. P. Fundamentos de Transferencia de calor. Prentice Hall/Pearson. México. 2006.
- Kern, D. Q. Procesos de Transferencia de Calor. Editorial Patria. México. 2009
- Thomson, W.J. Introduction to Transport Phenomena. Prentice Hall PTR. USA. 2000.
- Tosun, I. Modeling in Transport Phenomena. A Conceptual Approach. 2nd ed. Elsevier. USA. 2007.
- Valiente, B. A. Problemas de Transferencia de Calor. Limusa. México. 1994.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Bird, S. Lightfoot, E. N. Fenómenos de Transporte. 2^a ed. Limusa Noriega. México. 2010.
- Cao, E. Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos. Editorial Nueva Librería. México. 2006.
- Leal, L.G. Advanced Transport Phenomena, Fluid Mechanics and Convective Transport Processes, Cambridge University Press. USA. 2007.
- Ludwig, N. Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants. Gulf Professional Publishing. 4th ed., New York. 2007.

CIBERGRAFÍA

- <http://www2.udec.cl/~jinzunza/fisica/cap14.pdf>
- <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/claudiag/DocuIPQ/IPQ%20Procesos%20basados%20en%20transferencia%20de%20calor.pdf>

**SUGERENCIAS DIDACTICAS RECOMENDADAS PARA IMPARTIR LA
ASIGNATURA**

SUGERENCIAS DIDACTICAS	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exposición oral	X
Exposición audiovisual	X
Actividades prácticas dentro de clase	X
Ejercicios fuera del aula	
Seminarios	X
Investigación bibliográfica	X
Redacción de informe de trabajo experimental	X
Lecturas obligatorias	
Trabajo de investigación	
Prácticas de Taller	
Otras	

MECANISMOS DE EVALUACIÓN.

ELEMENTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exámenes parciales	
Examen final	
Trabajos y tareas fuera del aula	X
Exposición de seminarios por los alumnos.	X
Participación en clase	X
Asistencia	X
Trabajo experimental	X
Informe de resultados experimentales	X

PERFIL PROFESIOGRÁFICO REQUERIDO PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA			
LICENCIATURA	POSGRADO	ÁREA INDISPENSABLE	ÁREA DESEABLE
Ingeniería Química ó, Ingeniería en Alimentos		Transferencia de Calor	
Con experiencia docente			