

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE MATERIAL PEDAGÓGICO DE APOYO PARA
LA ASIGNATURA OPERACIONES UNITARIAS II**

**MANUEL ALBERTO CAMACHO GÓMEZ
PABLO ANDRÉS VALERO SALAMANCA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2017**

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE MATERIAL PEDAGÓGICO DE APOYO PARA
LA ASIGNATURA OPERACIONES UNITARIAS II**

**MANUEL ALBERTO CAMACHO GÓMEZ
PABLO ANDRÉS VALERO SALAMANCA**

**Trabajo de Grado como requisito para optar al título de
Ingeniero Químico**

**Directora
Debora Alcida Nabarlatz
Ingeniera Química PhD**

**Codirectora
Liliana Del Pilar Castro Molano
Ingeniera Química PhD**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2017**

DEDICATORIA

A Dios ser parte de mi vida y darme fortaleza en los momentos difíciles, eres mi guía permanente.

A mis padres por su gran esfuerzo, su amor y apoyo incondicional. Los amo profundamente.

A mi familia por formar parte de mi vida y enseñarme que con humildad y respeto se puede llegar muy lejos.

A mi mejor amigo Andrés Garavito por ser parte de este proceso, apoyarme en los bueno y malos momentos, lo quiero mucho.

A mi novia Lucero por su paciencia, respeto, apoyo, dedicación y humildad en cada una de las experiencias vividas a lo largo de este proceso, me siento orgulloso de estar al lado de una mujer maravillosa, te amo.

Manuel Camacho

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente libro expresan sus agradecimientos a:

A la Doctora Débora Alcida Nabarlatz por su excelente aporte tanto en la dirección como en la asesoría brindada en la parte investigativa, académica y sus buenos consejos durante la realización del proyecto de investigación modalidad práctica docente.

A la Doctora Liliana Del Pilar Castro Molano por su importante apoyo y enseñanzas durante todo este tiempo.

También a la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, por brindarnos sus instalaciones, para llevar a cabo esta investigación y al personal, quienes nos proporcionaron un espacio acogedor, favoreciendo en nuestra formación profesional.

Y por último a los profesores de Ingeniería Química, quienes han puesto a nuestra disposición sus conocimientos y aportes para nuestra formación profesional.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. ESTADO DEL ARTE	18
3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA DOCENTE	20
3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES	20
3.1.1 Desarrollo de la encuesta dirigida a los estudiantes	21
3.1.2 Análisis y resultados	22
3.2 DESARROLLO DEL LIBRO GUÍA DE LA ASIGNATURA	28
3.2.1 Recopilación de información	28
3.2.2 Contenido del libro guía de la asignatura	28
3.2.3 Implementación del libro guía en la asignatura	34
3.3 DESARROLLO DE LA GUÍA PARA LA PRÁCTICA DE LABORATORIO	34
3.3.1 Antecedentes	34
3.3.2 Aspectos importantes de la práctica	34
3.3.3 Realización de la experiencia	36
3.4 CONTENIDO COMPLEMENTARIO	37
3.4.1 Diapositivas	37
3.4.2 Lecturas adicionales	37
3.4.3 Videos	37
3.4.4 Aspen HYSYS	38
4. CONCLUSIONES	39
5. RECOMENDACIONES	40

BIBLIOGRAFÍA	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS	45

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Rangos de notas finales obtenidas por los estudiantes	23
Figura 2. Rendimiento académico del estudiante	24
Figura 3. Nivel de dificultad de la asignatura	25
Figura 4. Infraestructura ofrecida por la institución	26
Figura 5. Instrumentos pedagógicos necesarios para mejorar el rendimiento académico en la asignatura Operaciones Unitarias II.	27

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Valores calculados del área bajo la curva de desviación estándar	21

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Encuesta realizada a estudiantes	44
Anexo B. Programa de la asignatura	46

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y ELABORACIÓN DE MATERIAL PEDAGÓGICO DE APOYO PARA LA ASIGNATURA OPERACIONES UNITARIAS II.*

AUTORES: MANUEL ALBERTO CAMACHO GÓMEZ
PABLO ANDRÉS VALERO SALAMANCA.**

PALABRAS CLAVE: Industria química, material pedagógico, práctica en laboratorio, Operaciones unitarias, Intensificación de procesos.

DESCRIPCIÓN: El ingeniero químico actual debe ser capaz de desempeñarse en diferentes campos de acción involucrando diversos procesos en la industria química, por lo cual debe estar preparado para afrontar cualquier dificultad que se presente en su vida profesional, para esto es necesario tener claro los diversos métodos y tipos de operaciones que se utilizan en la industria. El presente trabajo se enfocó en la elaboración de material pedagógico para el curso de OPERACIONES UNITARIAS II de la carrera Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, modificando el alcance de los contenidos abarcando una mayor cantidad de procesos industriales, con el fin de adecuarlos al nuevo programa de la asignatura y complementar el proceso de aprendizaje del estudiante. Para esto se diseñó un libro guía que contiene un repaso de los temas necesarios para el desarrollo de la materia así como el contenido actual del programa, incluyendo temas como la intensificación de procesos y selección de procesos de separación en ingeniería química, adicionalmente, como soporte para los temas de destilación y absorción, se elaboraron dos simulaciones las cuales incluyen ambos temas y se explican de manera detalla por medio de un video tutorial. Además, se elaboró un manual para el desarrollo de una práctica de laboratorio de destilación continua con reflujo, con el propósito que el estudiante pueda observar e interpretar todas las variables que afectan a este proceso.

* Trabajo de grado

** Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Directora Débora Alcida Nabarlatz Ingeniera Química PhD. Codirectora Liliana del Pilar Castro Molano Ingeniera Química PhD.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND ELABORATION OF PEDAGOGICAL SUPPORT MATERIAL FOR THE COURSE UNITARY OPERATIONS II.*

AUTHORS: MANUEL ALBERTO CAMACHO GÓMEZ
PABLO ANDRÉS VALERO SALAMANCA.**

KEYWORDS: Chemical industry, pedagogical material, laboratory practice, unitary operations, Intensification of processes.

DESCRIPTION: The current chemical engineer must be able to perform in different fields of action, to be involved in a variety of processes in the chemical industry, therefore must be prepared to confront any difficulty that arises in his professional life. Hence, is a need to have clarity about the different methods and type of operations that are used in the industry. This project has its focus on the elaboration of pedagogical material for the UNITARY OPERATIONS II course at the Chemical Engineering curriculum, at the University of Santander, by modifying the scope of the contents, so that it covers a greater number of industrial processes, in order to adapt them to the new program of the subject and complement the learning process of the student. With this motivation a guidance book was designed, in which is contained a review of the necessary topics for the development of the course, as well as the contents of the current program, including subjects as intensification of processes and selection of those of separation in chemical engineering. As a support for the topics of distillation and absorption, there were developed two simulations, which cover both subjects and are explained in detail through a tutorial video. In addition, a script was made for the development of a laboratory practice about the continuous reflux distillation, aiming that the student can observe and interpret all the variables that affect this process.

* Graduation work

** Industrial University of Santander. School of Physics-Chemistry Engineering-School of Chemical Engineering. Director Débora alcida Nabarlatz Chemical Engineer PhD. Co-director Liliana del Pilar Castro Molano Chemical Engineer PhD.

INTRODUCCIÓN

La Universidad Industrial de Santander se ha caracterizado por la formación de profesionales de alta calidad, dicho profesionalismo se debe en gran medida a la exigencia y conocimiento de sus profesores. Los docentes como fuente de conocimiento guían al estudiante en su desarrollo académico, para esto se deben afrontar los distintos puntos de quiebre que se pueden presentar durante el proceso de formación, tales como la variedad de recursos bibliográficos, la diversa terminología usada por los autores y el conocimiento previo que requiere el estudiante para un desarrollo académico completo. Con el fin de evitar estos aspectos negativos, la Universidad en su proceso de mejora continua, debe adecuar la formación académica de sus estudiantes buscando la forma de suplir las necesidades presentes en la pedagogía.

Los procesos en la industria química son amplios y diversos, por tanto, un ingeniero químico debe conocer la mayor cantidad de éstos, de tal modo que esté en capacidad de desempeñarse en diversas áreas y ser más competitivo a nivel profesional. La asignatura de octavo semestre de ingeniería química OPERACIONES UNITARIAS II es una de las más importantes para la formación académica de un ingeniero químico, puesto que contiene temas esenciales para su vida profesional, tales como transferencia de masa interfacial, absorción y destilación.

Teniendo como criterio de evaluación las dificultades que se presentan el curso de operaciones unitarias II, se ve necesario implementar una propuesta de reestructuración de la metodología de enseñanza-aprendizaje de la asignatura, que permitirá a los estudiantes mejorar su rendimiento. Algunas de estas dificultades como la falta de una guía para la asignatura y relacionar la teoría con la práctica, hacen que el estudiante no logre entender fácilmente los conceptos y tener un buen desempeño en la asignatura.

Para realizar la adecuación de la asignatura al programa actual se tuvo en cuenta la incorporación de nuevos contenidos, incluyendo tanto texto guía como ejercicios a cada tema con el fin de reforzar la autonomía del estudiante para su aprendizaje. Además se implementó una práctica de laboratorio que facilitó analizar el proceso de destilación en continuo, realizando una guía de laboratorio del equipo de destilación, donde se tuvo en cuenta los aspectos prácticos y teóricos, además de analizar todas las variables del proceso. Esta práctica tiene como objetivo instruir al estudiante antes y durante la práctica, siendo una herramienta muy útil que guía al estudiante de una forma más simplificada y didáctica.

Esta adecuación contó con la asesoría de los profesores de la asignatura para la conformación de un libro guía y material pedagógico, cuya recopilación de diversas bibliografías, ejercicios, videos y artículos científicos comprende todos los temas estudiados en la asignatura y va dirigida tanto al docente como al estudiantado, con el fin de mejorar la dinámica, el modelo y la estrategia pedagógica del curso.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un nuevo material pedagógico para la asignatura “OPERACIONES UNITARIAS II” con el fin de mejorar en el estudiante la capacidad de comprensión del curso, adecuándolo al nuevo programa de la asignatura.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la percepción del estudiante en cuanto a la necesidad de nuevas herramientas y procesos que colaboren en su proceso de enseñanza aprendizaje.
- Complementar el contenido actual de la asignatura e implementar nuevos temas al curso, adaptándolo al programa de la asignatura establecido en el acuerdo No. 027 de 19 de Febrero de 2013 por el cual se acuerda la modificación del plan de estudios del programa de Ingeniería Química.
- Recopilar información de diversas fuentes bibliográficas y elaborar un libro guía que contenga todo el estado del arte de la asignatura, además de ejercicios resueltos.
- Realizar una guía de laboratorio que permita reforzar los conocimientos teóricos de los temas de destilación continua, así como fortalecer en el estudiante el interés por enriquecer su formación académica.

2. ESTADO DEL ARTE

Las distintas estrategias que usa un docente a la hora de difundir su conocimiento son la clave fundamental de una formación académica adecuada para el estudiantado, la elección de un método puede influir considerablemente en la capacidad de transmitir su conocimiento al estudiante, es por esto que se deben buscar diferentes medios para mejorar su rendimiento académico, actualizando y mejorando las técnicas pedagógicas usadas. Por esta razón involucrar estudiantes dentro de este medio es una forma de juntar sus experiencias propias con la pedagogía, con el fin de conocer sus ventajas y falencias, para así diseñar medios de adquirir conocimiento de una forma más efectiva ayudando a comprender al docente que puntos debe cambiar y cuáles debe mejorar.

En algunas universidades tanto nacionales como internacionales buscan la manera de emplear diversos métodos pedagógicos, debido a que éstos presentan buenos resultados, por ejemplo el proyecto “Diseño e implementación de estrategias de aprendizaje activo en taller de emprendimiento para estudiantes de Ingeniería” dirigido por la Dra. Jimena Pascual y Mg. Patricia Jiménez docentes de la Universidad Católica de Valparaíso de Chile en donde explicaron cómo es necesario innovar en la docencia y buscar diversos métodos de llegar a los estudiantes mejorando la calidad de enseñanza, obteniendo resultados favorables en la ejecución del proyecto. La ingeniera Patricia Jiménez asegura que “En estos tiempos no podemos quedarnos en viejas prácticas o repetir formas de enseñanza basadas en paradigmas más antiguos, y que no tienen que ver con las generaciones de estudiantes que actualmente se encuentran en las aulas” [1].

En la Universidad Industrial de Santander se han realizado varios proyectos de grado referentes al diseño e implementación de diferentes métodos pedagógicos para mejorar el rendimiento del estudiante en la asignatura, la mayoría para el programa académico de Ingeniería Industrial, quienes usan diversos métodos para

centrar la atención del estudiante, entre estos los didácticos, bibliográficos y tecnológicos. En la escuela de Ingeniería Química se realizó un proyecto de grado “Elaboración de la asignatura electiva "diseño de equipos de intercambio de calor" para el programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander” el cual consistió en la creación de una asignatura de contexto con su respectivo modelo pedagógico, este se enfocó en la implementación de un libro guía con todo el contenido del curso y una práctica de laboratorio para reforzar la parte teórica, también se conocen casos de profesores que implementaron en sus cursos métodos pedagógicos claves para enseñar.

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA DOCENTE

3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES

Para garantizar una adecuada formación es necesario analizar qué aspectos influyen a la hora de transmitir los conocimientos y la capacidad que tiene el estudiante para entenderlos; se realizó una encuesta haciendo énfasis en los puntos más críticos que pueden afectar la formación del estudiante como: la dificultad de la asignatura, el material suministrado para el desarrollo de la clase, los recursos brindados por la universidad y su rendimiento al cursar la asignatura.

Para conocer la cantidad de encuestas que se realizaron, se tomó como referencia 100 estudiantes que corresponden al promedio que cursan la asignatura por semestre. Para ello se empleó la ecuación de tamaño de muestra para poblaciones finitas donde se conoce el mínimo de estudiantes que pueden dar una medida adecuada para su análisis.

$$n = \frac{N \cdot \sigma^2 \cdot Z^2}{e^2(N - 1) + \sigma^2 \cdot Z^2} \quad (1)$$

Esta ecuación se conoce como estudio de una población finita [2].

Dónde: n = el tamaño de la muestra

N = tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población.

Z = Nivel de confianza, valor obtenido mediante niveles de confianza.

e = Límite aceptable de error muestral.

Para conocer el error de la muestra y el valor de Z se utilizó como herramienta la curva de desviación normal estándar y los valores calculados de su área, se pueden observar en la tabla 1. Se requiere que los resultados de este estudio sean lo más exactos posible, por lo tanto es necesario que el porcentaje de error

permisible no sea mayor al 5%, para ello se tomó un valor de límite aceptable de error (e) y un nivel de confianza (Z) de 1,96.

Tabla 1. Valores calculados del área bajo la curva de desviación estándar

% error	Nivel de confianza	Valor de Z calculado en tablas
1	99%	2,58
5	95%	1,96
10	90%	1,645

Fuente: Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud

La desviación estándar de la población se puede obtener de tres formas: 1) de estudios reportados en revistas, con una población parecida o similar a la que se desea estudiar; 2) con un estudio piloto de 25 sujetos, o 3) se asigna la máxima probabilidad que puede presentar la variable en cuestión, que es, en variables cualitativas del 50% y en el caso de variables cuantitativas se determina la diferencia entre el máximo y el mínimo valor esperado, se divide entre cuatro y, por lo tanto, se tiene una cierta aproximación al valor de la desviación estándar [2].

Conociendo todos los valores se utilizó la ecuación (1).

$$n = \frac{100 \cdot 0,5^2 \cdot 1,96^2}{0,05^2(120 - 1) + 0,5^2 \cdot 1,96^2} = 77 \text{ personas}$$

Según el resultado, se necesitan mínimo 77 personas para realizar la encuesta. Para ello se eligió a un total de 80 estudiantes que estaban cursando la asignatura Laboratorio de Procesos II durante el segundo semestre del año 2016, la cual exige como requisito haber aprobado Operaciones unitarias II.

3.1.1 Desarrollo de la encuesta dirigida a los estudiantes. El modelo de encuesta que se utilizó es el SEEQ (Students' Evaluation of Educational Quality), es un instrumento ideal para la evaluación formativa, fue ideada por Herbert Marsh

y es un cuestionario muy adecuado como motor de un proceso de evaluación formativa. Esto se debe a que posee características adecuadas para este tipo de proceso, entre estas se puede destacar que es un método muy usado en todo el mundo, lo cual permite comparaciones con otras instituciones, además hay la posibilidad de obtener información sobre 9 aspectos diferentes de la docencia (los mayoría planteados en la encuesta), son: aprendizaje, entusiasmo, organización, interacción con el grupo, actitud personal, contenidos, carga de trabajo y dificultad, exámenes y trabajo del curso.

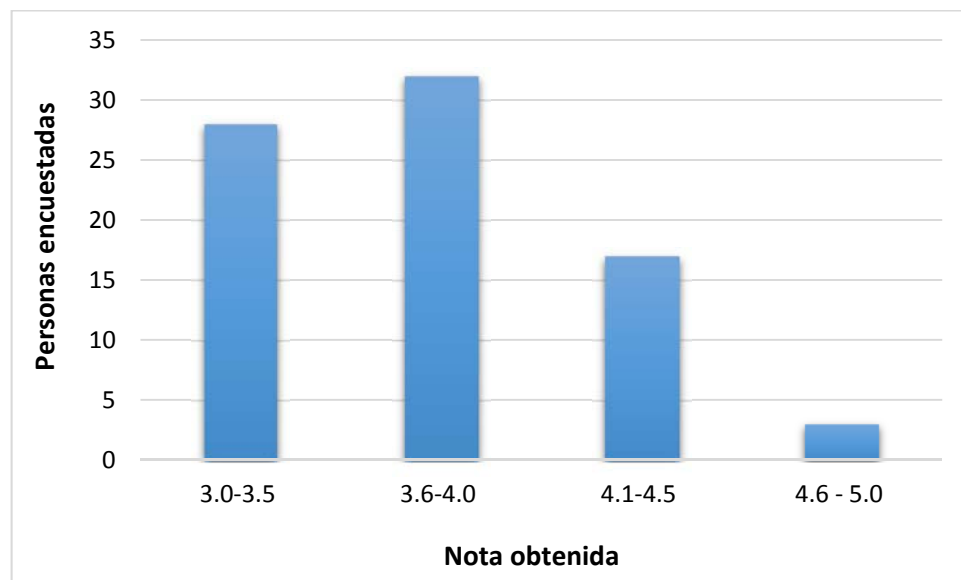
El uso de la encuesta puede reportar una mejora significativa en la práctica docente, puesto que es el mecanismo más apto para cuantificar las respuestas obtenidas debido a la metodología que se emplea, así como la más adecuada para estudios académicos.

Para la selección de preguntas se tuvieron en cuenta las dificultades que afrontan los estudiantes al cursar la asignatura y su rendimiento, teniendo como base la teoría de las inteligencias múltiples propuesta por Howard Gardner en 1983, la cual propone que el ser humano debe desarrollar 8 tipos de inteligencias, estas son: lingüística, lógico-matemática, espacial, musical, intrapersonal, interpersonal y naturalista. Cada persona tiene la habilidad de desarrollar solo algunas de estas en mayor medida, por consiguiente se deben manejar diversos tipos de métodos para abarcar un mayor rango de inteligencias múltiples. La encuesta que se aplicó a los estudiantes se puede observar en el Anexo A [3].

3.1.2 Análisis y resultados. La encuesta se realizó a un total de 80 personas de forma anónima, en su mayoría estudiantes que cursaron y aprobaron la asignatura Operaciones Unitarias II durante el primer semestre del 2016. La Figura 1 representa el rango de notas que los estudiantes obtuvieron en la asignatura, de tal modo de tener información sobre su rendimiento académico, esta pregunta fue de única respuesta. Se puede observar que el 75% de los encuestados obtuvo

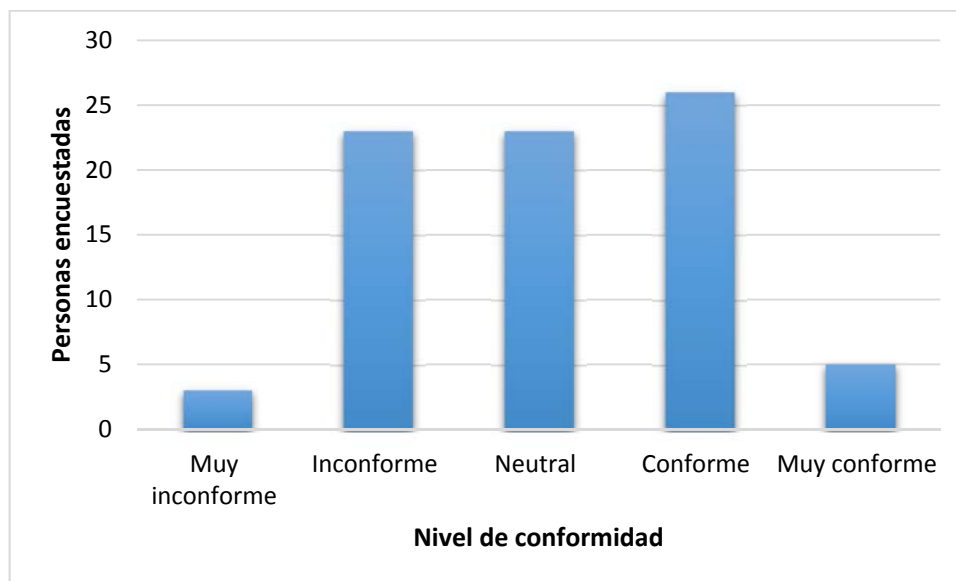
una calificación por debajo de cuatro, lo cual indica que la mayoría de los estudiantes tuvieron un rendimiento académico aceptable, pero debido a que sólo el 25% de los estudiantes sacaron una calificación por encima de 4,0 se puede decir que existen aspectos por mejorar en el desarrollo del curso que permitan el total entendimiento por parte del estudiante.

Figura 1. Rangos de notas finales obtenidas por los estudiantes



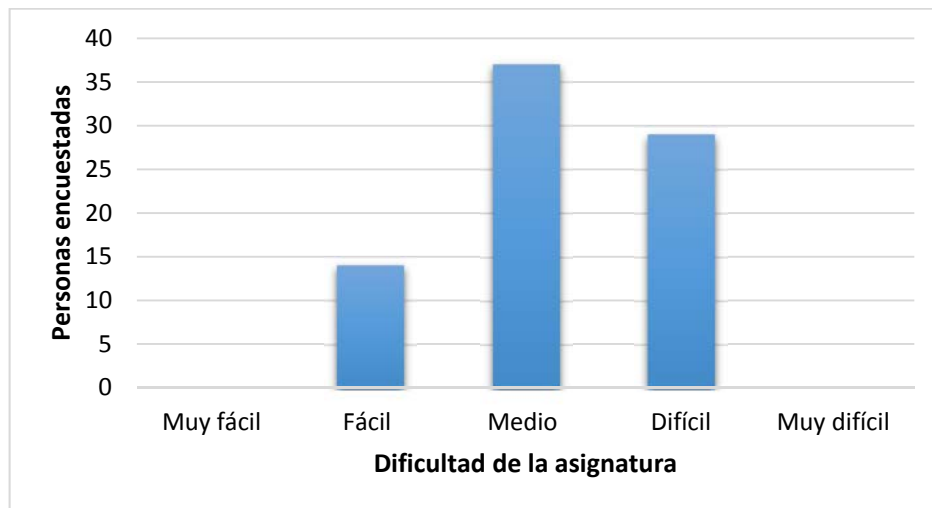
Con el fin de conocer una autoevaluación por parte del estudiante se realizó una pregunta de respuesta única que diera a conocer el esfuerzo del encuestado al cursar la asignatura. En la figura 2 se muestra como un 32,5% se sintió conforme con su rendimiento, mientras que un 28,8% se manifestó inconforme, lo que indica que este porcentaje de estudiantes pudieron haberse esforzado más por obtener mejores resultados. Además se encontró que un 28,8% mantuvo una postura neutral en la situación, lo cual indica que no vieron como una necesidad obtener una buena calificación y mejorar su rendimiento en la asignatura.

Figura 2. Rendimiento académico del estudiante



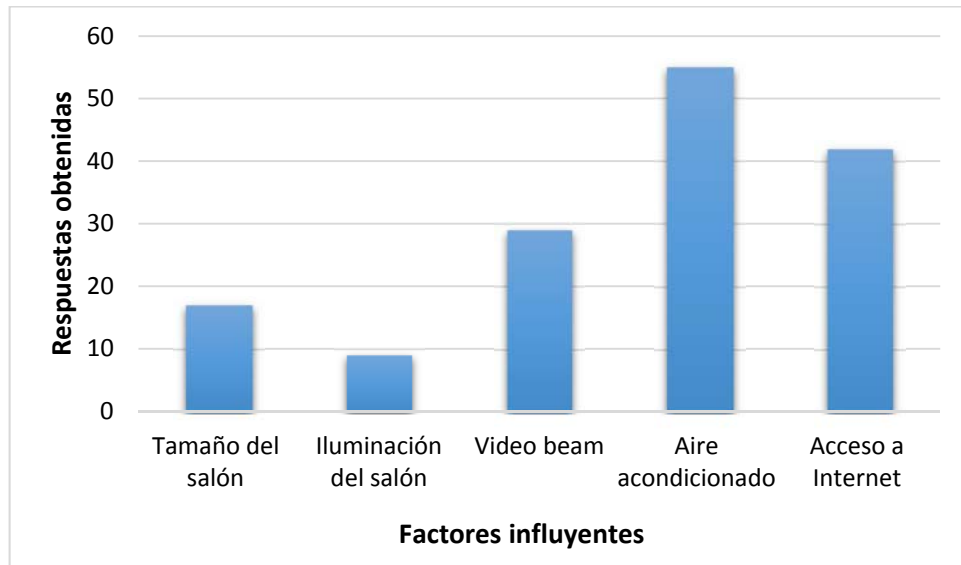
Para realizar un mejor análisis de la experiencia en la asignatura, fue necesario ver qué nivel de dificultad tuvo el curso en una pregunta de respuesta única. En la figura 3 se pueden ver los resultados obtenidos, donde sólo un 17,5% de los encuestados consideraron que la asignatura fue fácil, mientras que un 82,5% presentaron al menos una dificultad en el curso, lo cual no permitió una debida asimilación de los temas. Este es un punto crítico en el fundamento de este proyecto porque se demuestra que existen falencias en el momento de entender de una forma más práctica la temática del curso.

Figura 3. Nivel de dificultad de la asignatura



Para conocer la conformidad de los estudiante con respecto a los recursos brindados por la Escuela de Ingeniería Química en cuanto a infraestructura (Tamaño del salón, iluminación del salón, acceso a internet, video beam y aire acondicionado), se evaluaron aquellos aspectos que necesitan mejoras o son insuficientes, esta pregunta fue de respuesta múltiple y se observan los resultados en la figura 4. Los factores más significativos fueron la disponibilidad del aire acondicionado para un 69,1% de los encuestados, seguido por el acceso a internet para un 52,5% de los estudiantes. Estos aspectos son muy importantes debido a que el estudiante debe desempeñarse en un ambiente propicio para su concentración.

Figura 4. Infraestructura ofrecida por la institución

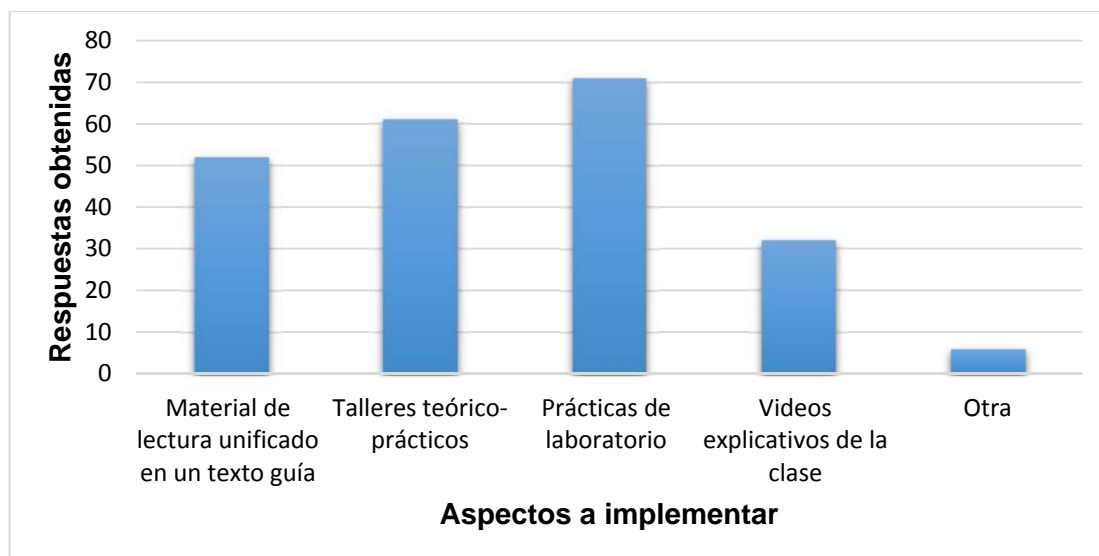


Con el fin de conseguir más información acerca de cuáles podría ser los problemas de comprensión en la asignatura, y encontrar posibilidades de mejora para el estudiantado, se realizó una última pregunta de respuesta múltiple con las posibles soluciones al bajo rendimiento, así como mejorar la transición teórico-práctica.

Como se puede observar en la figura 5 la práctica de laboratorio fue la necesidad mayormente manifestada por el 88,8% de los encuestados, lo cual indica que el estudiante aprendería mejor aplicando en la práctica los conceptos vistos en clase, donde a diferencia de las asignaturas de laboratorio esta práctica puede ser acompañada en su totalidad por el docente, ofreciendo una experiencia más interactiva y enriquecedora para el estudiante. Los talleres teóricos prácticos fueron la segunda opción de los estudiantes, debido a que en la asignatura no hay mucho tiempo para ver la solución de ejercicios, lo cual dificulta que el estudiante pueda desenvolverse plenamente en las evaluaciones del curso, y así comprender mejor los conceptos vistos en clase. Por último, la necesidad de tener un texto sencillo, concreto y unificado fue la tercera opción de mejora para los encuestados

debido a que la existencia de muchas referencias bibliográficas puede dificultar el entendimiento, ya que estos textos presentan diferentes formas de expresión, redacción y nomenclaturas utilizadas.

Figura 5. Instrumentos pedagógicos necesarios para mejorar el rendimiento académico en la asignatura Operaciones Unitarias II.



Con base a los resultados obtenidos en la encuesta, se decidió realizar un libro guía para los estudiantes que contenga todo el programa de la asignatura y temas adicionales que puedan ser implementados (Anexo B), también una serie de ejercicios resueltos y otros planteados para que el estudiante aplique los conocimientos vistos en clase, además de implementar un practica de laboratorio para reforzar la teoría vista en clase y familiarizar al estudiante con los procesos y equipos de la industria, adicionalmente, se recopiló y elaboró un material pedagógico que contiene videos, diapositivas y en algunos casos como absorción y destilación, se realizaron dos simulaciones que contienen ambos temas.

3.2 DESARROLLO DEL LIBRO GUÍA DE LA ASIGNATURA

3.2.1 Recopilación de información. Para el desarrollo del libro guía se tuvieron en cuenta una amplia variedad de autores los cuales abarcan el contenido total de la asignatura. Además se recopiló información de la bibliografía actual de programa y se añadieron nuevos autores con los temas propuestos para la reestructuración de la materia. Después se llevó a cabo la redacción y transcripción de la guía con un contenido de fácil interpretación para el estudiante, así mismo se seleccionaron ejercicios para cada tema con el fin de reforzar la parte teórica y que el estudiante pueda poner en práctica el contenido de la guía.

3.2.2 Contenido del libro guía de la asignatura. El libro guía de la asignatura se compone por 13 capítulos, donde los primeros tres capítulos son el repaso de algunos temas vistos a lo largo de la carrera, que sirven como base para la interpretación de los siguientes temas dentro la guía. Los siguientes cinco capítulos son los temas estudiados en la asignatura actualmente, y los restantes son nuevos temas que serán implementados al curso. **El libro guía completo está disponible en el CD de entrega en una carpeta llamada “Anexos”.** Un resumen de lo tratado en cada capítulo se muestra a continuación:

Capítulo 1. Termodinámica del equilibrio

La recopilación de los temas se obtuvo de libros conocidos a lo largo de la carrera por los estudiantes ya que están familiarizados con la notación que manejan y sus temas son de fácil comprensión [4, 5,6].

En este capítulo se describe el equilibrio entre fases L-G, L-V, L-S y G-S, temas muy importantes para la interpretación de los diversos sistemas y equipos que se manejan a lo largo de la guía. Se ha creado un subtema adicional como la obtención de curvas de equilibrio L-V por medio del software de simulación Aspen

HYSYS v8.8 el cual puede ser usado como complemento al tema de destilación binaria.

Los ejercicios planteados al final del capítulo, fueron tomados de las mismas fuentes bibliográficas de las cuales se recopiló la información teórica.

Capítulo 2. Fenómenos de transporte

Para la recopilación de información del presente capítulo se eligieron fuentes bibliográficas que muestran el contenido deseado de una manera resumida y entendible, además de seleccionar ejercicios adecuados para que el estudiante pueda fortalecer lo aprendido [6, 7, 8, 9].

Este capítulo consta de dos temas fundamentales en los fenómenos de transporte tales como difusividad y coeficientes de transferencia de masa, que forman parte de una introducción a las operaciones de transferencia de masa. Este tema ha sido añadido para colaborar en la interpretación de algunos coeficientes y variables usados a lo largo de la guía.

Capítulo 3. Estequiometría

El contenido del presente capítulo se recopiló de dos libros usados comúnmente por los estudiantes que cursan la asignatura de estequiometría, los cuales presentan un contenido de fácil manejo y comprensión, además de ejercicios resueltos y planteados tomados de estos mismos [10,11].

La recopilación de los aspectos fundamentales a tener en cuenta para los balances de masa es muy importante para todo proceso de separación, ya que por medio de éstos se obtienen algunas ecuaciones de diseño de ciertos equipos usados en procesos industriales, por lo tanto se ha elaborado un capítulo como introducción a este tema en el cual se dará una breve explicación de tipos de balances de masa.

Capítulo 4. Balances en Procesos por etapas y Transferencia de Masa Interfacial

La recopilación de los temas se obtuvo de diversas fuentes bibliográficas que explican claramente los temas a tratar [4, 5, 12,13]. Este capítulo estudia los balances en procesos por etapas se basan en el análisis de la transferencia de masa y energía. Los procesos químicos pueden clasificarse en intermitentes (batch), continuos o semi-intermitentes y como estacionarios o transitorios, también se menciona el método de McCabe-Thiele como una pequeña introducción para futuras aplicaciones. Se realizaron algunos ejemplos para el entendimiento del estudiante y se plantearon otros para que aplique los conocimientos aprendidos.

Capítulo 5. Absorción

Este capítulo ha sido una recopilación de varias fuentes bibliográficas [4, 5, 9,14, 15, 16] el cual tiene como objetivo principal la interpretación del proceso de absorción de una manera detallada y muy comprensible. Este capítulo incluye temas como: absorción en torre de platos: (estimación del número de platos, cálculo de altura de una columna, diámetro y caída de presión), absorción en torre empacada: (estimación del número de unidades de transferencia y cálculo de altura, diámetro y caída de presión), absorción no isotérmica, y absorción multicomponente, cálculo de altura, diámetro y caída de presión en torre empacada y torre de platos. Se escogieron ejercicios que abarcaran todos los temas del capítulo y se hicieron algunos ejemplos como guía.

Capítulo 6. Destilación binaria

En este capítulo se dará una introducción al concepto claro de las operaciones de destilación, y se profundizará en los temas de destilación flash, continua, intermitente, y fraccionada, también se solucionaron algunos ejercicios como guía y se propusieron algunos otros para reforzar el contenido. Se hace énfasis en el tema de destilación fraccionada por medio del método McCabe-Thiele. Debido a que es un capítulo muy extenso, es viable seguir conservando dicho método para el diseño de torres de destilación fraccionada [4, 5, 9, 13,14].

Capítulo 7. Destilación fraccionada multicomponente

La recopilación de los temas se obtuvo de diversas fuentes bibliográficas que explican claramente los temas a tratar, además de contar con ejercicios explicativos para ayudar al estudiante [4, 5, 13, 14, 17, 18]. En este capítulo se estudiará más a fondo la operación de destilación multicomponente, dando a conocer las consideraciones generales para efectuarla, también se aprenderá a reconocer los componentes claves de la mezcla y a emplear el método de Fenske-Underwood-Gilliland (FUG) y de Lewis y Matheson para la solucionar la operación.

Capítulo 8. Adsorción e intercambio iónico

En este capítulo se estudiarán los tipos de adsorción y los equipos que se usan para esta operación, también a diseñar un equipo realizando su balance de materia y contemplando las ecuaciones necesarias para poder especificar el equipo, también se explicara cómo funciona la operación de intercambio iónico y que funciones tiene. La biografía utilizada para este capítulo consto de cuatro libros que contenían todo lo necesario para un total entendimiento del tema, también se seleccionaron ejercicios para que el estudiante resuelva como complemento a la parte teórica [4, 5, 12,14].

Capítulo 9. Membranas

Para la recopilación de la información de dicho capítulo se tuvieron en cuenta algunos libros que manejan una notación familiar y muestran un contenido resumido e importante para la interpretación del capítulo [4, 9,15]. Este capítulo tiene como fin llevar al lector a la interpretación de la operación de separación por membranas, los materiales que se emplean, los equipos de membranas y la fuerza impulsora de transferencia de masa. Los ejercicios planteados al final del capítulo, fueron tomados de las mismas fuentes Bibliográficas de las cuales se recopiló la información teórica.

Capítulo 10. Extracción con fluidos supercríticos

Este capítulo habla sobre la extracción con fluidos supercríticos, explicando previamente que es un fluido supercrítico y qué características tiene, también muestra que aplicaciones tiene esta operación unitaria y como se realiza su proceso esencialmente con CO₂ que es el fluido más usado para este tipo de extracción. La biografía de este capítulo está compuesta por 3 libros con la información suficiente para explicar el tema con claridad, estas son [19, 20, 21].

Capítulo 11. Cristalización

Debido a que es un tema muy extenso no se profundizó en su totalidad, por consiguiente se elaboró un capítulo que se observa la operación unitaria de manera resumida y a su vez entendible para los estudiantes, además de contener ejercicios resueltos y planteados para reforzar lo aprendido [6, 9, 14,22]. En el presente capítulo se enfatiza en temas como la configuración geométrica de los

tipos de cristales, la operación de separación por cristalización, balances de materia y algunos equipos para la operación de dicho proceso.

Capítulo 12. Intensificación de procesos

Este capítulo enseña la importancia de intensificar un proceso y todos los acontecimientos que ocurren al hacerlo, así mismo explica cómo se debe realizar la intensificación y también muestra los pasos a seguir para intensificar un proceso, estos son: definir el problema, recopilar datos e identificar los cuellos de botella / limitaciones para recoger PI viable equipo / estrategias, seleccionar y desarrollar modelos, generar opciones viables diagramas de flujo, pantalla rápida para restricciones del proceso basado en modelos de acceso directo y minimizar la función objetivo y validar más prometedor por los experimentos. La bibliografía usada para este capítulo consta solo de dos recursos bibliográficos donde se explica en su totalidad el tema con alto contenido en diagramas para guiar al lector, estas son [23, 24].

Capítulo 13. Selección de procesos de separación

Se juntó información de tres fuentes Bibliográficas importantes para la interpretación de algunos procesos de separación, el capítulo es netamente teórico por lo que se debe prestar atención a los ejemplos ya que por medio de estos es que se logra comprender la temática del capítulo [9, 25,26]. En este capítulo se estudia el fundamento lógico para la selección de procesos de separación determinados, como posibles candidatos para llevar a cabo una separación en particular. La mayor parte de esta guía se refiere al análisis de un proceso de separación dado, incluyendo a su vez los medios de separación, tipo de equipo y agente de separación elegido.

3.2.3 Implementación del libro guía en la asignatura. Para que el estudiante tenga fácil acceso al contenido del libro guía de la asignatura, los capítulos del libro, así como las guías de ejercicios y el material complementario se incluirán en el sitio web donde actualmente se encuentra montada la asignatura en la plataforma Aula Virtual Moodle.

3.3 DESARROLLO DE LA GUÍA PARA LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

3.3.1 Antecedentes. El equipo de destilación en continuo DVI/3000/S fue adquirido en el año 2015 por la Universidad Industrial de Santander a través del Banco de Proyectos de la Vicerrectoría Administrativa, como parte de un proyecto liderado por la Escuela de Ingeniería Química para la modernización y actualización del Laboratorio de Procesos. Debido a esto, fue necesario la puesta en marcha del mismo, teniendo en cuenta los lineamientos del Manual del Usuario, y adaptar las prácticas de laboratorio presentes en el mismo para poder desarrollar una práctica de laboratorio disponible para la asignatura Laboratorio de Procesos II así como Operaciones Unitarias II. Por esta situación, y debido a la necesidad de un manual de funcionamiento práctico y entendible por cualquier estudiante que fuera a realizar la práctica en dicho equipo, se planteó la creación de una guía que permita la puesta en marcha, operación y parada de una operación de destilación en continuo para separar una mezcla de etanol agua de forma segura tanto para el equipo como para el operador.

3.3.2 Aspectos importantes de la práctica. La práctica posee muchos factores importantes a tener en cuenta para su operación, **debido a su tamaño, la guía para la operación y puesta en marcha del equipo, se encuentra en el CD de entrega en una carpeta llamada “Anexos**, donde se muestra toda la información detallada del equipo, los aspectos más relevantes para el debido funcionamiento del equipo y un buen desarrollo de la práctica.

3.3.2.1 Objetivos pedagógicos.

- ✓ Estudio de la destilación continua
- ✓ Estudio de la destilación discontinua
 - Caracterización de la eficacia de la destilación: Determinar el número de platos teóricos
- ✓ Estudio de la influencia de los parámetros
 - Potencia de calentamiento
 - Flujo de alimentación
 - Composición de la mezcla a separar
 - Nivel de alimentación
 - Relación de reflujo

3.3.2.2 Actividades previas. Para realizar la práctica es necesario tener en cuenta diferentes aspectos que pueden afectar el debido funcionamiento del equipo o alterar los resultados esperados, uno de estos es la limpieza adecuada del equipo, el equipo debe ser vaciado después de acabar la práctica, dando el tiempo necesario para que la temperatura de la mezcla se normalice y así ser retirada del equipo de manera segura, igualmente se debe verificar que no haya ningún residuo de la mezcla de experiencias anteriores con el fin de evitar que el resultado final no se vea alterado. Otro factor importante a tener en cuenta es que todas las válvulas que suministran fluido de refrigeración a los condensadores, estén abiertas para evitar que el equipo tenga un mal funcionamiento y pueda dañarse.

3.3.2.3 Puesta en marcha del equipo. En cuanto a la puesta en marcha del equipo son pocos los aspectos que se han de tener en cuenta para el debido funcionamiento, puesto que este posee un sistema de control muy seguro, sin embargo se debe tener en cuenta que la bomba esté funcionando correctamente para evitar que el nivel del rehervidor esté por debajo del mínimo y pueda dañar el sistema de calefacción.

3.3.3 Realización de la experiencia. Para el desarrollo de la guía fue necesario estudiar el manual oficial del equipo suministrado por la empresa PIGNAT S.A., con el fin de entender los fenómenos que ocurren dentro del equipo, el tipo de solución a separar, las variables de operación medidas por los respectivos sensores a lo largo de la columna, y todos los aspectos que permiten mantener la seguridad del equipo y del operario. Luego de realizar la lectura detallada del manual y teniendo en cuenta sus recomendaciones, se realizaron las primeras prácticas manteniendo los parámetros controlables dentro de los límites de operación, tales como la composición de la solución a destilar, el plato de alimentación, temperatura del precalentador, temperatura del rehervidor, tasa de reflujo, flujo de entrada de solución, flujo de condensado, y concentración final, entre otras variables.

Luego de efectuar varias prácticas, con el fin de especificar los valores óptimos del funcionamiento de la torre, se analizaron las variables más influyentes y se recopilaban datos hasta conocer su punto óptimo. Una vez recolectados los datos se actualizó la guía del equipo desarrollada por la profesora Debora Nabarlatz, que contiene procedimientos necesarios para el óptimo funcionamiento de la torre y un ejercicio práctico de aplicación de la operación unitaria, además complementa, mejora y actualiza el manual de usuario del equipo, permitiendo la fácil comprensión del mismo.

Con el fin de conocer las falencias que esta guía podría presentar en su comprensión, durante el primer semestre de 2016 se implementó la práctica de destilación utilizando este equipo y su respectiva guía en la asignatura Laboratorio de Procesos II de Noveno semestre. Para ello, se hizo un seguimiento a las primeras prácticas efectuadas por los estudiantes, lo cual permitió detectar los errores y actualizar la guía para permitir su comprensión. Adicionalmente, se realizaron otras prácticas por ejemplo en el Taller de Destilación en Torre Controlada llevado a cabo durante la inauguración del Capítulo Estudiantil (AIChE) en Agosto de 2016 con estudiantes que aún no habían cursado la asignatura, los cuales asimilaban satisfactoriamente el contenido de la guía.

3.4 CONTENIDO COMPLEMENTARIO

3.4.1 Diapositivas. Como complemento para cada uno de los capítulos se diseñaron diapositivas que sirven como soporte para la comprensión de los temas estudiados en la asignatura reemplazando el material antiguo con un formato mejorado y más entendible que servirán de apoyo para el profesor para explicar y reforzar el contenido de libro guía de la asignatura.

3.4.2 Lecturas adicionales. Para mejorar el entendimiento del tema y conocer aplicaciones de lo visto teóricamente se incorporó material de lectura adicional con temas referentes a la industria química donde se ven empleadas las operaciones unitarias vistas en clase.

3.4.3 Videos. Como complemento adicional para los estudiantes se recolectaron videos con contenidos diversos que reflejan los temas vistos en la asignatura, tales como experiencias prácticas que ayudarán a entender los fenómenos vistos en aplicaciones relacionadas con la ingeniería química.

3.4.4 Aspen HYSYS. Debido a la importancia que tiene el uso de programas informáticos para la formación del estudiante se realizaron dos prácticas debidamente explicadas con el simulador Aspen Hysys, estas son:

ABSORCIÓN:

Para este tema se tuvo en cuenta un ejemplo muy común de separación de gases como lo es la absorción de SO_2 presente en una corriente de aire con agua pura en una torre empacada. Se asignan las condiciones a las cuales se llevará a cabo el proceso, tales como la concentración de entrada de gas a la columna que es de un 3% de SO_2 en volumen, la cantidad de SO_2 que se desea absorber, temperatura, presión, caudal de líquido y tipo de empaque. Se considera un ejemplo completo que reúne la temática vista en clase de una manera práctica y entendible. La simulación se explica en forma detallada por medio de un video tutorial el cual se elaboró como complemento al tema de Absorción.

DESTILACIÓN MULTICOMPONENTE:

La destilación multicomponente es un proceso que se vuelve tedioso y complejo a la hora de ser diseñado de modo manual. Para mejorar este aspecto se cuenta con la herramienta de simulación Aspen Hysys la cual permite simular dicho proceso de manera acertada y comprensible. Un ejemplo práctico para entender este tema, sería la separación de un crudo liviano para la formación de GLP (Gas licuado del petróleo), dicha operación se lleva a cabo por medio de dos torres fraccionadoras a las cuales se les identificarán los compuestos clave liviano y clave pesado, seguido de esto se obtendrán algunas variables como fracción molar del producto final de GLP, número mínimo de platos en cada columna, temperatura del condensador y rehervidor en cada torre, calor de condensador y rehervidor en cada torre y por último el reflujo mínimo en cada columna. La simulación se explica en forma detallada por medio de un video tutorial el cual se elaboró como complemento al tema de Destilación multicomponente.

4. CONCLUSIONES

- Evaluar la percepción del estudiante fue esencial para conocer los aspectos más importantes a reforzar en la asignatura e implementar otros para mejorarla.
- La creación de un libro guía para la asignatura es una herramienta muy práctica para la materia debido a que el estudiante podrá encontrar toda la información necesaria para el desarrollo del curso y facilitará el entendimiento de lo visto en clase.
- Teniendo como pilar fundamental la experimentación, se elaboró una guía para el laboratorio de destilación continúa con reflujo, la cual indica los pasos a efectuar en el momento de realizar la práctica de una manera detallada.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar nuevas mezclas a separar en la práctica propuesta, distintos a la separación de etanol-agua.
- Implementar videos explicativos de las clases teóricas como plan de refuerzo al contenido de la asignatura.
- Analizar la alternativa de implementar nuevas prácticas de que permitan estudiar los aspectos generales de diferentes métodos de separación sólido-liquido.
- Diseñar simulaciones para cada una de las operaciones unitarias con su respectivo video donde se explique paso a paso el procedimiento a seguir.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR; BAROJAS. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud, Salud en Tabasco, No 11, 2005. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>.
- CARDONA, Carlos; ORREGO, Carlos. Avances investigativos en la producción de biocombustibles. . Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Manizales 2009
- DE VILLENA, Manuel, et al, La Encuesta Seeq Como Instrumento De Mejora Continuada: Aplicaciones En Diferentes Contextos Universitarios. Universidad tecnológica de Catalunya, Barcelona, 2008. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/16014/280.pdf>
- PASCUAL, Jimena; JIMÉNEZ, Patricia. Diseño e implementación de estrategias de aprendizaje activo en taller de emprendimiento para estudiantes de Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 2016. [En línea], Disponible en: <http://innovaciondocente.ucv.cl/wp-content/uploads/2016/04/Industrial.pdf>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PASCUAL, Jimena; JIMÉNEZ, Patricia. Diseño e implementación de estrategias de aprendizaje activo en taller de emprendimiento para estudiantes de Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 2016. [En línea], disponible en: <http://innovaciondocente.ucv.cl/wp-content/uploads/2016/04/Industrial.pdf>
- [2] AGUILAR. BAROJAS. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud, Salud en Tabasco, No 11, 2005. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>.
- [3] DE VILLENA, Manuel, et al, LA ENCUESTA SEEQ COMO INSTRUMENTO DE MEJORA CONTINUADA: APLICACIONES EN DIFERENTES CONTEXTOS UNIVERSITARIOS. Universidad tecnológica de Catalunya, Barcelona, 2008. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/16014/280.pdf>.
- [4] GEANKOPLIS, C J. Procesos de Transporte y Principios de Procesos de Separación (incluye operaciones unitarias). Cuarta edición. México: Compañía editorial continental, 2006. 1052 p.
- [5] TREYBAL, R E. Operaciones de Transferencia de Masa. Segunda edición. México: McGraw Hill, 1994. 865 p.
- [6] HENLEY, E J; SEADER, J D. Operaciones de Separación por Etapas de Equilibrio en Ingeniería Química. Primera edición. Barcelona: Reverté, 1988. 841 p.
- [7] SMITH, J; VAN NESS, H. Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química. Séptima edición. México: McGraw-Hill, 2003. 880 p.
- [8] ÇENGEL, Y; A, BOLES M A. Termodinámica. Séptima edición. México: McGraw-Hill, 2011. 1041 p.
- [9] HENLEY, E J; SEADER, J D. Separation Process Principles: Chemical and Biochemical Operations. Third edition. United States of America: WILEY, 2006. 849 p.
- [10] FELDER; ROUSSEAU. Principios elementales de los procesos químicos. Tercera edición. México: Limusa Wiley, 2004. 712 p.

- [11] G V, Reklaitis; R S, Daniel. Balances de materia y energía. Primera edición. México: Nueva editorial Interamericana, 1986. 649 p.
- [12] MARTÍNEZ, P; RUS, E. Operaciones de separación en ingeniería química: Métodos de cálculo. Primera edición. Madrid: Pearson educación, S.A., 2004. 1038 p.
- [13] COULSON y RICHARDSON. Chemical Engineering Desing. Elsevier Butterworth-Heinemann. 4 ed. Oxford (2005).
- [14] MCCABE, W; SMITH, J. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Séptima edición. México: McGraw-Hill, 2007. 1211 p. Ingeniería Química.
- [15] OCON, J; TOJO, G. Problemas de Ingeniería Química: Operaciones básicas, Primera edición. Tomo 1 y 2. España: Editorial Aguilar, 1963. 610 p.
- [16] WANKAT, P C. Ingeniería de procesos de separación. Segunda edición. México: Pearson Educación, 2008. 768 p.
- [17] UNIVERSIDAD DE ALICANTE, Métodos aproximados para el cálculo de operaciones de separación multicomponente, [En línea]. Disponible en <http://iq.ua.es/MetAprox/index.html>.
- [18] UNIVERSIDAD DE ALICANTE, Ampliación de Operaciones de Separación. 2. Métodos rigurosos, [En línea]. Disponible en <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1890/1/AOSTEMA2.pdf>.
- [19] CARDONA, Carlos y ORREGO, Carlos. Avances investigativos en la producción de biocombustibles. . Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Manizales 2009
- [20] VELÁQUES, Ángela, La tecnología de fluidos supercríticos, un proceso limpio para el sector industrial. Revista técnico-científica Producción + Limpia. 2008, Vol 3, No 2. P. 99-104.
- [21] MESA, José. Síntesis y procesado de materiales híbridos, Fluidos supercríticos. En: Universidad del País Vasco. [En línea]. Disponible en: http://joseluismesarueda.com/documents/TEMA_2_004.pdf.
- [22] MARTÍNEZ, P; RUS, E. Operaciones de separación en ingeniería química: Métodos de cálculo. Primera edición. Madrid: Pearson educación, S.A., 2004. 1038 p.

[23] LUTZE, Philip; GANI, Rafiqul; WOODLEY, John. Process intensification: A perspective on process synthesis. University of Denmark, Søtofts Plads. ELSEVIER. 2010.

[24] KLEMEŠ, Jiří; VARBANOV, Petar. Process Intensification and Integration: an assessment. Springer-Verlag. Berlin. 2013

[25] JUDSON KING, C. Procesos de Separación. Primera edición. México. Editorial REVERTÉ, 1988. 950 p.

[26] JIMENEZ G A. Diseños de Procesos En Ingeniería Química. Editorial Reverté, S.A. España (2003)

ANEXOS

Anexo A. Encuesta realizada a estudiantes

1. ¿En qué rango estuvo su nota al final de la asignatura?
3,0-3,5 _____
3,6-4,0 _____
4,1-4,5 _____
4,6 – 5,0 _____
2. ¿Cómo se sintió con su rendimiento académico en la asignatura?
Muy inconforme _____
Inconforme _____
Neutral _____
Conforme _____
Muy conforme _____
3. En su experiencia con la asignatura, ¿qué nivel de dificultad cree que tiene la asignatura?
Muy fácil _____
Fácil _____
Medio _____
Difícil _____
Muy difícil _____
4. ¿Qué factores relacionados con los recursos físicos considera que son insuficientes o hay que mejorar?

Tamaño del salón _____
Iluminación del salón _____
Video beam _____

Aire acondicionado _____

Acceso a Internet _____

5. Cuáles de los siguientes aspectos considera se deberían implementar como apoyo pedagógico a la asignatura

Material de lectura unificado en un texto guía _____

Talleres teórico-prácticos _____

Prácticas de laboratorio _____

Videos explicativos de la clase _____

Otra (describa) _____

Anexo B. Programa de la asignatura.



ASIGNATURA: OPERACIONES UNITARIAS II

CÓDIGO DE ASIGNATURA: 21420

NÚMERO DE CRÉDITOS: 4

SEMESTRE: 8

REQUISITOS:

- 21410 Operaciones Unitarias I
- 27543 Ingeniería Computacional

JUSTIFICACIÓN:

La Ingeniería Química como disciplina nace a partir de la química orgánica industrial en Alemania en la 2da mitad del siglo XIX. Sin embargo, cuando en EEUU comienza la producción de químicos a gran escala (commodities) a mediados del siglo XX, surge la necesidad de pasar de los experimentos hechos a escala laboratorio para comenzar la producción a nivel industrial. En la primera década del siglo XX surge por primera vez el concepto de “operación unitaria”, el cual se refería a las operaciones básicas dentro del proceso industrial. Este concepto marca un punto remarcable en la historia de la Ingeniería Química, determinando no sólo la educación sino también la definición y justificación de los ingenieros químicos. Es por ello que las operaciones unitarias son la base sobre la cual se desarrollan las principales competencias del Ingeniero Químico. El conocimiento de los principios en los que se fundamentan las operaciones unitarias permite al ingeniero elegir la secuencia de procesos adecuada para la separación requerida, ahorrando energía y recursos, minimizando residuos, haciendo a la vez el proceso viable económicamente. Con esta asignatura se pretende ayudar a globalizar los conceptos detectando las similitudes que se observan en los diferentes procesos de operaciones unitarias, buscando

desarrollar la capacidad de análisis de las operaciones de separación con respecto a eficiencia, ahorro energético, selección de procesos y optimización del diseño.

PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA:

- ✓ Favorecer en el estudiante la comprensión de los principios fundamentales de las operaciones de separación en ingeniería química.
- ✓ Contribuir al desarrollo de la capacidad de análisis en el estudiante, con respecto a diseñar operaciones de separación teniendo en cuenta la eficiencia, ahorro energético, selección de procesos y optimización del diseño.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE:

- ✓ Resolver problemas relacionados con operaciones de separación y de transferencia de masa.
- ✓ Analizar condiciones óptimas para la separación de componentes en diferentes tipos de operaciones unitarias.
- ✓ Resolver problemas relacionados con separación de mezclas multicomponentes.
- ✓ Analizar posibles alternativas de intensificación de procesos para distintos tipos de separación.

CONTENIDOS:

1. DISEÑO DE OPERACIONES DE SEPARACIÓN

1.1. Separación con membranas: microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, diálisis, ósmosis inversa, membranas líquidas.

1.2. Adsorción e intercambio iónico.

1.3. Cristalización.

1.4. Extracción en condiciones supercríticas.

• Taller 1: Tema 1.1 y Tema 1.2

• Taller 2: Tema 1.3 y Tema 1.4

2. SEPARACIÓN DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES.

2.1. Destilación de mezclas multicomponente: componentes clave y componentes no clave; análisis de sistemas pseudobinarios; métodos de solución.

- Taller 3. Destilación de mezclas multicomponentes en batch
- Taller 4. Destilación de mezclas multicomponentes en continuo

3. SELECCIÓN DE PROCESOS DE SEPARACIÓN.

3.1. Factores de selección: factibilidad técnica, factibilidad económica; daño al producto por las condiciones de operación o la presencia de solventes; factor de separación y propiedades moleculares.

3.2. Análisis de casos específicos.

- Taller 5. Resolución de casos específicos de procesos de separación.

4. INTENSIFICACIÓN DE PROCESOS.

4.1. ¿Qué involucra la intensificación de procesos?

4.2. Tipos de intensificación de procesos: a nivel de fase, a nivel de unidad de procesos, y a nivel de planta.

4.3. Ejemplos de intensificación de procesos: ventajas y desventajas sobre los procesos convencionales.

- Taller 6. Lectura y análisis de artículos específicos sobre el tema.

5. DISEÑO Y OPERACIÓN ÓPTIMA DE OPERACIONES DE SEPARACIÓN.

5.1. Optimización: reflujo óptimo en columnas de destilación; optimización de la composición de productos; presión óptima; diámetro óptimo de columna; factores de sobrediseño.

5.2. Dinámica de los procesos de separación; estrategias de control de procesos.

- Taller 7. Ejercicios de optimización de procesos
- Taller 8. Ejercicios para detectar estrategias de control de procesos.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE:

El estudiante será responsable de su propio aprendizaje, desarrollará habilidades de buscar, seleccionar, analizar y evaluar la información, asumiendo un papel activo en la construcción de su propio conocimiento. Específicamente el estudiante desarrollará las siguientes actividades:

- ✓ Clases teórico-prácticas a cargo del profesor, donde se detallen los diferentes temas del curso y el alumno pueda resolver dudas y planteos.
- ✓ Lectura individual previa a cada sesión de los diferentes temas del curso.
- ✓ Análisis y discusión de diferentes artículos científicos relacionados con el curso.
- ✓ Realización de exposiciones, ensayos y talleres tanto individuales y grupales, en forma presencial, así como para hacer en casa.
- ✓ Elaboración de un proyecto de aplicación con base en los conceptos estudiados en el curso, dando a conocer los fundamentos teóricos de un ejemplo de intensificación de procesos en particular, posibles aplicaciones y equipos utilizados. La exposición y defensa debe realizarse tanto en forma escrita, así como en forma oral.

SISTEMA DE EVALUACIÓN:

Indicadores de Aprendizaje. Durante el desarrollo del curso el estudiante: Especifica los grados de libertad y las variables a tener en cuenta para un determinado problema de separación. Comprueba coeficientes binarios de difusión, así como los coeficientes locales y globales de transferencia de masa y los flujos difusivos molares y totales.

Resuelve ecuaciones de balance de materia, energía y relaciones de equilibrio entre fases para diferentes operaciones unitarias. Realiza el diseño de procesos de separación estableciendo parámetros básicos de diseño del equipo. Establece el método y la secuencia adecuada de separación de mezclas binarias/multicomponentes. Realiza el diseño de equipos de separación de mezclas multicomponentes, utilizando métodos adecuados. Evalúa alternativas y establece ventajas y desventajas para la posible aplicación de tecnologías de intensificación de procesos para la solución de un problema de separación concreto. Establece distintos métodos de optimización de las variables involucradas en una separación en concreto.

Estrategias de Evaluación.

Se usarán las siguientes:

- ✓ Asignación de problemas que requieran la realización de balances de materia y energía para el diseño de los equipos en diferentes operaciones unitarias.
- ✓ Asignación de problemas conducentes a resolver problemas sencillos pero reales para adquirir habilidad en la identificación de los diferentes parámetros necesarios para su resolución, tales como identificación y búsqueda de datos necesarios, utilización de métodos numéricos, programas de simulación de procesos, etc. para su resolución.
- ✓ Discusión en clase de métodos clásicos cortos y detallados para la resolución de mezclas multicomponentes.
- ✓ Asignación de problemas de destilación multicomponente para su resolución utilizando software específico.
- ✓ Desarrollo de talleres en clase donde se discuta literatura científica acerca de intensificación de procesos, optimización de procesos, etc.
- ✓ Proyecto donde se identifique un método de intensificación de procesos, y se enumeren los fundamentos de la técnica, y se plantee una solución analítica, numérica o experimental que involucre los conceptos aprendidos en el curso.

Equivalencia Cuantitativa.

Se establecen los siguientes porcentajes para cada uno de los ítems evaluados:

- ✓ Exámenes previos: 50%
- ✓ Examen Globalizador teórico: 25%
- ✓ Talleres y Quices: 10%
- ✓ Proyecto de aplicación: 15%

