

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: <b>Operaciones Unitarias III</b>
Carrera: <b>Ingeniería Bioquímica</b>
Clave de la asignatura: <b>BQC - 0528</b>
Horas teoría-horas práctica-créditos <b>4-2-10</b>

## 2.- HISTORIA DEL PROGRAMA

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones (cambios y justificación)</b>
Instituto Tecnológico de Tuxtepec del 17 al 21 de Enero de 2005	Representantes de las academias de Ingeniería Bioquímica.	Reunión Nacional de Evaluación Curricular de la Carrera de Ingeniería Bioquímica.
Institutos Tecnológicos de Celaya, Ecatepec, Tepic. Abril del 2005.	Academia de Ingeniería Bioquímica.	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas diseñados en la reunión nacional de evaluación
Instituto Tecnológico de Tepic del 25 al 29 de abril del 2005	Comité de Consolidación de la carrera de Ingeniería Bioquímica.	Definición de los programas de estudio de la carrera de Ingeniería Bioquímica.

### 3.- UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

#### a). Relación con otras asignaturas del plan de estudio

Anteriores		Posteriores	
Asignaturas	Temas	Asignaturas	Temas
Balance de materia y energía	Balances de materia	Ingeniería de proyectos	Ingeniería básica
Termodinámica	Balances de energía	Ingeniería de procesos	Simulación Optimización
Fenómenos de Transporte.	Transferencia de calor Transferencia de masa		
Fisicoquímica I	Equilibrio de fases		
Métodos numéricos	Solución de sistemas de ecuaciones algebraicas lineales y no lineales. Diferenciación e integración numérica		

#### b). Aportación de la asignatura al perfil del egresado

- Proporcionar las bases para diseñar, seleccionar, operar y adaptar equipos en procesos industriales que involucren transferencia de masa.

### 4.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO

Aplicará los conceptos, principios, métodos y criterios para el diseño, selección, operación y adaptación de equipos industriales que involucren transferencia de masa.

## 5.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Absorción.	1.1 Introducción <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1.1 Definición y aplicación</li> <li>1.1.2 Tipos de columnas y tipos de empaques</li> <li>1.1.3 Equilibrio de fases</li> </ul> 1.2 Diseño de torres de absorción <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1 Columnas empacadas               <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1.1 Mezclas binarias                   <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1.1.1 Altura del empaque.</li> <li>1.2.1.1.2 Diámetro de la columna</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>1.2.2 Columnas de platos               <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.2.1 Mezclas binarias                   <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.2.1.1 Altura del empaque</li> <li>1.2.2.1.2 Diámetro de la columna</li> </ul> </li> <li>1.2.2.2 Mezclas multicomponentes                   <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.2.2.1 Altura del empaque</li> <li>1.2.2.2.2 Diámetro de la columna</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
2	Destilación.	2.1 Introducción <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1.1 Importancia y tipos de destilación</li> <li>2.1.2 Equilibrio líquido-vapor</li> <li>2.1.3 Volatilidad relativa</li> </ul> 2.2 Destilación por lotes 2.3 Destilación por arrastre de vapor.

## 5.- TEMARIO (Continuación)

		<ul style="list-style-type: none"><li>2.4 Destilación continua por rectificación de mezclas binarias<ul style="list-style-type: none"><li>2.4.1 Método de McCabe Thiele<ul style="list-style-type: none"><li>2.4.1.1 Desarrollo de las ecuaciones de rectificación y agotamiento.</li><li>2.4.1.2 Línea de alimentación</li><li>2.4.1.3 Determinación del número de platos ideales y localización del plato de alimentación.</li><li>2.4.1.4 Reflujo total y mínimo</li><li>2.4.1.5 Eficiencia de la columna</li></ul></li><li>2.4.2 Método Numérico<ul style="list-style-type: none"><li>2.4.2.1 Desarrollo de las ecuaciones</li><li>2.4.2.2 Determinación del número de platos ideales, temperatura y composición de cada plato y el plato de alimentación.</li></ul></li></ul></li><li>2.5 Destilación continua por rectificación de mezclas multicomponentes<ul style="list-style-type: none"><li>2.5.1 Método de Fenske para número mínimo de platos</li><li>2.5.2 Ecuación de Underwood para reflujo mínimo</li><li>2.5.3 Correlaciones de Gilliland para determinar el número de platos teóricos.</li><li>2.5.4 Altura de la columna</li><li>2.5.5 Diámetro de la columna.</li></ul></li></ul>
--	--	--

## 5.- TEMARIO (Continuación)

3	Extracción.	<ul style="list-style-type: none"><li>3.1 Extracción líquido-líquido<ul style="list-style-type: none"><li>3.1.1 Introducción<ul style="list-style-type: none"><li>3.1.1.1 Importancia de la extracción líquido-líquido</li><li>3.1.1.2 Características del disolvente</li><li>3.1.1.3 Equipos de extracción</li><li>3.1.1.4 Equilibrio ternario .Diagramas en coordenada triangular y rectangulares.</li></ul></li><li>3.1.2 Extracción en una etapa.<ul style="list-style-type: none"><li>3.1.2.1 Balance de materia</li><li>3.1.2.2 Rendimiento de la extracción</li></ul></li><li>3.1.3 Extracción en etapas múltiples<ul style="list-style-type: none"><li>3.1.3.1 Formas de operación.</li><li>3.1.3.2 Métodos de cálculos<ul style="list-style-type: none"><li>3.1.3.2.1 Métodos gráficos</li><li>3.1.3.2.2 Método analítico</li><li>3.1.3.2.3 Métodos de aproximaciones sucesivas.</li></ul></li></ul></li></ul></li><li>3.2 Lixiviación<ul style="list-style-type: none"><li>3.2.1 Introducción<ul style="list-style-type: none"><li>3.2.1.1 Importancia de la lixiviación</li><li>3.2.1.2 Características del disolvente</li><li>3.2.1.3 Equipo de lixiviación</li><li>3.2.1.4 Relaciones de equilibrio</li></ul></li><li>3.2.2 Lixiviación en una etapa<ul style="list-style-type: none"><li>3.2.2.1 Balance de materia</li><li>3.2.2.2 Rendimiento de la extracción.</li></ul></li></ul></li></ul>
---	-------------	---

## 5.- TEMARIO (Continuación)

		<ul style="list-style-type: none"><li>3.2.3 Lixiviación en etapa múltiple:<ul style="list-style-type: none"><li>3.2.3.1 Formas de operación.</li><li>3.2.3.2 Métodos de cálculos<ul style="list-style-type: none"><li>3.2.3.2.1 Métodos gráficos</li><li>3.2.3.2.2 Método analítico</li></ul></li></ul></li><li>3.2.4 Métodos de aproximaciones sucesivas</li><li>3.3 Extracción con fluidos supercríticos<ul style="list-style-type: none"><li>3.3.1 Introducción<ul style="list-style-type: none"><li>3.3.1.1 Importancia y aplicaciones</li><li>3.3.1.2 El estado supercrítico</li><li>3.3.1.3 Propiedades de los fluidos supercríticos</li></ul></li><li>3.3.2 Solventes utilizados comúnmente y sus características<ul style="list-style-type: none"><li>3.3.2.1 Efecto de la presión y temperatura sobre la solubilidad en fluidos supercríticos.</li><li>3.3.2.2 Uso de cosolventes</li></ul></li><li>3.3.3 Proceso de extracción con fluidos supercríticos</li><li>3.3.4 Aplicaciones en ingeniería bioquímica.</li></ul></li></ul>
--	--	---

## 5.- TEMARIO (Continuación)

4	Humidificación y enfriamiento de agua y Secado.	<ul style="list-style-type: none"><li>4.1 Psicrometría<ul style="list-style-type: none"><li>4.1.1 Propiedades de un sistema líquido-gas</li><li>4.1.2 Uso del diagrama psicrométrico</li></ul></li><li>4.2 Teoría y cálculo de los procesos de humidificación y deshumidificación<ul style="list-style-type: none"><li>4.2.1 Humidificación<ul style="list-style-type: none"><li>4.2.1.1 Métodos de humidificación</li><li>4.2.1.2 Equipos de humidificación</li><li>4.2.1.3 Cálculo de columnas de humidificación adiabática</li></ul></li><li>4.2.2 Deshumidificación<ul style="list-style-type: none"><li>4.2.2.1 Contacto directo</li><li>4.2.2.2 Contacto indirecto</li></ul></li></ul></li><li>4.3 Enfriamiento de agua<ul style="list-style-type: none"><li>4.3.1 Torres de enfriamiento</li><li>4.3.2 Cálculo de la altura y selección de torres de enfriamiento</li></ul></li><li>4.4 Secado<ul style="list-style-type: none"><li>4.4.1 Importancia del secado</li><li>4.4.2 Tipos de secadores</li><li>4.4.3 Curvas de secado<ul style="list-style-type: none"><li>4.4.3.1 Humedad de equilibrio</li><li>4.4.3.2 Velocidad de secado</li><li>4.4.3.3 Tiempo de secado</li></ul></li></ul></li><li>4.5 Diseño de equipos de secado<ul style="list-style-type: none"><li>4.5.1 Por lotes</li><li>4.5.2 Continuos</li></ul></li></ul>
---	---	--

## 6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Balances de materia y energía
- Estimación de coeficientes convectivos de transferencia de calor
- Propiedades coligativas y equilibrio de fases
- Uso de tablas de vapor
- Cálculo de propiedades termodinámicas
- Estimación de coeficientes convectivos de transferencia de masa.
- Estimación de caída de presión en lechos empacados
- Solución numérica de sistemas de ecuaciones lineales.
- Integración numérica

## **7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- Usar paquetes matemáticos y simuladores comerciales.
- Promover la elaboración de software para la resolución de problemas de diseño.
- Visitas industriales
- Trabajo en equipo
- Organizar talleres de trabajo
- Discusión de artículos técnico-científicos
- Realizar la investigación documental.
- Organizar la elaboración de prototipos
- Desarrollar prácticas de laboratorio
- Promover la asistencia a eventos académicos
- Propiciar el desarrollo de proyectos cortos
- Promover el análisis de casos de estudio.

## **8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN**

- Reportes prácticas de laboratorio
- Solución de casos prácticos y reporte
- Reportes de visitas
- Participación activa durante el curso
- Participación en los talleres de trabajo
- Desarrollo y presentación de proyectos.
- Tareas y trabajos
- Exámenes
- Reporte de la asistencia a eventos académicos.
- Desarrollo de programas de computadora y las simulaciones realizadas



## 9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### UNIDAD 1.- Absorción.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
El estudiante aplicará diferentes métodos de diseño de columnas de absorción	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construir diagramas de equilibrio a partir de relaciones teóricas de equilibrio o de datos experimentales.</li><li>• Diseñar columnas de absorción de platos y empacada con las mismas especificaciones que la anterior y compararlas.</li><li>• Calcular la altura de la torre de platos por métodos gráfico y numérico y compararlos</li><li>• Determinar el efecto de las variables de diseño sobre la altura de la columna mediante el empleo de un simulador comercial.</li><li>• Analizar las características de una corriente gaseosa para determinar si la operación de absorción es la adecuada para realizar la separación.</li><li>• Elaborar un programa de computación para el diseño de un columna absorción de platos</li></ul>	1,2,3,4,9,15,17

### UNIDAD 2.- Destilación.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Aplicará los métodos de diseño de columnas de destilación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construir curvas de equilibrio.</li><li>• Investigar las características de los equipos de destilación.</li><li>• Resolver problemas para el diseño de columnas de destilación por rectificación de mezclas binarias y multicomponentes utilizando métodos gráficos y numéricos.</li><li>• Realizar investigación para estimar los costos de la operación de destilación y de la columna.</li></ul>	1,2,3,4,15,17,18

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar simuladores comerciales para el diseño y análisis de columnas de destilación.</li> <li>• Realizar investigación acerca de los tipo de platos de columnas de destilación</li> <li>• Investigar procesos industriales que incluyan la operación de destilación para analizar la pertinencia de las operaciones y equipos empleados</li> </ul>	
--	---	--

### UNIDAD 3.- Extracción.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Aplicará los métodos de diseño de equipos de extracción con solventes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar e interpretar diagramas de equilibrio ternario.</li> <li>• Realizar la solución gráfica de problemas de separación de mezclas ternarias en una etapas y en etapas múltiples.</li> <li>• Investigar las características los equipos de extracción a través de visitas industriales o por investigación documental.</li> <li>• Realizar ejercicios de diseño de procesos de extracción líquido-líquido multietapas por métodos numéricos.</li> <li>• Investigar los costos de construcción y de operación de los equipos de extracción.</li> <li>• Realizar un ensayo sobre las implicaciones ambientales de la operación unitarias de extracción.</li> <li>• Investigar aplicaciones de la extracción en el área de la Ingeniería Bioquímica.</li> <li>• Utilizar simuladores comerciales para el diseño y análisis de equipos de extracción</li> </ul>	1, 2, 3, 4, 15, 17, 18
Aplicará los métodos de diseño de equipos de extracción líquido sólido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener la solución de problemas de procesos de lixiviación en una etapa y etapas múltiples empleando métodos gráficos y numéricos.</li> </ul>	1,2,3,4,15,18

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir los equipos empleados en lixiviación.</li> <li>• Utilizar simuladores comerciales para el diseño y análisis de equipos de extracción.</li> <li>• Investigar procesos industriales que incluyan la operación de extracción para analizar la pertinencia de las operaciones y equipos empleados.</li> </ul>	
<p>Comprenderá los fundamentos de la extracción con fluidos supercríticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar acerca de las aplicaciones biotecnológicas de la extracción con fluidos supercríticos</li> <li>• Elaborar una tabla comparativa con las propiedades de un líquido, un gas y un fluido supercrítico.</li> <li>• Resumir los criterios de selección de solventes en fluidos supercríticos</li> <li>• Elaborar una tabla con las propiedades de solventes comunes empleados</li> <li>• Realizar una investigación acerca de otras aplicaciones industriales de los fluidos supercríticos.</li> </ul>	<p>12,13,14,16</p>

#### UNIDAD 4.- Humidificación y enfriamiento de agua y Secado.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Diseñará procesos de humidificación y torres de enfriamiento.</p> <p>Conocerá los diferentes tipos de secadores y aplicará los métodos para su diseño.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uso y aplicación del diagrama psicrométrico.</li><li>• Aplicar de modelos matemáticos para la construcción el diagrama psicrométrico.</li><li>• Diseñar de columnas de humidificación adiabática.</li><li>• Solución de problemas de deshumidificación.</li><li>• Diseño de torres de enfriamiento.</li><li>• Conocer las características de los equipos de secado través de visitas industriales o por investigación documental.</li><li>• Elaborar curvas de secado a partir de datos experimentales.</li><li>• Diseñar de equipos de secado de diferentes tipos.</li><li>• Utilizar simuladores comerciales para el diseño y análisis de equipos de secado.</li><li>• Investigar procesos industriales que incluyan la operación de secado para analizar la pertinencia de las operaciones y equipos empleados.</li></ul>	1,2,3,4,15,18

## 10. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Geankoplis, Christie J. *Transport Processes and Separation Process Principles: Includes Unit Operations*. Fourth Edition. Prentice Hall PTR, 2003
2. McCabe, Smith, Harriot. *Unit Operations of chemical engineering*. Sixth Edition. USA, 2000.
3. Ibarz , Barbosa-Canovas. *Unit Operations in Food Engineering* CRC Press; 1st edition, 2002
4. Holland . *Fundamentals and modeling of separation processes: absorption, distillation, evaporation, and extraction*. Prentice-Hall International, 1974
5. Henley , Seader, . *Separation Process Principles*. Wiley, 1998
6. Benitez . *Principles and Modern Applications of Mass Transfer Operations*. Wiley-Interscience, 2002
7. Perry-Green. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. McGraw-Hill Professional; 7 edition, 1997
8. Welty, . Wicks, Wilson, Rorrer . *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer*. Wiley; 4 edition, 2000
9. Treybal. *Mass Transfer Operations*. McGraw-Hill Education, 1980
10. Incropera, DeWitt. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 5th Edition. Wiley, 2001
11. Bird, Stewart, Lightfoot *Transport Phenomena*, 2nd Edition. Wiley; 2 edition, 2001.
12. McHugh, Krukonis. *Supercritical Fluid Extraction: Principles and Practice* .Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering) 2nd edition, 1994
13. Rizvi. *Supercritical Fluid Processing of Food and Biomaterials*. Blackie Academic & Professional, 1994
14. Brunner G. *Gas extraction. An introduction to fundamentals of supercritical fluids and the application to separation processes*. New York: Steinkopff Darmstadt. Springer, 1994.
15. Stanley M. Walas. *Chemical process equipment. Selection and design*. Butter-Heinemann series in chemical engineering.
16. Rousseau, Ronald W. *Handbook of separation process technology*. USA : John Wiley and Sons. 1987.
17. Grandison A. S. and Lewis, M.J. *Separation process in the food and biotechnology industries. Principles and applications*. England: Woodhead Publishing Limited., 1996.
18. Canudas Sandoval Eduardo. *Diseño y análisis de las operaciones unitarias de Ingeniería Química*. SEP-SEIT-ITV, 2004

## 11. PRÁCTICAS

- Destilación de una mezcla de etanol agua
- Determinación de las propiedades psicrométricas del aire ambiente.
- Obtención de aceites esenciales por destilación con arrastre de vapor.
- Determinación del rendimiento de extracción de aceite a partir de semillas oleaginosas.
- Determinación de curvas de inundación de columnas empacadas.
- Absorción de anhídrido carbónico del aire.
- Determinar la velocidad de absorción de oxígeno en agua en un tanque agitado por el método del sulfito.
- Destilar el sistema binario metanol-etanol
- Extracción de café a partir de granos de café tostado y molido.
- Secado del extracto de café.
- Obtención de la curva de secado de una fruta picada en cubo o rebanadas.
- Obtención de la curva de secado de un producto empleando un secador de tunel
- Secado de materiales húmedos en diferentes tipos de secador.