

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	Operaciones Unitarias III
Carrera:	Ingeniería Bioquímica
Clave de la asignatura:	BQJ-1019
SATCA*	4-2-6

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

La asignatura de Operaciones Unitarias III, es una de las tres asignaturas dedicadas a las serie de etapas u operaciones individuales en los procesos de ingeniería química establecidas en el plan de estudios de la carrera de ingeniería bioquímica, la cual se relaciona con el perfil profesional de esta carrera en su capacidad para diseñar, seleccionar, operar, adaptar e investigar científica y tecnológicamente equipos en procesos industriales que involucren las operaciones unitarias de transferencia de masa y energía de humidificación, secado, absorción y destilación.

Su importancia radica en la capacidad integradora de conocimientos de materias de ciencias básicas y de fundamentos de ingeniería (tales como principios elementales de ingeniería, técnicas matemáticas, y leyes de la física y química), que le permitan al estudiante tener un efecto globalizador de competencia en el diseño y operación de equipos que involucren procesos químicos, físicos, biológicos y de alimentos basados en los principios fundamentales de transporte de materia y energía.

Esta asignatura se relaciona con otras asignaturas como fenómenos de transporte I y II, en cuanto a los principios básicos de transferencia de materia y energía. Se relaciona con otras asignaturas como Ingeniería de Proyectos, Ingeniería de Procesos y Formulación y Evaluación de Proyectos en cuanto a la adquisición de competencias como el diseño, selección, operación, adaptación de equipos, así como la investigación científica de variables de operación para efficientar costos en la adquisición de estos equipos y reducción de consumos de energía.

Intención didáctica.

El temario de esta materia de Operaciones Unitarias III está organizado en cuatro unidades correspondientes a cuatro operaciones unitarias: humidificación, secado, absorción y destilación. En cada una de estas unidades se dan los contenidos conceptuales, las variables de operación, el empleo de simuladores, el conocimiento físico de los aparatos y los cálculos para su posterior aplicación para la adquisición de la competencia pertinente como es el diseño y selección de equipos que pueden ser integrados a procesos en ingeniería química, bioquímica y de alimentos.

La unidad de humidificación debe ser tratada como un proceso de transferencia de masa y su aplicación a través del uso de la carta psicrométrica o de humedad. De tal forma que posteriormente permita el diseño y selección de torres de enfriamiento de agua. Así mismo, el secado como operación unitaria debe ser tratado como una

* Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

operación compleja de transferencia de masa y calor, en donde se deberán conocer los diversos tipos de secado que existen y los equipos necesarios para ello. El diseño de secadores y su selección dependiendo de las condiciones de secado y de materia prima, son fundamentales para que el estudiante lo adquiera como una competencia profesional. El conocimiento de curvas de equilibrio líquido-vapor y entalpía-concentración son de fundamental importancia en el diseño de las operaciones de absorción y destilación como operaciones individuales de transferencia de masa.

La investigación científica como una competencia profesional que adquirirá el estudiante, en donde se prueban diferentes condiciones de operación en estos procesos unitarios, es importante para que el alumno conozca cómo se comportan los productos obtenidos cuando son sometidos a estos tipos de procesos. Principalmente la investigación en literatura, le permitirá al estudiante seleccionar los diferentes tipos de destiladores, columnas de absorción, secadores y torres de enfriamiento dependiendo de las condiciones establecidas en el proceso a usar. Por otra parte se debe propiciar el uso adecuado de conceptos y de terminología técnico-científico en el desarrollo de problemas. Se deben propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes como son artículos científicos, libros especializados, internet entre otros, que permitan fomentar actividades grupales a través de la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.

La realización de prácticas de laboratorio le permitirá al estudiante operar como una competencia profesional, con diferentes equipos donde se emplean la destilación de mezclas binarias miscibles de importancia industrial, la absorción de gases en líquidos y la de secadores de alimentos y otros materiales de interés.

Finalmente el uso de simuladores comerciales proporcionados por el maestro o por la red de internet, podría dar al estudiante la capacidad de obtener una competencia profesional para el diseño y selección de equipo y para investigar los diferentes parámetros de operación de los procesos unitarios de humidificación, secado, destilación y absorción, que podrían en muchos casos reducir el tiempo de cálculo para el diseño de procesos donde se emplean estas operaciones unitarias.

El profesor de esta asignatura debe estar preparado y actualizado en estos temas a través de libros especializados de esta materia, preferentemente en inglés, del uso de simuladores de operaciones unitarias como las mencionadas anteriormente, del empleo de artículos científicos en inglés también relacionados con los temas de interés de tal forma que fomenten en el estudiante el uso de otro lengua extranjera y, que le permitan al alumno tener a su disposición una gama de posibilidades de aplicación de las operaciones unitarias descritas. El profesor también deberá propiciar el manejo de software como: word, excell y power point para la presentación de trabajos de investigación documental, ya sea impresos o presentados en un foro de discusión grupal.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Competencias específicas:

- Calcular las propiedades termodinámicas del vapor de

Competencias genéricas:

Competencias instrumentales

- Conocimientos sobre fundamentos

<p>agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpretar y aplicar el diagrama psicrométrico o de humedad a problemas específicos. • Construir e interpretar curvas de equilibrio líquido-vapor de diferentes sistemas binarios. • Construir e interpretar cinéticas de secado de diferentes tipos de materiales. • Operar equipos de destilación, secado y absorción. • Diseñar equipos de humidificación, torres de enfriamiento, secado, destilación y absorción. • Manejar simuladores comerciales para el diseño de equipos de destilación, secado y absorción, que permitan posteriormente la selección de equipos en procesos biológicos y de ingeniería química y de alimentos. • Realizar investigación científica a través del conocimiento y análisis del cambio de variables de operación de los procesos unitarios de humidificación, secado, destilación y absorción. 	<p>de la investigación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis de información científica. • Capacidad de organizar y planificar prácticas de laboratorio. • Comunicación oral y escrita en su propia lengua de los diversos trabajos de investigación bibliográfica. • Conocimiento de una segunda lengua (inglés de preferencia). • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Manejo de software especializado: simuladores de diseño y selección de equipo. • Habilidad para operar equipo e instrumentos de medición de las operaciones unitarias en el laboratorio. • Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas): artículos científicos, revistas y libros especializados. • Solución de problemas técnicos y analíticos de las operaciones unitarias. • Toma de decisiones en la solución de problemas, discusión grupal y trabajos en equipo. <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad crítica y autocrítica de los resultados obtenidos en visitas industriales, prácticas de laboratorio e informes de investigaciones de literatura. • Capacidad de trabajar en equipo y proyectos multidisciplinarios e interdisciplinarios. • Apreciación de la diversidad y multiculturalidad de su entorno. • Compromiso ético con su carrera y con la sociedad.
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Superación personal y social. • Capacidad y gusto por la información científica y tecnológica. <p>Competencias sistémicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Habilidades de investigación científica y tecnológica. • Capacidad de aprender. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Capacidad de analizar y solucionar problemas reales. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Habilidad para evaluar, transferir, adaptar y diseñar tecnología para fomentar el desarrollo tecnológico, científico e industrial en las áreas químico-biológicas. • Capacidad para experimentar de una manera sistemática en la búsqueda de soluciones adecuadas a la problemática que se le presente.
--	--

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
IT de Villahermosa Del 7 al 11 de septiembre de 2009	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: IT de Celaya IT de Culiacán IT de Durango IT de Mérida IT de Morelia IT de Tepic IT de Tijuana IT de Tuxtepec IT de Veracruz IT de Villahermosa ITS de Tehuacán	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la formación y desarrollo de competencias profesionales de la carrera de Ingeniería Bioquímica

Instituto Tecnológico de Tuxtepec, del 14 de Septiembre del 2009 al 05 de Febrero del 2010.	Representante de la Academia de Ingeniería Bioquímica.	Se acordó la separación de las operaciones unitarias de humidificación y secado. También se aplicarán modelos de simulación para la mayor parte de estas operaciones unitarias.
IT de Celaya Del 8 al 12 de febrero de 2010	Representantes de los Institutos Tecnológicos participantes de: IT de Celaya IT de Culiacán IT de Durango IT de Mérida IT de Morelia IT de Tijuana IT de Tuxtepec IT de Veracruz IT de Villahermosa ITS de Tehuacán	Reunión Nacional de Consolidación de la carrea de Ingeniería Bioquímica

5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Diseñar, seleccionar, operar, adaptar e investigar científica y tecnológicamente equipos en procesos industriales que involucren las operaciones unitarias de transferencia de masa y energía de humidificación, secado, absorción y destilación.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Interpretar y aplicar razonamientos de ecuaciones diferenciales.
- Formular balances de materia y energía.
- Calcular los coeficientes convectivos de transferencia de materia y energía.
- Interpretar y aplicar las tablas de vapor.
- Obtener las propiedades termodinámicas.
- Interpretar y aplicar diagramas de equilibrio de fases.
- Interpretar y aplicar diagramas entalpía-concentración.
- Interpretar y aplicar propiedades coligativas.

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Humidificación.	1.1. Parámetros de humidificación. 1.2. Propiedades de un sistema líquido-gas. 1.3. Aplicación del diagrama psicrométrico. 1.4. Teoría y cálculo de los procesos de humidificación y deshumidificación. 1.5. Métodos y equipos de humidificación. 1.6. Cálculo de columnas de humidificación. 1.7. Enfriamiento de agua. 1.8. Cálculo de altura y selección de torres de enfriamiento.
2	Secado.	2.1. Concepto e importancia del secado.

		<p>2.2. Tipos y descripción de secadores.</p> <p>2.3. Curvas de secado.</p> <p>2.3.1. Humedad de equilibrio.</p> <p>2.3.2. Velocidad de secado.</p> <p>2.3.3. Tiempo de secado.</p> <p>2.4. Diseño de equipos de secado.</p> <p>2.4.1. Secadores por lotes.</p> <p>2.4.2. Secadores continuos.</p> <p>2.5. Simulación del secado.</p>
3	Absorción.	<p>3.1. Concepto e importancia de la absorción.</p> <p>3.2. Tipos de columnas de absorción.</p> <p>3.3. Tipos de empaques para absorción.</p> <p>3.4. Diseño de torres de absorción en columnas empacadas para mezclas binarias.</p> <p>3.5. Diseño de torres de absorción en columnas de platos.</p> <p>3.5.1. Para mezclas binarias.</p> <p>3.5.2. Para mezclas multicomponentes.</p>
4	Destilación.	<p>4.1. Importancia y tipos de destilación.</p> <p>4.2. Relaciones de equilibrio líquido-vapor.</p> <p>4.3. Destilación de equilibrio o repentina.</p> <p>4.4. Destilación simple por lotes.</p> <p>4.5. Destilación simple por arrastre de vapor.</p> <p>4.6. Destilación por rectificación de mezclas binarias.</p> <p>4.6.1. Método de McCabe –Thiele.</p> <p>4.6.2. Método de Ponchon-Savarit.</p> <p>4.7. Destilación por rectificación de mezclas multicomponentes.</p> <p>4.7.1. Método de Fenske.</p> <p>4.7.2. Ecuación de Underwood.</p>

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

- Conocer las características de los equipos de absorción, destilación, de secado y torres de enfriamiento a través de visitas industriales.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos y de terminología técnico-científico en el desarrollo de problemas.
- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes como son artículos científicos, libros especializados, internet entre otros, que permitan fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Realizar prácticas de laboratorio que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación, manejo y control de variables de proceso, planteamiento de hipótesis, objetivos de

trabajo, discusión de resultados y obtención de conclusiones por equipo de trabajo.

- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación científica, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Fomentar el empleo del idioma inglés a través de la traducción de artículos científicos relacionados con los contenidos de la asignatura.
- Propiciar el manejo de software como: word, excell y power point para la presentación de trabajos de investigación documental, ya sea impresos o presentados en un foro de discusión grupal.

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura se hará con base en los siguientes desempeños:

- Resolución de problemas diversos de propiedades de vapor de agua aplicando e interpretando el diagrama psicrométrico.
- Resolución de problemas diversos de propiedades de vapor de agua de forma analítica.
- Obtención de curvas de equilibrio líquido-vapor de diversos sistemas binarios.
- Diseño de torres de enfriamiento.
- Diseño de secadores.
- Obtención de curvas de secado y su interpretación.
- Diseño de columnas de absorción.
- Diseño de columnas de destilación.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Discusión grupal de diversos temas teóricos de las operaciones unitarias establecidas.
- Desempeño en la realización de prácticas: presentación de informes y discusión de resultados experimentales.

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: Humidificación.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar y aplicar el diagrama psicrométrico o de humedad a problemas específicos. • Diseñar columnas de Humidificación. • Operar equipos e instrumentos de medición de humidificación. • Diseñar torres de enfriamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir los conceptos de propiedades de de vapor de agua. • Investigar la relación de las diferentes propiedades del vapor de agua en el diagrama psicrométrico. • Conocer y manejar las tablas de vapor saturado. • Realizar una práctica donde se determinen las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo, la discusión de resultados y obtención de conclusiones por equipo de trabajo.

	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer y manejar un simulador de las propiedades termodinámicas del vapor de agua. • Investigar los diferentes métodos de humidificación y deshumidificación que existen. • Discutir en grupo las principales variables para el diseño de columnas de humidificación adiabáticas. • Discutir en grupo las principales variables de diseño de torres de enfriamiento. • Exponer con diapositivas de power point las diferentes partes y funcionamiento de los equipos de torres de enfriamiento. • Investigar procesos industriales que incluyan las torres de enfriamiento, para analizar la pertinencia de las operaciones y equipos empleados. • Realizar visitas a centros industriales donde operen torres de enfriamiento.
--	--

Unidad 2: Secado.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Calcular en forma analítica el tiempo y velocidad de secado. • Desarrollar e interpretar a partir de resultados de literatura y experimentales las curvas o cinéticas de secado. • Diseñar diferentes tipos de secadores por lotes o continuos. • Diseñar y seleccionar un secador, a través del uso de un simulador comercial. • Conocer y operar diferentes tipos de secadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar en la literatura los diferentes conceptos de secado que existen y discutir de manera grupal. • Investigar y presentar un informe escrito de los diferentes tipos de secadores que existen, su clasificación, importancia, características y partes principales y su funcionamiento. • Analizar y discutir de manera grupal la selección adecuada del secador según el uso industrial, de laboratorio o de investigación que se desee realizar. • Establecer las ecuaciones para la determinación del contenido de humedad, humedad libre y de humedad de equilibrio. • Establecer las ecuaciones para la determinación de las velocidades de secado y tiempo de secado, ya sea en el periodo de velocidad constante y decreciente.

	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la metodología para la obtención de cinéticas de secado y curvas de velocidad de secado. • Establecer las ecuaciones para el diseño de secadores ya sean continuos o por lotes. • Investigar procesos industriales que incluyan a diferentes tipos de secadores, para analizar la pertinencia de las operaciones y equipos empleados. • Realizar visitas a centros industriales donde operen secadores de material biológico, químico y de alimentos.
--	---

Unidad 3: Absorción.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Construir e interpretar curvas de equilibrio de sistemas gas-líquido experimentales. • Calcular los coeficientes generales de transferencia de masa en sistemas gas-líquido. • Calcular la altura y el número de unidades de transferencia en fase gaseosa y líquida en una torre de absorción. • Diseñar torres de absorción en columnas empacadas y en columnas de platos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir en clases los diferentes conceptos existentes en la literatura acerca de la absorción. • Investigar los diferentes tipos de absorción que existen y explicarlos en una discusión grupal. • Exponer con diapositivas los diferentes tipos de platos y materiales con que están contruidos las torres de absorción. • Investigar el concepto de equilibrio gas-líquido de una mezcla binaria y discutir en grupo la generación de dichas curvas con diferentes mezclas binarias obtenidas de literatura. • Desarrollar los balances de materia establecidos para una columna de absorción por platos o empacada. • Establecer las ecuaciones y aplicarlas para el cálculo de los coeficientes de transferencia de masa en la fase líquida y gaseosa en una columna de absorción. • Establecer las ecuaciones y aplicarlas para el cálculo de la altura y el número de unidades de transferencia en fase gaseosa y líquida en una torre de absorción. • Aplicar las curvas de equilibrio gas-líquido en el cálculo de platos teóricos

	<p>de una columna de absorción.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer y emplear un simulador comercial para el diseño, análisis y selección de columnas de absorción. • Realizar prácticas de laboratorio para que se conozcan las partes de una columna de absorción y sus principales variables de operación, estableciendo la discusión de resultados y obtención de conclusiones por equipo de trabajo.
--	--

Unidad 4: Destilación.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar destiladores simples por lotes. • Calcular las principales variables de operación en destilación por arrastre por vapor. • Diseñar columnas de destilación por rectificación. • Operar equipos de destilación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir en clases los diferentes conceptos existentes en la literatura acerca de la destilación. • Discutir las principales variables de operación y flujos obtenidos en una destilación. • Proponer los términos en que se realiza la eficiencia de una destilación en una discusión grupal. • Investigar el concepto de equilibrio líquido-vapor de una mezcla binaria y discutir en grupo la generación de dichas curvas con diferentes mezclas binarias obtenidas de literatura a temperatura y presión constante. • Estimar a través de la ecuación de Antoine la generación de concentraciones molares en el vapor y en el líquido de mezclas binarias en el equilibrio. • Conocer a través de una discusión grupal y presentada en diapositivas de power point, las diferentes características de tipos de destiladores que existen y su funcionamiento. • Conocer diferentes sistemas azeotrópicos conocidos y los diagramas de puntos de ebullición de ellos. • Establecer los balances de materia y la generación de los diagramas de equilibrio necesarios para el cálculo de

	<p>platos teóricos por el método de McCabe-Thiele en una columna de destilación por rectificación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer los balances de materia y energía y la generación de diagramas de entalpía concentración necesarios para el cálculo de platos teóricos por el método de Ponchon-Savarit en una columna de destilación por rectificación. • Conocer y emplear un simulador comercial para el diseño y análisis de destilación simple y por columnas de rectificación. • Investigar los diferentes tipos de platos de columnas de destilación. • Realizar prácticas de laboratorio para que se conozcan las partes de una columna de destilación por rectificación y sus principales variables de operación, estableciendo la discusión de resultados y obtención de conclusiones por equipo de trabajo. • Investigar procesos industriales que incluyan la destilación para analizar la pertinencia de las operaciones y equipos empleados. • Realizar visitas a centros industriales donde operen torres o columnas de destilación.
--	--

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Benitez, Jaime. *Principles and Modern Applications of Mass Transfer Operations*. Second Edition, Wiley-Interscience. Canada, 2002.
2. Bird R.B., Stewart W.E. y Lightfoot, E.N. *Fenómenos de Transporte*. Quinta Edición, Editorial Reverté. México, D.F. 2007.
3. Geankplis, Christie, J. *Procesos de Transporte y Principios de los Procesos de Separación: Incluido Operaciones Unitarias*. Cuarta edición, Editorial CECSA. México, D.F. 2006.
4. Grandinson, A. S. and Lewis, M. J. *Separation Process in the Food and Biotechnology Industries: Principles and Applications*. First Edition Woodhead Publishing Limited. Great Yarmouth, England, 1996.
5. Heldman, R. Dennis and Hartel, W. Richard. *Principles of Food Processing*. First Edition, Aspen Publication. Maryland, USA. 2000.
6. Heldman, R. Dennis and Lund, B. Daryl. *Handbook of Food Engineering*. Second Edition, CRC Press. Atlanta, Ga. USA. 2009.

7. Henley E. J. and Seader J. D. *Operaciones de Separación por Etapas de Equilibrio en Ingeniería Química*. Segunda Edición, Ediciones REPLA, S. A. México, D. F. 1990.
8. Holland, C. Donald. *Fundamentals and Modeling of Separation Process: Absorption, Distillation, Evaporation and Extraction*. First Edition, Prentice-Hall International. Englewood Cliffs, N.J. USA. 1974.
9. Ibarz and Barbosa-Cánovas. *Unit Operations in Food Engineering*. First Edition, CRC Press. Boca Ratón, Florida. 2002.
10. Incropera F. P., DeWitt D. P., Bergman T. L. and Lavine A. S. J. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Sixth Edition, John Wiley & Sons Inc. Hoboken N.J. USA. 2007.
11. King, C. Judson. *Separation Process*. Second Edition McGraw-Hill. New York, 1980.
12. McCabe W., Smith J. and Harriot P. *Unit Operations of Chemical Engineering*. 7th Edition. Mc Graw Hill. USA. 2007.
13. Perry Robert H. and Chilton Cecil. *Manual del Ingeniero Químico de Perry*. Sexta Edición, Mc. Graw-Hill. Bogotá, Colombia, 1997.
14. Rosseau, Ronald, W. *Handbook of Separation Process Technology*. First Edition, John Wiley and Sons Inc. USA, 1987.
15. Singh R. Paul and Heldman T. Dennis. *Introduction to Food Engineering. Third Edition, Food Science and Technology*, International Series. Academic Press. Florida, USA. 2001.
16. Smith, P.G. *Introduction to Food Process Engineering*. First Edition. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York, USA. 2003.
17. Stanley, M. Walas. *Chemical Process Equipment. Selection and Design*. First Edition Butter-Heinemann Series in Chemical Engineering. USA. 2004.
18. Tadeusz, Kudra and Arun, S. Mujumdar. *Advanced Drying Technology*. Second Edition, CRC Press. Atlanta, Ga, USA. 2009.
19. Treybal, E. R. *Operaciones de Transferencia de Masa*. Segunda Edición. Mc Graw Hill. México, D.F. 1980.
20. Turton R., Bailie R.C., Whiting W.B. and Shaeiwitz J.A. *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*. Third edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N.J. USA. 2006.
21. Welty R., Wick C. E., Wilson R. E. and Rorrer G. L. *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer*. Fourth Edition, Wiley and Sons, Inc. USA, 2000.

Journals

- Allen, S.J. (Editor-in-Chief). *Chemical Engineering Journal*. ISSN: 1385-8947. Elsevier. USA.
- Berruti, F., De Lasa, Hugo I. and Briens, C. (Editors-in-Chief). *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. ISSN: 1542 6580. Berkeley Electronic Press. USA.
- Castell-Perez, María Elena and Moreira, Rosana (Editors-in-Chief). *Journal of Food Process Engineering*. John Wiley and Sons. ISSN: 0145-8876. USA.
- Mujumdar, Arun S. (Editor-in-Chief). *Drying Technology an International Journal*. Taylor and Francis Group. ISSN: 1041-794X. UK.

- Singh, Paul R. (Editor-in-Chief). *Journal of Food Engineering*. ISSN: 0260-8774. Elsevier. USA.

Programas de computación o software de aplicación.

- SuperPro Designer V4.5: Simulador de secado. USA.
- Simulador de la Carta Psicrométrica. 2000. Instituto Tecnológico de Veracruz. México.
- Simulador de procesos de ingeniería química: Aspen.
- Simulador de procesos de ingeniería química HYSIS.
- Simulador de procesos de ingeniería química: ChemCad.
- Simulador de procesos de ingeniería: Pro-II.

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Determinación de las propiedades psicrométricas del aire ambiente.
- Determinación de la eficiencia de una torre de enfriamiento.
- Obtención de la curva de secado de una fruta picada en cubo o rebanadas empleando un secador de charolas.
- Obtención de la curva de secado de un producto empleando un secador de lecho fluidizado.
- Secado de materiales húmedos en diferentes tipos de secadores.
- 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 etanol-agua.
- Destilar el sistema binario metanol-etanol.
- Obtención de aceites esenciales por destilación con arrastre de vapor.