

**EL BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO INDUSTRIAL DE
FABRICACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO CON LA METODOLOGÍA ABP
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE
ENSEÑANZA**

ROBINSON TRUJILLO RODRIGUEZ

**Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química
Bogotá D.C
2020**

**EL BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO INDUSTRIAL DE
FABRICACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO CON LA METODOLOGÍA ABP
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE
ENSEÑANZA**

ROBINSON TRUJILLO RODRIGUEZ

Trabajo de grado para optar por el título de Licenciado en química

Directora: Dra. Ximena Umbarila Castiblanco

**Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química
Bogotá D.C
2020**

Notas de aceptación:

Firma de la directora

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C, Noviembre de 2020

DEDICATORIA

A mi abuela María Dora y mi madre Aurora por creer en mí y darme el apoyo en los momentos justos.

A mi hermana Nena por su amor.

A mi familia en general por ser el sostén de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme vivir situaciones que fortalecieron mi carácter y me permitieron crecer a nivel personal y profesional, y ser la persona que soy ahora.

A la **UPN** por ser el espacio donde pase momentos inolvidables de mi vida. A la profesora, **Dra. Ximena Umbarila C.** quien es la directora de este trabajo de grado, por sus conocimientos, sus consejos y como persona, agradezco el inspirarme ser un docente.

A los docentes en formación inicial pertenecientes al espacio académico pedagogía y didáctica III, por su compromiso y entrega en cada actividad propuesta. Al profesor, **Dr. Fidel Antonio Cárdenas S.** por permitirme el espacio académico.

A mi familia por su apoyo incondicional, a mi abuela **María Dora** por siempre apoyarme, a mi madre **Aurora** por creer en mí, a mi hermana **Nena** por ser mi inspiración. A **K.R Cruz** por darme un impulso que solo jamás hubiese dado y darme fuerza para continuar, a mi tía **Anyela** por contribuir a este logro y toda la familia **Trujillo Rodríguez** agradezco infinitamente quien con cada palabra de afecto y cada gesto de amor me hicieron entender que no estaba solo.

A todos aquellos que han hecho posible este mérito.

¡Gracias infinitas!

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 65	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	El balance de materia del proceso industrial de fabricación de jabón líquido con la metodología ABP para la construcción de una estrategia de enseñanza
Autor	Robinson Trujillo Rodríguez
Directora	Ximena Umbarila Castiblanco
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2020, 65 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ABP, Balance de materia, Proceso industrial, Jabón líquido, Estrategia de enseñanza.
2. Descripción	
<p>El siguiente trabajo de investigación para optar por el título de licenciado en química, tiene como objetivo cerrar la brecha existente entre los procesos industriales y los conceptos teóricos de la química, para lo cual se diseña una estrategia didáctica basada en la metodología ABP para la enseñanza de conceptos químicos relacionados al balance de materia, en estudiantes de pregrado.</p>	
3. Fuentes	
<p>Abril Rodríguez, M. A., & Fonseca Romero, K. A. (2011). <i>Jabón antibacterial virocidad</i> (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad Ingeniería Química).</p> <p>Agustín. (30 de 10 de 2016). <i>EN SECO</i>. Recuperado el 2020, de La importancia del pH en el proceso de lavado : https://bit.ly/3h6DGBL</p> <p>Biggs, J. (2006). <i>Calidad del aprendizaje universitario</i>. Madrid: Narcea.</p>	

- De Caro, D. (2016). Experimento sobre la noción de conservación de la materia. *PSIENCIA. Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, 8(3), 1-4. doi:DOI: 10.5872/psiencia/8.3.103
- Deiana, A. C., Granados, D. L., & Sardella, M. F. (2018). *Balance de masa*. Argentina: UNSJ.
- Felder, R. M., & Rousseau, R. W. (2004). *Principios elementales de los procesos químicos*. México: Limusa.
- García, M. V., Silva, J., & Ortiz, R. (2019). *Elementos básicos para el estudio de la Ingeniería Química*. Chile: Universidad del Valparaíso.
- Gracia Fadrique, J. (01 de 05 de 2014). ¿Qué es la espuma? *Revista digital universitaria*, 15(5).
- Guerrero González, C. E. (2014). *Diseño de una planta de fabricación de jabón a partir de aceites vegetales usados*. España: Universidad de Almería.
- Himmelblau, D. M. (2002). *Principios básicos y cálculo en ingeniería química*. México: Prentice Hall.
- Jiménez Salamanca, M. C. (2019). *Habilidades de pensamiento científico en estudiantes de educación media: Una estrategia tipo ABP para la enseñanza de reacción química*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Londoño García, R. (2015). *Balances de masa y energía*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Molina Montoya, N. P. (2013). El aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia didáctica. *Academia y virtualidad*, 6(1), 53-61.
- Monsalvo Vázquez, R., Muñoz Pérez, G., del Rocío Romero Sánchez, M., & Guadalupe Miranda Pascual, M. (2014). *Balance de materia y energía. Procesos industriales*. México: Patria.
- Montiel Díaz, W. (2017). *Elaboración de jabón líquido para uso industrial a partir de glicerina, en el laboratorio 101 del Departamento de Química de la UNAN-Managua, Agosto a Diciembre 2016*. Managua: UNAN-Managua.
- Moreira, M. A. (2002). *Investigación en educación en ciencias: Métodos cualitativos*. Brasil: Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de la Ciencias.

- Patiño Jaramillo, M. (2010). *Química básica Prácticas de laboratorio*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Pita Fernández, S., & Pèrtegas Díaz, S. (2002). *Investigación cuantitativa y cualitativa*. España: Unidad de epidemiología Clínica y Bioestadística.
- Soler Fernández, E. (2006). *Constructivismo, Innovación y Enseñanza Efectiva*. Venezuela: Equinoccio.
- Solaz Portolès, J. J., Gómez López, A., & San José López, V. (2011). Aprendizaje basado en problemas en la educación superior: una metodología necesaria en la formación del profesorado. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 52.
- Rojas González, A. F. (2012). *Fundamentos de procesos químicos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Rolle, K. C. (2006). *Termodinámica*. México: Prentice Hall.
- Runge Peña, A. K. (04 de 04 de 2014). Didáctica: Una introducción panorámica y comparada. (D. UCC, Entrevistador).
- Servicio de Innovación Educativa (UPM). (2008). *Aprendizaje Basado en Problemas*. Madrid: Universidad Politécnica.
- Uwe Flick. (2007). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: MORATA S.L.
- Valbuena Leguizamo, M. (2017). El ABP como alternativa metodológica para la cualificación de las prácticas de enseñanza de fundamentos de química en el programa de gestión ambiental y servicios públicos. *Tecnogestión: Una mirada al ambiente*, 14(1), 54-71. Recuperado el 2020, de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/12630>
- Valiente, A. B. (2012). *Problemas de balance de materia y energía en la industria alimentaria*. México: LIMUSA.
- Vilca Arana, M. (2017). *El ABP en la enseñanza de los estudiantes del III ciclo de la facultad de ingeniería industrial y civil del curso de química de la universidad Alas Peruanas*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

4. Contenidos

En el primer capítulo se encuentra todo el fundamento teórico acerca del balance de materia en procesos industriales con y sin reacción química. Partiendo de la ley de conservación de la materia, de procesos y operaciones unitarias, se enuncia la ecuación general para los balances de masa total y masa de los componentes, y se sugiere un método para solucionar problemas de balance de materia.

En el capítulo dos se abordan los conceptos químicos asociados a procesos industriales de obtención jabón líquido, empezando por el índice de saponificación, densidad, nivel de espuma, potencial de hidrogeno y terminando con alcalinidad total, cada concepto con su respectiva ecuación para su determinación. También se encuentra en este capítulo el proceso de fabricación industrial de jabón líquido.

En siguiente capítulo presenta el fundamento pedagógico y didáctico. En el fundamento pedagógico se encuentran referencias acerca del constructivismo y en el fundamento didáctico acerca del aprendizaje basado en problemas, ABP.

En el capítulo cuatro se describe la metodología de investigación. Enmarcado en una metodología mixta se plantea un diseño didáctico basado en el ABP, la cual se divide en dos partes, la primera es de contextualización y motivación, la segunda es el planteamiento de una ruta de trabajo, de material de apoyo e instrumentos de recolección de datos, para el desarrollo de problemas de lápiz y papel asociados a un contexto industrial.

En el capítulo cinco están los resultados de la implementación, organización, tabulación y análisis de las hojas de respuestas de la estrategia de enseñanza de conceptos químicos asociados al balance de materia.

En el capítulo seis se encuentran las conclusiones, en donde cada una da cuenta del cumplimiento de cada uno de los objetivos establecidos en la primera parte del documento, finalmente se concluye y se dan algunas recomendaciones por parte del autor hacia los lectores.

5. Metodología

Este trabajo se fundamenta en una metodología mixta, la cual busca tener un conocimiento más amplio y completo del problema de investigación. Apoyados

en el aprendizaje basado en problemas, ABP, se construyeron problemas, algunos de lápiz y papel asociados a conceptos químicos en un contexto industrial.

Se diseña un problema central asociado a un contexto industrial, y para su desarrollo se plantean cinco problemas. Cada uno de los problemas propuestos tiene una estructura específica, para que a través de sus resultados se evidencien las relaciones didácticas entre procesos industriales y la enseñanza de conceptos químicos relacionados al balance de materia y control de calidad de jabón líquido.

La estrategia de enseñanza y los instrumentos implementados en este trabajo de grado constan, en la primera parte, de actividades de inicio, en los que se encuentra videos de fabricación industrial y artesanal de jabones duros y blandos, la presentación de un mapa conceptual acerca de porqué fabricar jabón y la presentación de la ruta de trabajo. En la segunda parte, se presentan siete carpetas en OneDrive, en la primera carpeta se encuentra la formulación de un problema central de fabricación industrial de jabón líquido, en las siguientes cinco carpetas se encuentra los problemas uno al cinco, que son los problemas que dan solución al problema central, por último, se encuentra la carpeta donde cada estudiante carga la hoja de respuesta de cada problema, siendo esta última carpeta los instrumentos evaluados a nivel cualitativo y cuantitativo.

6. Conclusiones

Con el desarrollo y la implementación de este trabajo de grado se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Derivado de los resultados se logra establecer que los conceptos químicos propuestos en cada problema diseñado con base a un contexto industrial de fabricación de jabón líquido, tiene un impacto favorable en los estudiantes en el aprendizaje de nuevos conocimientos (como se evidencia en la tabla N.º 5), demostrando la congruencia de los conceptos químicos en el proceso de fabricación de jabón líquido y la enseñanza del balance de materia.
- El desarrollo matemático y la comprensión del concepto de balance de materia en las unidades de proceso de fabricación de jabón líquido, muestra que los estudiantes en los que se realizó la intervención didáctica basada en la metodología ABP, tienen éxito en la solución de problemas de balance de materia asociados a un contexto industrial, como se ve en la gráfica N.º 1, de esta manera se demuestra la pertinencia de la estrategia didáctica en la enseñanza del concepto de balance de materia.

- A través de una ruta de trabajo y material de apoyo, planteadas en la estrategia didáctica basada en la metodología ABP, los estudiantes en los que se realizó la intervención didáctica lograron con éxito el aprendizaje del concepto de balance de materia en un contexto industrial, estableciendo así relaciones didácticas entre procesos industriales de fabricación de jabón líquido y la enseñanza de conceptos químicos en estudiantes de pregrado.

Elaborado por:	Robinson Trujillo Rodríguez
Revisado por:	Ximena Umbarila Castiblanco

Fecha de elaboración del Resumen:	25	11	2020
--	----	----	------

Tabla de contenido

Introducción.....	18
Antecedentes disciplinares.....	19
Antecedentes didácticos	20
Descripción y formulación del problema.....	21
Objetivo general	23
Objetivos específicos.....	23
Capítulo 1. Balance de materia.....	24
1.1 Balance de materia en procesos industriales	24
1.2 Balance de materia sin reacción química.	25
1.3 Balance de materia con reacción química	27
Capítulo 2. Jabón Líquido	28
2.1 Conceptos fisicoquímicos en el control de calidad	28
2.1.1 Índice de saponificación	28
2.1.2 Densidad	29
2.1.3 Nivel de espuma.....	29
2.1.4 Potencial de hidrogeno (pH).....	30
2.1.5 Alcalinidad total:	30
2.2 Fabricación de jabón líquido a partir de aceite vegetales.....	30
Capítulo 3. Fundamento pedagógico y didáctico	32
3.1 Fundamento pedagógico	32
3.2 Fundamento didáctico	32
Capítulo 4. Metodología de la Investigación	34
4.1 Investigación cualitativa.....	34
4.2 Investigación cuantitativa.....	34
4.3 Metodología mixta.....	34
4.4. Diseño Metodológico	35
4.4.1. Diseño Didáctico basado en el ABP	35
4.4.2. Elección de los núcleos temáticos.....	37

4.4.3. Construcción de instrumentos de recolección de datos	39
Capítulo 5. Resultados	40
5.1. Implementación	40
5.2. Análisis	40
5.2.1. Organización y tabulación de las hojas de respuestas.....	40
5.2.2. Resultados de los estudiantes en la comprensión del balance de materia	40
5.2.3. Resultados de la estrategia ABP en la enseñanza del balance de materia en el proceso industrial de fabricación de jabón líquido	50
Capítulo 6. Conclusiones.....	53
Capítulo 7. Recomendaciones	54
Bibliografía	55
Anexos	58

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de las características de la hoja de respuestas diligenciada por los estudiantes	39
Tabla 2. Valoración cuantitativa sobre cien (100) puntos de los procedimientos matemáticos de cada problema.	41
Tabla 3. Valoración cuantitativa sobre cien (100) puntos al nivel de comprensión del concepto químico en el proceso industrial de cada problema.....	42
Tabla 4. Material de apoyo utilizado por los estudiantes para el desarrollo de los diferentes problemas.....	50
Tabla 5. Nuevos conocimientos adquiridos por los estudiantes a partir de la resolución de cada problema planteado.....	51

Índice de imágenes

Imagen 1. Fabricación de jabón líquido	31
Imagen 2. Primera parte del diseño didáctico	35
Imagen 3. Segunda parte del diseño didáctico.....	36
Imagen 4. Diagrama de flujo del desarrollo de los problemas 1 al 5.	37

Índice de graficas

Gráfica 1. Desarrollo matemático vs la comprensión del balance de materia en el proceso industrial planteado en el problema (5)	43
Gráfica 2. Desarrollo matemático y nivel de comprensión del balance de materia de cada estudiante.....	43
Gráfica 3. Nivel de comprensión del problema (1) frente al desarrollo del mismo.....	44
Gráfica 4. Porcentaje de estudiantes que comprendieron y desarrollaron el problema (1).	45
Gráfica 5. Nivel de comprensión del problema (2) frente al desarrollo del mismo.....	46
Gráfica 6. Porcentaje de estudiantes que comprendieron y desarrollaron el problema (2).	46
Gráfica 7. Nivel de comprensión del problema (3) frente al desarrollo del mismo.....	47
Gráfica 8. Porcentaje de estudiantes que comprendieron y desarrollaron el problema (3).	48
Gráfica 9. Nivel de comprensión del problema (4) frente al desarrollo del mismo.....	49
Gráfica 10. Porcentaje de estudiantes que comprendieron y desarrollaron el problema (4).	49
Gráfica 11. Número de estudiantes que utilizo las diferentes ayudas propuestas por la estrategia didáctica.....	51

Índice de anexos

Anexo 1. Problema central y material de apoyo.	58
Anexo 2. Problema (1) y material de apoyo.	59
Anexo 3. Problema (2) y material de apoyo.	60
Anexo 4. Problema (3) y material de apoyo.	61
Anexo 5. Problema (4) y material de apoyo.	62
Anexo 6. Problema (5) y material de apoyo.	63
Anexo 7. Ejemplo de hoja de respuesta del problema (1)	64
Anexo 8. Consentimiento informado.	65

Introducción

Se observa que en la realidad existe una distancia entre la química industrial y la química teórica que se imparte en aulas de clase, mostrándose que lo que se enseña en un ambiente de educación formal está lejos de un proceso industrial.

Partiendo de esta disparidad entre la química industrial y la química que se enseña, se origina la siguiente pregunta problema: ¿Representa la obtención de jabón como proceso industrial una alternativa fundamentada en el ABP para la enseñanza del balance de materia en estudiantes de pregrado?, generando así, un problema de investigación de interés para los procesos de enseñanza de las ciencias en general, y de la didáctica de la química en particular.

Apoiados en la metodología ABP y el balance de materia en el proceso industrial de fabricación de jabón líquido se diseña un problema central y para su desarrollo se plantea cinco problemas asociados a conceptos químicos relacionados al balance de materia. A través de una ruta de trabajo y material de apoyo se estableció así la relación didáctica entre los procesos industriales y la enseñanza de conceptos químicos orientada a estudiantes de pregrado.

Con el empleo de una metodología mixta se lleva a cabo el presente trabajo de investigación, en la cual se realiza la intervención didáctica con estudiantes de sexto semestre de la licenciatura en química de la UPN.

Como resultado, producto del trabajo de investigación, se diseñó una estrategia de enseñanza y aprendizaje de los conceptos químicos relacionados al balance de materia que permite cerrar la brecha existente entre los procesos industriales y los conceptos teóricos de la química en estudiantes de pregrado.

Antecedentes disciplinares

En la tesis de investigación de Abril Rodríguez, M. A., & Fonseca Romero, K. A. (2011); desarrollaron un jabón sólido que ayuda a destruir o suprimir el crecimiento de virus, bacterias y hongos, con el objetivo de mejorar la calidad de este producto con respecto a los jabones ya existentes, establecieron el balance de materia con el fin de medir la relación de costo-beneficio, reactivos-productos y tiempo-cantidad de jabón producido.

Con la ecuación química de saponificación, calcularon el balance de materia teórico. Luego de la producción del jabón se obtiene el rendimiento de la reacción, a través del índice de saponificación. Es así como, el balance de materia, tanto teórico como real, la estequiometría, y propiedades fisicoquímicas de la materia prima permite definir el proceso industrial, en términos de efectividad.

En esta tesis se puede evidenciar los conceptos fisicoquímicos asociados a un proceso industrial de fabricación de jabón y como estas propiedades intervienen en el balance de materia.

La tesis de Guerrero Gonzales (2014), describe el proceso industrial de fabricación de jabón líquido; se utilizó en este trabajo de grado el mismo procedimiento para la elaboración de jabón líquido a partir de aceites vegetales, con modificaciones, como partir de un aceite vegetal limpio y no de aceites utilizados de frituras.

La tesis de Montiel Díaz (2017) especifica las ecuaciones químicas utilizadas en este trabajo de investigación, ecuaciones de la reacción de saponificación (ecuación 3) e índice de saponificación (ecuación 4), y las variables dependientes como: la densidad (ecuación 5), nivel de espuma (ecuación 6), potencial de hidrogeno y alcalinidad total (ecuación 7).

Esta tesis representa un referente para calcular las medidas de control de calidad para un producto en proceso y producto terminado de jabón líquido; además sirve de comparación con otros trabajos de investigación, que también fabrican distintos tipos de jabón, líquido y sólido, para diferentes usos.

En estas tesis están especificadas los balances de materia por proceso y operación unitaria, facilitando la comprensión del balance de materia con y sin reacción química. Dadas estas pertinencias se opta como precedente para el presente trabajo de grado.

Antecedentes didácticos

En la tesis *El ABP en la enseñanza de los estudiantes del III ciclo de la facultad de ingeniería industrial y civil del curso de química de la universidad Alas Peruanas* (Vilca Arana, 2017), se analiza el impacto de esta estrategia en los estudiantes y afianza el uso didáctico en las universidades para lograr aprendizajes significativos como una novedosa propuesta pedagógica problemática. Concluyendo este estudio en la necesidad de aplicar el ABP, en el ejercicio de la docencia como estrategia metodológica en el currículum de manera masiva a nivel universitario.

En el artículo *El ABP como alternativa metodológica para la calificación de las prácticas de enseñanza de fundamentos de química en el programa de gestión ambiental y servicios públicos* (Valbuena Leguizamo, 2017). El objetivo general de este estudio apuntó a promover la cualificación de estas prácticas educativas a partir de una praxis consistente de ABP. Los resultados permiten afirmar que una praxis consistente en ABP contribuye a la calificación de las prácticas educativas en fundamentos de química.

En el artículo *Experimento sobre la noción de conservación de la materia* (De Caro, 2016). El experimento es una situación concreta planteada para un niño, que permite establecer la existencia o no, de la noción de la conservación de la materia. Se busca la explicación verbal sobre una situación dada por la transformación de un material (plastilina). Es un método clínico-crítico que al proponer situaciones prácticas se apoya en la acción del sujeto, a la vez que lo verbalizado por el mismo permite obtener información sobre su pensamiento.

Descripción y formulación del problema

Uno de los conceptos fundamentales y estructurales de la ciencia, es el principio de conservación de la masa; que desde su formulación establece que “la masa es indestructible, es decir, no se crea ni se destruye” (Rolle, 2006, pág. 104). En la actualidad, a partir de este principio se comprende que nada se crea o se destruye en un laboratorio, en la industria o en la cotidianidad de la vida, que toda forma parte de un sistema que puede ser abierto, cerrado o aislado. Este principio se llama Ley de la conservación de la masa, donde puede haber o no reacción química en el sistema.

Para comprobar o verificar este principio en química se usa el concepto balance de materia, que no es otra cosa que contabilizar las entradas y salidas de materia de un sistema, y en algunos casos la acumulación o generación de la misma. Para realizar este tipo de análisis se requiere, por una parte, la aplicación de algunos conocimientos básicos de física, química y álgebra, lo cual implica el uso de la herramienta matemática en cada uno de estos procedimientos, y por otra el desarrollo de la capacidad de síntesis, de abstracción y de comprensión del sistema en su totalidad (García, Silva, & Ortiz, 2019).

Es de anotar que, desde el punto de vista de la enseñanza tradicional de la química, conceptos como el mencionado anteriormente, se lleva a cabo mediante la exposición en el aula por parte del docente o de un grupo de estudiantes de estos contenidos y otros asociados con el balance de materia y sus respectivos cálculos estequiométricos, seguidos de algunos ejercicios de lápiz y papel como ilustración de los mismos.

Un posible escenario para la enseñanza del principio de conservación y sus conceptos asociados es abordarlos desde los procesos industriales, los cuales podrían ser de interés para estudiantes de ciencias, de química y de ingeniería entre otras, por evidenciar los avances y alcances de las ciencias, la alternativa de aprender los conceptos de la química e incluso la posibilidad de proyectarlos a nivel industrial. Por esto, en el presente proyecto se plantea este escenario de enseñanza - aprendizaje de dichos conceptos a través de un diseño metodológico apoyado en el aprendizaje basado en problemas. ABP.

La metodología ABP, se fundamenta en un enfoque constructivista del aprendizaje, partiendo de ideas previas, la información disponible y las herramientas proporcionadas por el ambiente (mediadas por el docente); favoreciendo la construcción de los conceptos, siendo los propios estudiantes los que asumen la responsabilidad de ser parte activa en el proceso.

Desde la revisión literaria se puede afirmar que, “El aprendizaje basado en problemas representa una estrategia eficaz y flexible que, a partir de lo que hacen

los estudiantes, puede mejorar la calidad de su aprendizaje universitario en aspectos muy diversos” (Servicio de Innovación Educativa (UPM), 2008, pág. 4). Para ello se establece un contexto que favorezca el trabajo autónomo y en equipo de los estudiantes, a través de la integración de balances de materia y la metodología ABP.

En el contexto anterior, el problema que se aborda en este proyecto consiste en proponer los procesos industriales como una alternativa para la enseñanza de los conceptos asociados con el balance de materia o conservación de la masa para estudiantes de educación superior.

En síntesis, se formula el siguiente problema de investigación:

¿Representa la obtención de jabón como proceso industrial una alternativa fundamentada en el ABP para la enseñanza del balance de materia en estudiantes de pregrado?

Objetivo general

Establecer relaciones didácticas entre procesos industriales de fabricación de jabón líquido y la enseñanza de conceptos químicos relacionados con el balance de materia en estudiantes de pregrado empleando el ABP.

Objetivos específicos

- Analizar las relaciones conceptuales entre el proceso de fabricación de jabón líquido y la enseñanza del balance de materia.
- Diseñar e implementar una estrategia didáctica para la enseñanza del concepto de balance de materia a partir del proceso de fabricación de jabón líquido y la metodología ABP.

Capítulo 1. Balance de materia

1.1 Balance de materia en procesos industriales

Las técnicas industriales tienen como propósito básico la conversión de insumos o materias primas en productos o bienes de consumo final, que se lleva a cabo a través de una sucesión de operaciones y procesos unitarios. Operaciones unitarias cuando los fenómenos son físicos, y procesos unitarios cuando se trata de fenómenos químicos (Monsalvo Vásquez, Muñoz Pérez, del Rocío Romero Sánchez, & Guadalupe Miranda Pascual, 2014). Un proceso puede estar constituido por varias unidades de proceso, recibiendo este nombre cualquier aparato o sitio donde se lleve a cabo una operación de transformación (Londoño García, 2015).

Los procesos a los que indefinidamente entran y de los que salen materiales, reciben el nombre de proceso continuo, lo que significa que es un sistema abierto. Hay otros procesos en los que se mete el material en un equipo, se espera su transformación y luego se vacía. Estos procesos son intermitentes, sistema cerrado. También lo son procesos en los cuales se fabrican hoy un tipo de producto y mañana otro (Valiente, 2012). Las sustancias pueden entrar, salir, producirse, acumularse o consumirse durante el proceso. Todas las sustancias que ingresan en un proceso reciben el nombre de alimentación o entrada, mientras las que emerger del proceso se llaman producto o salida (Londoño García, 2015).

Un proceso involucra esencialmente tres etapas: una etapa inicial que es la adecuación de la materia prima, la cual es seguida por una segunda etapa donde ocurre un cambio químico, fisicoquímico, biológico o bioquímico; la tercera etapa consiste en la separación y concentración de los productos. Tanto la etapa inicial como la etapa final se caracterizan porque hay un cambio físico ya sea de materia prima o de los productos (Rojas González, 2012).

Al estudiar cualquier aspecto de interés, se comienza estableciendo sus fronteras, excluyendo una región del espacio que lo rodea, la cual recibe el nombre de sistema; una vez se ha elegido el sistema, se procede a definirlo con ayuda de las propiedades y variables de estado (Monsalvo Vásquez et al., 2014).

Las variables de estado como la presión, la temperatura, la concentración, etc. controlan el proceso de fabricación de jabón líquido, limitando a estándares establecidos con anterioridad (Monsalvo Vásquez et al., 2014).

Los balances de materia son una contabilidad de entradas y salidas de materiales de un sistema o de una parte de éste, se fundamenta en la ley de la conservación de la masa. Esta ley indica que la masa es constante y por lo tanto la masa entrante a un sistema, debe ser igual a la masa saliente a menos que se produzca una acumulación dentro del sistema (Valiente, 2012). Para un sistema cerrado o aislado

se cumple que la masa es constante, si el sistema es abierto, de modo que la masa puede entrar o salir de él, el principio de conservación de la masa sigue que la masa del sistema es la diferencia de la masa que entra y la masa que sale (Rolle , 2006).

El balance de materia está basado en la ley de conservación de la masa, que fue enunciada por Mijaíl Lomonósov en 1745 y por Antoine Lavoisier en 1785. Esta ley dice que “Nada puede crearse, y en cada proceso hay exactamente la misma cantidad de sustancia presente antes y después que el proceso haya sucedido. Solamente hay un cambio o modificación de la materia” (Rojas González, 2012).

Para realizar los cálculos de balance de materia, es necesario recolectar información bien sea de las cantidades (masa, moles o volumen) de las sustancias participantes o de flujos de las mismas (velocidades másicas, molares o volumétricas), como también de las composiciones de las mezclas (Londoño García, 2015). Para esto se hace un análisis de grados de libertad, y si es necesario se dispone de una base de cálculo.

La base de cálculo es una cantidad determinada de sustancia, que entra o sale del sistema, la cual se elige para realizar los cálculos necesarios para resolver el problema. Esta cantidad se indica en la solución de problema. La base de cálculo puede ser un tiempo, una cantidad de masa o moles de materia, un flujo másico o molar o un volumen. Puede seleccionarse tomando una cantidad de una de las corrientes o flujos, uno de los componentes activos, o uno de los componentes inertes que entran o salen. Las bases de cálculo recomendadas son 1, 100, 1000, ya sea Kg, h, moles, etc. (Rojas González, 2012).

La importancia de realizar el análisis de los grados de libertad en el planteamiento y solución de los balances de materia elemental y por componente, radica en determinar si el problema tiene o no solución, determinar si el problema cuenta con suficiente información (Rojas González, 2012).

La solución de un problema de balance de materia “implica encontrar una única solución, porque tener dos o más soluciones a un problema es casi como insatisfactorio como no tener ninguna” (Himmelblau, 2002).

1.2 Balance de materia sin reacción química.

Desarrollar un balance de materia es solucionar una serie de ecuaciones independientes, las cuales pueden ser construidas utilizando diferentes informaciones. Teniendo en cuenta que el número de variables cuyo valor se desconoce es igual al número de ecuaciones independientes (Himmelblau, 2002).

El procedimiento que se indica a continuación es una propuesta, pues lo que se desea es que la experiencia en este tema lleve a cada estudiante a aplicar su propio procedimiento para solucionar este tipo de problemas.

Después de leer y entender el enunciado del problema diseñado:

1. Se representa en un diagrama de bloques o pfd: para lo cual se utiliza rectángulos, círculos o equipos que simbolizan las unidades de proceso y flechas que muestran los flujos y sus respectivos sentidos.
2. En las flechas se escriben los valores de las variables conocidas (masa, moles y composición) y la demás información disponible (presiones, temperaturas, especificaciones de proceso).
3. Expresar todos los datos en el mismo sistema de unidades. Y no olvidar que los datos volumétricos deben convertirse a máscicos o molares ya que no se hacen balances en unidades de volumen.
4. Luego se selecciona una base de cálculo.
5. Las composiciones no deben ser modificadas.
6. Se hace un conteo de incógnitas y de relación entre las variables (ecuaciones independientes que se pueden plantear).
7. La diferencia -número de ecuaciones independientes menos número de incógnitas- se denomina número de grados de libertad.
8. Para que el balance de masa pueda realizarse el número de grados de libertad debe ser cero.
9. Solucionar las ecuaciones independientes (álgebra).

Se parte de la siguiente ecuación general para los balances de masa total y de masa de los componentes, tomado de Himmelblau (2002):

$$\text{Acumulación} = \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Generación} - \text{Consumo} \quad (1)$$

Las siguientes reglas, tomado de Felder y Rousseau (2004), puede aplicarse para simplificar la ecuación (1) de balance de materia:

- Si la cantidad balanceada es la masa total, establecer que generación = 0 y consumo = 0. Excepto en reacciones nucleares, es imposible crear o destruir materia.
- Si la sustancia balanceada es una especie no reactiva (ni reactivo ni producto), establecer que generación = 0 y consumo = 0.
- Si un sistema se encuentra en estado estacionario, establecer que acumulación = 0, sin importar lo que se esté balanceando. Por definición, en un sistema en estado estacionario nada cambia con el tiempo, incluyendo la cantidad de la variable que se balancea.

Se establece la siguiente ecuación, luego de aplicar las reglas anteriormente mencionadas:

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad (2)$$

1.3 Balance de materia con reacción química

En este apartado se habla de balance de materia en procesos industriales en la que ocurre reacción química.

La ecuación (1) aplica a los balances de masa total y de masa de los componentes, y que los términos de generación y consumo fueron cero en la ecuación (2). Pero es común que en los balances de componentes y totales los moles no queden equilibrados si no se toman en cuenta los términos de generación y consumo (Deiana, Granados, & Sardella, 2018). Y, para evitar usar los términos de generación y consumo de la ecuación (1) se debe realizar balances de elementos (Himmelblau, 2002).

La ecuación estequiométrica de la reacción impone restricciones sobre las cantidades relativas de reactivos y productos en las corrientes de entrada y salida. Una ecuación estequiométrica válida debe estar balanceada (Felder y Rousseau, 2004).

Existen diferentes métodos para balance de masa en reacciones químicas en procesos industriales, en los que se destaca, según Felder y Rousseau (2004):

- Balance de especies moleculares.
- Balance de especies atómicas.
- Grado de avance de reacción.

Dependiendo del tipo de reacción, del proceso y datos disponibles, se escoge el método de balance más adecuado para balancear.

Capítulo 2. Jabón Líquido

2.1 Conceptos fisicoquímicos en el control de calidad

El jabón es una sal orgánica con propiedades detergentes, se puede encontrar en dos posibles estados, sólido y líquido (Montiel Díaz, 2017). Este proyecto de investigación se enfoca en el proceso industrial de jabón líquido.

En la fabricación de jabón líquido, se da una serie de operaciones unitaria y procesos unitarios como la saponificación. Este proceso industrial consta de varias unidades de proceso, donde cada unidad tiene su respectivo balance de masa.

Una vez obtenido el jabón líquido del proceso de fabricación se determina sus características fisicoquímicas: el índice de saponificación, densidad, nivel de espuma, pH, alcalinidad total y balance total de masa.

2.1.1 Índice de saponificación:

La principal reacción que se da en el proceso de fabricación de jabón es la saponificación, que tiene lugar cuando se calienta una grasa o aceite con una solución acuosa alcalina, el grupo éster se hidroliza obteniendo la sal potásica y el glicerol; esta reacción es exotérmica y las altas temperaturas favorecen la producción.

En la ecuación (3) se representa la reacción química de saponificación de una grasa con hidróxido de potasio:



Fuente: Montiel Díaz (2017)

El índice de saponificación se calcula mediante la ecuación (4). Haciendo una titulación acido-base, usando un ácido fuerte (sulfúrico o clorhídrico) frente al exceso de hidróxido de potasio hasta alcanzar el punto de equilibrio.

$$IS = \frac{56.1 (V1 - V2)N}{m} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Fuente: Montiel Díaz (2017)

Siendo:

IS: índice de saponificación

V2: volumen de solución de ácido clorhídrico, en mL.

V1: volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación del ensayo del blanco, en mL.

N: normalidad de la solución del ácido.

m: masa de la muestra analizada, en g.

2.1.2 Densidad:

La densidad de un líquido homogéneo es una propiedad física que caracteriza y es definida como el cociente entre la masa y el volumen de la sustancia que se trate. Esta propiedad depende de la temperatura por lo que al medir la densidad de un líquido se debe considerar la temperatura de la medición (Patiño Jaramillo, 2010).

El método para determinar la densidad es gravimétrico, haciendo uso del picnómetro. Se calcula mediante la ecuación (5):

$$\rho = \frac{m_{p+d} - m_p}{m_p + H_2O - m_p} * \rho_{H_2O} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Fuente: Montiel Díaz (2017)

2.1.3 Nivel de espuma:

La formación de espuma es favorecida por la presencia de una sustancia en el líquido que disminuya su tensión superficial, aumentando el área de la interfase aire-líquido (Gracia Fadrique, 2014).

El método consiste en medir la cantidad de espuma formada a partir de la agitación de jabón líquido en agua. El volumen de espuma se calcula utilizando la ecuación (6)

$$V = V_1 - V_2 \quad \text{Ecuación (6)}$$

Siendo:

V: volumen de la espuma, en ml.

V1: volumen total (agua más espuma).

V2: volumen de agua en la interfase.

2.1.4 Potencial de hidrogeno (pH):

El potencial de hidrogeno juega un papel indispensable en el proceso de lavado, tanto para la conservación, apariencia y eliminación de manchas y suciedad (Agustín, 2016).

El propósito del ensayo es determinar el pH del jabón líquido en solución acuosa. Utilizando equipos como el pH-metro.

2.1.5 Alcalinidad total:

Es la capacidad de una sustancia química en solución acuosa para ceder iones OH^- y esta expresada en porcentaje masa.

$$AL = 4 \frac{V \times N}{m}$$

Ecuación (7)

Fuente: Montiel Díaz (2017)

Siendo:

AL: alcalinidad libre, expresada en porcentaje de masa.

V: volumen de la solución de ácido, en ml.

N: normalidad del ácido.

m: masa de la muestra, en g.

2.2 Fabricación de jabón líquido a partir de aceite vegetales

El siguiente proceso de fabricación de jabón es tomado de Guerrero González (2014):

Materias primas:

- Hidróxido de potasio 25%.
- Aceite vegetal.
- Agua desionizada.
- Cloruro de potasio.

Equipos:

- Reactor químico tipo tanque agitado encamisado.
- Mezclador de disolución de KOH.
- Unidad de osmosis inversa.
- Almacenamiento de jabón y fase glicerina.
- Mezclador auxiliar
- Envasado, taponado y etiquetado.

Procedimiento:

Se adiciona 2 500 Kg/día de aceite a un reactor de saponificación, que está provisto de un sistema de agitación de tipo hélice marina y de una camisa que lo recubre para su calentamiento. Cuando el aceite se ha calentado a 90°C, se agrega 474 Kg/día KOH 25% y 1 423 Kg/día de agua desionizada lentamente y con agitación continua durante 3,52h posteriormente se adiciona 150 Kg/día de KCl. Aquí se separan las dos fases, la fase glicerosa, produciendo 1 157 Kg/día y la fase de jabón base 3 390 Kg/día, a esta fase de jabón se le realiza control de calidad a nivel de laboratorio, se practica pruebas fisicoquímicas mencionadas en el apartado anterior. Superadas las pruebas de calidad se prosigue con la última fase.

En la última etapa del proceso, es necesario mezclar en un recipiente aparte el jabón obtenido de la reacción con 2 672 Kg/día agua para formar el jabón líquido, y además agregar 253 Kg/día de aromas y colorantes necesario. En esta fase no es necesario calentar, pero si una agitación continúa.

Al producto terminado se practica pruebas de control de calidad a nivel laboratorio como viscosidad, pH, color, olor, etc.

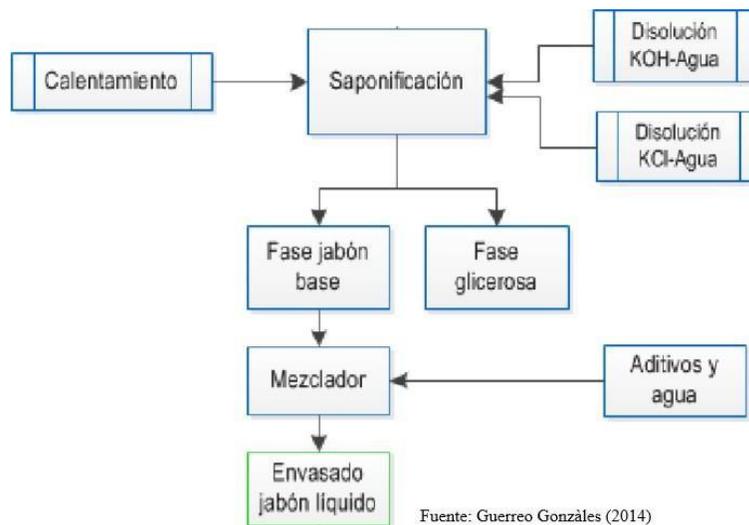


Imagen 1. Fabricación de jabón líquido

Capítulo 3. Fundamento pedagógico y didáctico

3.1 Fundamento pedagógico

En el marco del constructivismo se plantea que el conocimiento no es descubierto, sino una construcción personal, a partir de las experiencias ligadas a sus percepciones y estructura mental, centrándose en la creación y modificación activa del pensamiento, ideas y modelos acerca de fenómenos y establece que el aprendizaje está influenciado por el contexto sociocultural (Soler Fernández, 2006).

El constructivismo establece que el estudiante toma la información del ambiente y construye su propia versión de ese conocimiento y lo procesa en un área concreta del saber. El constructivismo se ocupa de cómo construimos el conocimiento (Soler Fernández, 2006).

3.2 Fundamento didáctico

La didáctica se fundamenta en la reflexión de la enseñanza como un sistema complejo, pensada como una actividad con carácter racional y planeado, centrada en el aprendizaje y en los contenidos. En este sentido la didáctica responde a múltiples preguntas, en la que se encuentra la metodología a implementar (Runge Peña, 2014). Por ello, teniendo en cuenta el contexto, el presente proyecto se plantea como diseño metodológico el aprendizaje basado en problemas. ABP.

En este trabajo de investigación, parte de la definición de problema de Himmelblau (2002): como una brecha entre cierta información inicial (el estado inicial) y la información deseada (el estado deseado). La resolución de problemas es la actividad de cerrar la brecha entre los dos estados.

El punto de partida del aprendizaje es un problema que desee resolver el estudiante, al tratar de resolver el problema, el alumno busca el conocimiento de las disciplinas, datos y procedimientos necesarios para la resolución del problema. El objetivo no consiste sólo en resolver el problema concreto, sino que, al hacerlo, el estudiante adquiere conocimientos, destrezas relacionadas con la resolución, destrezas de autodirección, actitudes, saber hacer, en una palabra: conocimientos profesionales. (Biggs, 2006, pág. 252)

En el estudio de la Universidad de los Andes (1998, como se citó en Molina Montoya, 2013), se sugiere que los problemas planteados deben ser descripciones imparciales, ser cortos y concretos en su formulación, evitar las distracciones, tener una complejidad apenas superior al nivel de los estudiantes, centrarse en temas que permiten formular hipótesis con base en el conocimiento previo de los estudiantes y estar

diseñados de tal manera que el estudiante no emplee más tiempo independiente en su solución.

Para lograr todo esto (Solaz et al., 2011). En primer lugar, diseñar un currículo basado en ABP, de tal manera que en este se ha de considerar: la selección de contenidos prácticos, estructuración basada en conceptos y objetivos de aprendizaje.

Solaz et al (2011) establece las funciones y características de un docente:

- Actúa como tutor que facilita los procesos que se llevarán a cabo.
- Facilita los avances en la línea adecuada para abordar el problema.
- Escuchar al estudiante haciendo las críticas pertinentes.
- Promover el trabajo en grupo.
- Formular las preguntas para encarrilar el trabajo del grupo hacia los objetivos propuestos.
- Orientar en el uso de las fuentes de información.
- Establecer un buen ambiente de trabajo entre los estudiantes de grupo.

Es decir, el docente hace el acompañamiento, guía y orientador, diseña los problemas y ayuda a los estudiantes a encontrar, organizar y manejar la información.

Así, como el estudio de Martínez & Cravioto (2002, como se citó en Molina Montoya, 2013) el ABP no solamente genera un aprendizaje por descubrimiento, sino que además es una estrategia que permite desarrollar al estudiante el razonamiento y el juicio crítico mientras fomenta la adquisición de conocimientos, valores, habilidades con base en problemas reales, el desarrollo de la capacidad para aprender por cuenta propia y la capacidad de identificar y resolver problemas.

La principal característica del estudiante en esta metodología es que el estudiante es activo, mediante la autorregulación gestiona su aprendizaje a través de pequeños grupos, seleccionando y organizando la información. Es una construcción personal del conocimiento que se forma por la integración entre el saber previo, las nuevas informaciones y las herramientas proporcionadas por el ambiente (Jiménez Salamanca, 2019).

Los estudiantes que emplean el ABP abarca menos contenido que un programa tradicional, pero la naturaleza del conocimiento así adquirido es diferente. En vez de tratar de abarcar todo lo que puedan necesitar conocer, los estudiantes aprenden las destrezas para buscar el conocimiento que necesitan cuando se presente la ocasión (Biggs, 2006).

Capítulo 4. Metodología de la Investigación

4.1 Investigación cualitativa

El objetivo central de la investigación cualitativa está en una interpretación de los significados atribuidos por los alumnos a sus acciones en un contexto institucional. Por medio de interacciones sociales, es como van siendo construidas estas interpretaciones, porque toma como premisa que la experiencia humana es mediada por la interpretación (Moreira, 2002).

La investigación cualitativa también llamada naturalista, por su estudio del fenómeno en su acontecer natural, porque enfatiza los aspectos subjetivos del comportamiento de los estudiantes. El investigador en esta metodología a través de una observación participativa queda inmerso en el fenómeno de estudio (Moreira, 2002).

4.2 Investigación cuantitativa

Los métodos deductivos están generalmente asociados con la investigación cuantitativa, en donde recoge y analiza datos cuantitativos sobre variables, estudiando la asociación o relación entre estas variables cuantificables, para hacer una inferencia causal que explique por qué las cosas suceden o no de una forma determinada (Pita Fernández & Pèrtegas Díaz, 2002).

4.3 Metodología mixta

La metodología mixta es la unificación de la investigación cualitativa y cuantitativa, en el presente trabajo de grado se desarrollan una metodología mixta en todo el proceso de investigación. Las distintas perspectivas de investigación, tanto cualitativa como cuantitativa se complementan mutuamente en el estudio del problema de investigación, dando soporte a los puntos débiles y ciegos que se presenta en cada método individual (Uwe Flick, 2007).

Los dos métodos de investigación son autónomos, y operan uno al lado del otro, siendo el punto de encuentro el problema de investigación, ninguna de las dos investigaciones combinados se ven como superior o preliminar (Uwe Flick, 2007).

El interés en la metodología mixta en el presente trabajo se basa en tener un conocimiento más amplio y completo del problema de investigación.

4.4. Diseño Metodológico

Desde el aprendizaje baso en problemas, ABP, se creó problemas de lápiz y papel asociados a conceptos químicos en un contexto industrial.

Basado en un proceso real de fabricación industrial de jabón líquido, se diseña un macro problema asociado a un contexto industrial, y para su desarrollo se plantean cinco problemas. Cada uno de los problemas propuestos tiene una estructura específica, para que a través de sus resultados den cuenta las relaciones didácticas entre procesos industriales y la enseñanza de conceptos químicos relacionados al balance de materia y control de calidad de jabón líquido.

4.4.1. Diseño Didáctico basado en el ABP

El diseño de la actividad de enseñanza y aprendizaje fundamentando en la metodología ABP tiene dos partes:

En la primera parte se encuentran las actividades de inicio, donde se presenta la ruta de trabajo y la visualización de tres videos de fabricación industrial y artesanal de jabones duros y blandos, todo esto con el fin de contextualizar y motivar a los estudiantes en el desarrollo de esta actividad. La siguiente imagen muestra esta primera parte:

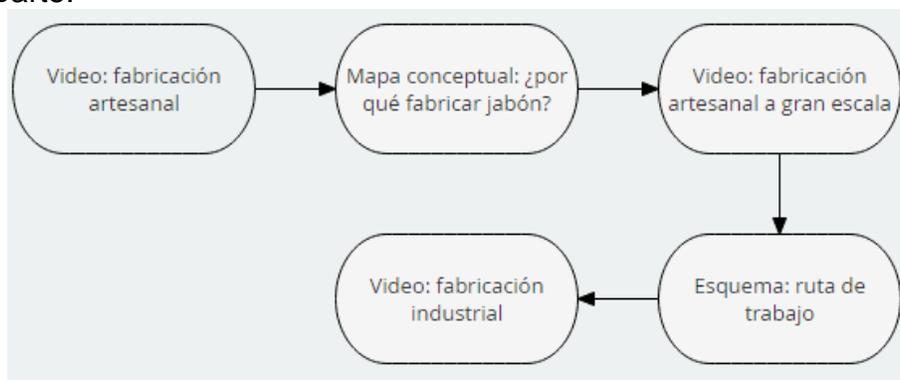


Imagen 2. Primera parte del diseño didáctico.

La segunda parte, se diseñó teniendo en cuenta las limitaciones y oportunidades de trabajo on-line, para lo cual se construyeron siete carpetas en OneDrive, una herramienta que es de fácil acceso para los estudiantes que participaron en este trabajo.

En la primera carpeta se encuentra la formulación de un problema central (que se compone de parte A y B) de fabricación industrial de jabón líquido, para el desarrollo de este problema central se plantean cinco (5) problemas (cada uno en una carpeta independiente) asociados con conceptos químicos en el balance de materia y control de calidad del producto terminado; que permitirá no solo el desarrollo del

problema central si no, además, a cerrar la brecha existente entre los procesos industriales y los conceptos teóricos de la química. Por último, se encuentra la carpeta donde cada estudiante carga la hoja de respuesta de cada problema.

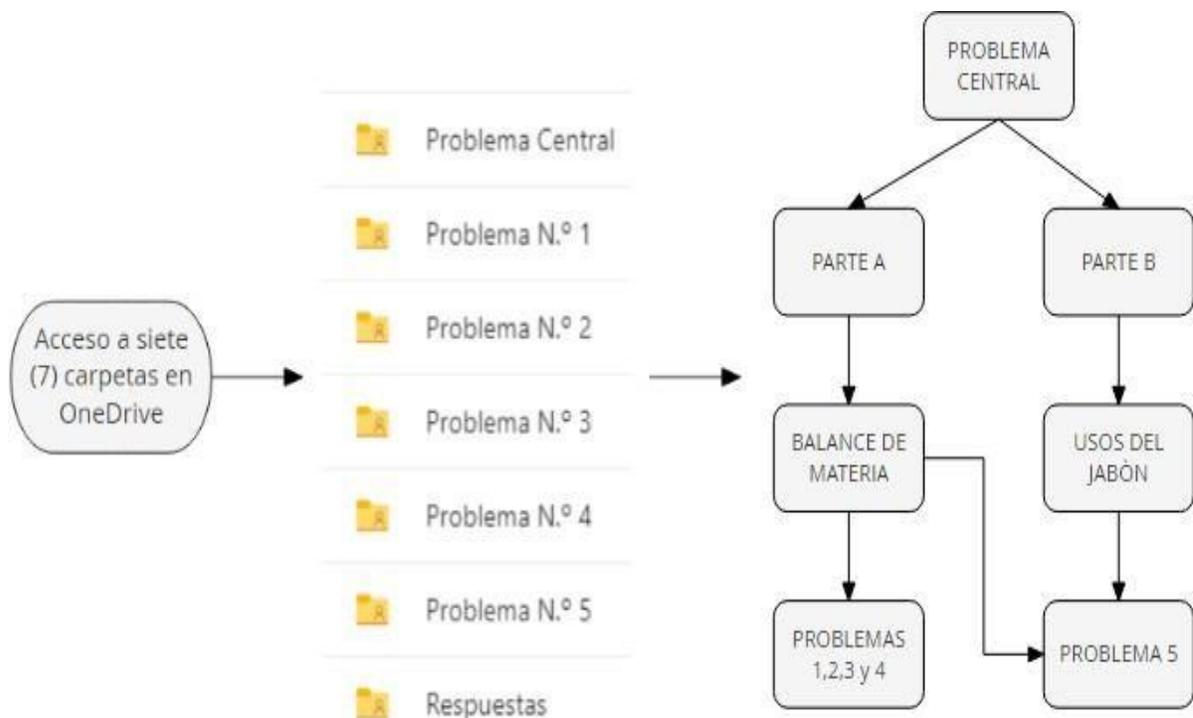


Imagen 3. Segunda parte del diseño didáctico.

En cada problema se siguió una ruta de trabajo, donde cada estudiante primero realiza una lectura comprensiva del problema, luego visualiza el video y da solución al problema; si el estudiante luego de estos pasos no da solución al problema revisa el material de apoyo, el cual consta de documentos relacionados con el tema para contar con más detalles para su solución. Finalmente, si en el tercer intento por desarrollar el problema no lo puede solucionar se hace una tutoría de forma individual para hacer el acompañamiento y aclarar las dudas frente al problema. La ruta de trabajo se describe en el siguiente diagrama de flujo:

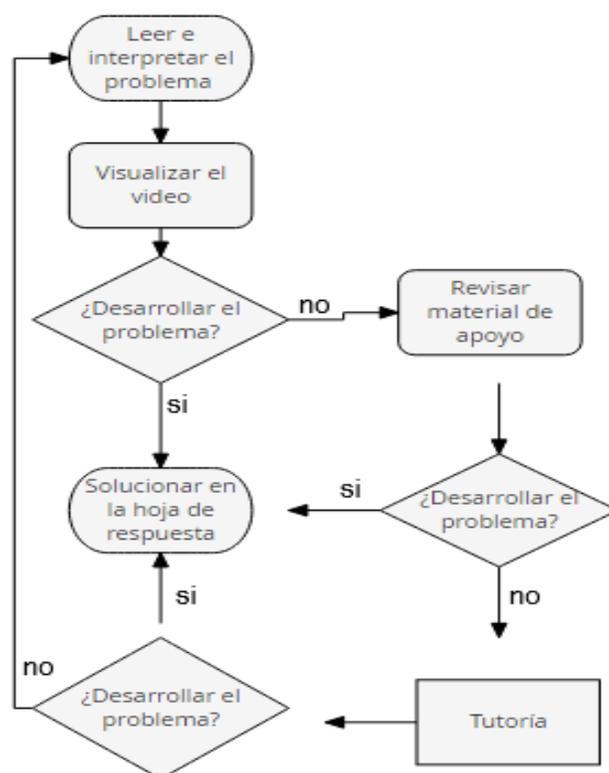


Imagen 4. Diagrama de flujo del desarrollo de los problemas 1 al 5.

4.4.2. Elección de los núcleos temáticos

Los principales conceptos químicos trabajados en esta investigación de manera directa, asociados a los procesos industriales de fabricación de jabón líquido y balance de materia son:

Problema N.º 1, Índice de saponificación (IS): el IS se relaciona con la reacción química de hidrolisis alcalina de esteres, que se determina a través de una volumetría acido-base en cualquier laboratorio de control de calidad, este IS, permite por medio de factores de conversión establecer la cantidad de álcali necesarios para saponificar aceite o grasa en un proceso industrial de fabricación de jabón.

Problema N.º 2, Densidad: la densidad es una propiedad física de la materia, que se calcula a través de métodos gravimétricos y un fluido de referencia, la densidad, además de ser un indicador de calidad de un producto, permite establecer conversiones entre la masa y el volumen, consiguiendo así, los cálculos de balance de materia, ya que no se hacen balance de masa en unidades de volumen.

Problema N.º 3, Espuma: los tensioactivos son sustancias que disminuyen la tensión superficial de un líquido, aumentando el área de la interfase aire-líquido. El nivel de espuma se calcula, por medio de la diferencia del volumen total (agua más espuma) y el volumen de agua en la interfase. La formación de espuma es un parámetro importante en la fabricación de jabones.

Problema N.º 4, Alcalinidad total: son todos los iones (OH^-) que pueden ser titulados con un ácido fuerte, es el álcali libre que no reacciona en el proceso de saponificación; a través de una volumetría, se calcula el porcentaje de hidróxido en la muestra, y saber así, que tan alcalino es el jabón.

Problema N.º 5, Ley de conservación de la masa: los procesos industriales tienen como objetivo la transformación de insumos o materias primas en productos o bienes de consumo final, a través de la cuenta de entradas y salidas, se puede corroborar la ley de conservación de la masa en un sistema. El balance de materia permite reafirmar en todo proceso a nivel industrial y de laboratorio, con o sin reacción química, la ley de la conservación de la masa.

La descripción de cada uno de los problemas y el contenido de cada una de las carpetas se puede observar con más detalle en los anexos.

4.4.3. Construcción de instrumentos de recolección de datos

A cada problema planteado se adjuntó una hoja de respuestas en la que contiene una serie de preguntas, que dan información acerca de la gestión de aprendizaje de cada estudiante. Todas las hojas de respuestas tienen la siguiente estructura:

Variable	Indicador
Concepto químico	Calcular los datos necesarios para la solución del problema, con todos los procedimientos matemáticos.
Comprensión	Expresar con palabras o un esquema lo que entiende por el concepto químico trabajado en el problema. Describir con sus propias palabras la importancia del concepto químico en la fabricación industrial de jabón líquido.
Material de apoyo utilizado	A través de una pregunta de selección, nos indica el material que utiliza en el desarrollo de problema, materiales como: <ul style="list-style-type: none">• El video• Material de apoyo• Tutoría• Otras fuentes de consulta• No utilizo ninguna ayuda
Avances conceptuales	Completar una tabla de dos columnas, en la primera columna escribe los conocimientos que utilizo para resolver el problema y que ya sabía, la segunda columna escribe los nuevos conocimientos adquiridos a partir de la resolución del problema.
Proponer*	Análisis fisicoquímicos para establecer el potencial uso al producto terminado.

Tabla 1. Descripción de las características de la hoja de respuestas diligenciada por los estudiantes.

*Pregunta del problema (5) de la parte B del problema central

En el Anexo No.7 se puede ver un ejemplo de la hoja de respuesta del problema (1).

Capítulo 5. Resultados

5.1. Implementación

El grupo de trabajo en donde se hizo la intervención didáctica fueron estudiantes de VI semestre de la licenciatura en química de la UPN. Son un grupo de quince (15) estudiantes del área de pedagogía y didáctica III del grupo uno del semestre 2020-2, quienes accedieron a participar de forma voluntaria en este trabajo y firmaron el consentimiento informado que se presenta en el Anexo No.8.

5.2. Análisis

El análisis de los resultados se desarrollará en dos niveles para dar respuesta a los objetivos propuestos para el presente trabajo, por una parte, se hará una descripción de los resultados alcanzados por los estudiantes en el desarrollo del problema por medio de la estrategia fundamentada en el ABP, y por otra se hará una descripción de los avances que demostraron los estudiantes en el aprendizaje de conceptos industriales presentados en este diseño metodológico.

5.2.1. Organización y tabulación de las hojas de respuestas

Las hojas de respuestas entregadas por los estudiantes se sometieron a una valoración cuantitativa sobre cien (100) puntos para las cuatro primeras preguntas, en las primeras preguntas se valoró tanto el procedimiento como el resultado en la misma proporción, y en las preguntas de comprensión se valoró el nivel de coherencia del concepto químico, implicado en el planteamiento del problema.

Las respuestas a las preguntas 5 y 6 se organizaron y tabularon en tablas de frecuencias.

5.2.2. Resultados de los estudiantes en la comprensión del balance de materia

La fabricación industrial de jabón líquido consta de varias unidades de proceso que se lleva a cabo a través de una secuencia de operaciones y procesos unitarios (Guerrero González, 2014). Al estudiar cualquier unidad de proceso se debe vigilar los materiales de entrada y salida del sistema, para lo cual se establece los balances de materia, que además de controlar la producción del producto terminado, corrobora la ley de conservación de la materia.

Para realizar los cálculos de balance de materia, es necesario disponer de información acerca de cantidades como también las composiciones de las mezclas (Londoño García, 2015). En donde, apoyados en la metodología ABP, se planteó un problema central y cinco (5) problemas de fabricación industrial de jabón líquido, cada problema dispone de cierta información inicial (el estado inicial) y la información que deben hallar (el estado deseado) la resolución del problema es la actividad de cerrar la brecha entre estos dos estados (Himmelblau, 2002). Para ello se estableció un contexto que favoreció la integración de los conceptos químicos asociados con el balance de materia y el proceso de fabricación industrial de jabón líquido permeado por la metodología ABP.

Cada problema planteado es el punto de partida del aprendizaje del estudiante, al resolver el problema; el alumno integra la información inicial, los conocimientos previos y las herramientas proporcionas por el diseño didáctico basado en el ABP (Biggs, 2006). Siendo una estrategia que permite desarrollar al estudiante el razonamiento mientras fomenta la adquisición de conocimientos (Molina Montoya, 2013) como lo indica la tabla (5).

Estudiantes	Problema N° 1	Problema N° 2	Problema N° 3	Problema N° 4	Problema N° 5
1	90	100	100	0	80
2	100	50	100	100	100
3	100	100	100	100	100
4	90	100	100	100	75
5	90	100	0	0	100
6	100	100	100	100	0
7	90	90	100	0	80
8	100	100	100	100	75
9	90	100	100	100	0
10	90	80	100	100	100
11	100	100	100	100	100
12	90	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100
14	100	90	100	100	0
15	100	100	100	50	100

Tabla 2. Valoración cuantitativa sobre cien (100) puntos de los procedimientos matemáticos de cada problema.

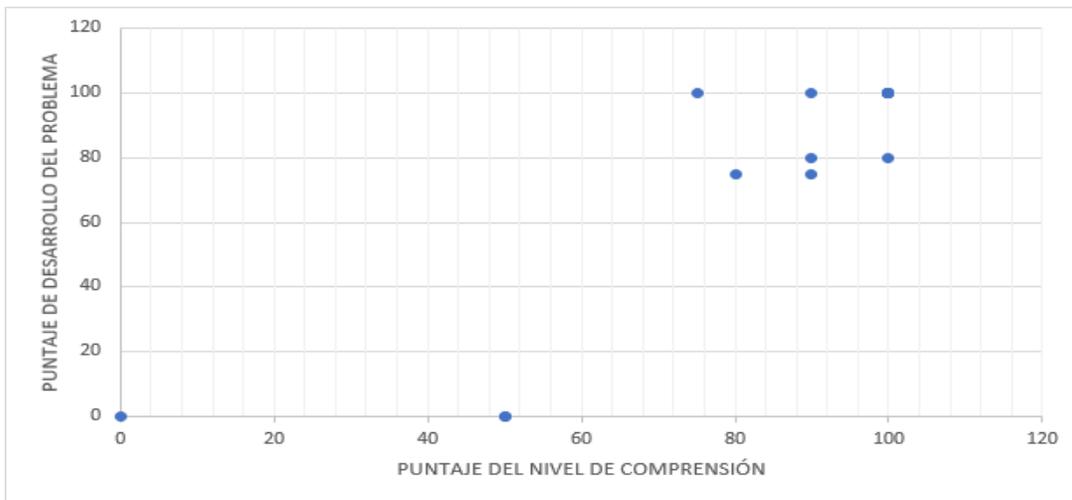
Los resultados de la Tabla No.2, muestran que la mayoría de los estudiantes desarrollaron con éxito las preguntas 1 y 2 del problema cinco (5). Los estudiantes que se evaluaron con el 75 presentaron dificultades en el manejo de cifras significativas, lo que lleva a tener inconsistencias entre la masa que entra y la masa

que sale de un sistema. Solo tres estudiantes no alcanzaron a establecer las variables y ecuaciones pertinentes.

Estudiantes	Problema N° 1	Problema N° 2	Problema N° 3	Problema N° 4	Problema N° 5	Parte B
1	100	100	100	100	100	0
2	100	50	100	100	100	100
3	100	100	100	100	90	100
4	100	100	100	100	80	0
5	100	100	0	100	75	100
6	100	100	100	100	50	100
7	100	100	50	100	90	0
8	100	100	100	100	90	100
9	100	100	100	0	50	0
10	100	100	100	50	100	100
11	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	90
13	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	0	0
15	100	100	100	100	100	100

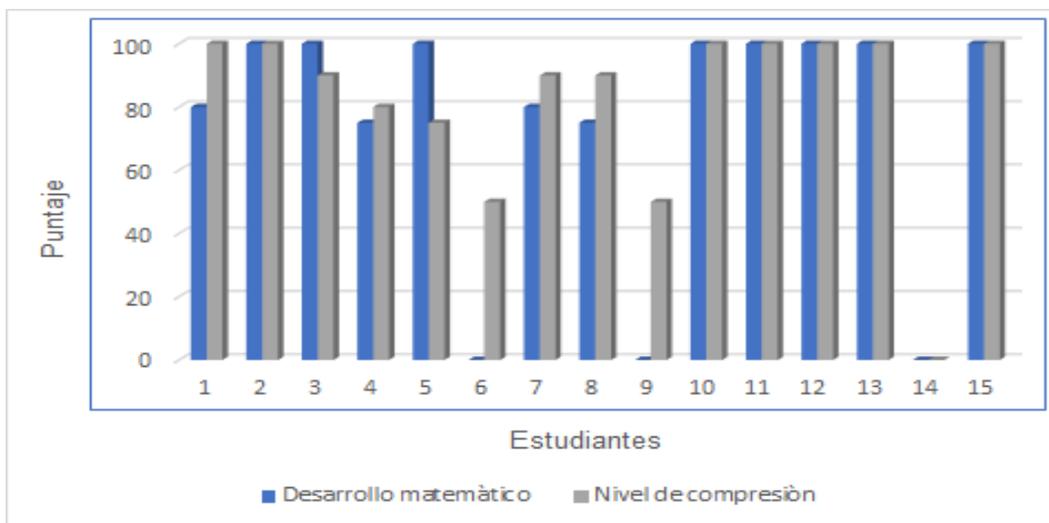
Tabla 3. Valoración cuantitativa sobre cien (100) puntos al nivel de comprensión del concepto químico en el proceso industrial de cada problema.

La tabla No.3 muestra los resultados del nivel de comprensión expresado por los estudiantes a través de la hoja de respuestas. Los estudiantes calificados con 50 puntos en el problema (5) no establecieron un diagrama de bloques completo para cada unidad de proceso y no definieron la importancia del balance de materia en el proceso de fabricación. Los estudiantes 3, 7 y 8 presentaron dificultades en algunas composiciones de corrientes de entrada y salida del sistema y solo un estudiante desarrollo de manera incoherente el diagrama de bloques y no definió la importancia del balance de materia. Los demás estudiantes respondieron de manera exitosa las dos preguntas del problema (5).



Gráfica 1. Desarrollo matemático vs la comprensión del balance de materia en el proceso industrial planteado en el problema (5).

En la gráfica No.1 se muestra la relación que hay entre el nivel de comprensión de la situación problema y el desarrollo como tal del mismo. Para esto se han graficado los puntajes obtenidos en el problema No.5 mostrados en las tablas 1 y 2, donde se evidencia que los estudiantes a mayor comprensión de los conceptos químicos pueden desarrollar de forma correcta el problema industrial planteado, mientras que los estudiantes que muestran bajos niveles de comprensión no logran desarrollar el problema planteado. Los puntos que se ubican en la gráfica, en ocasiones corresponden a varios estudiantes que mostraron desempeños similares, por esto en la gráfica No.2 se observan los resultados de cada uno de ellos.

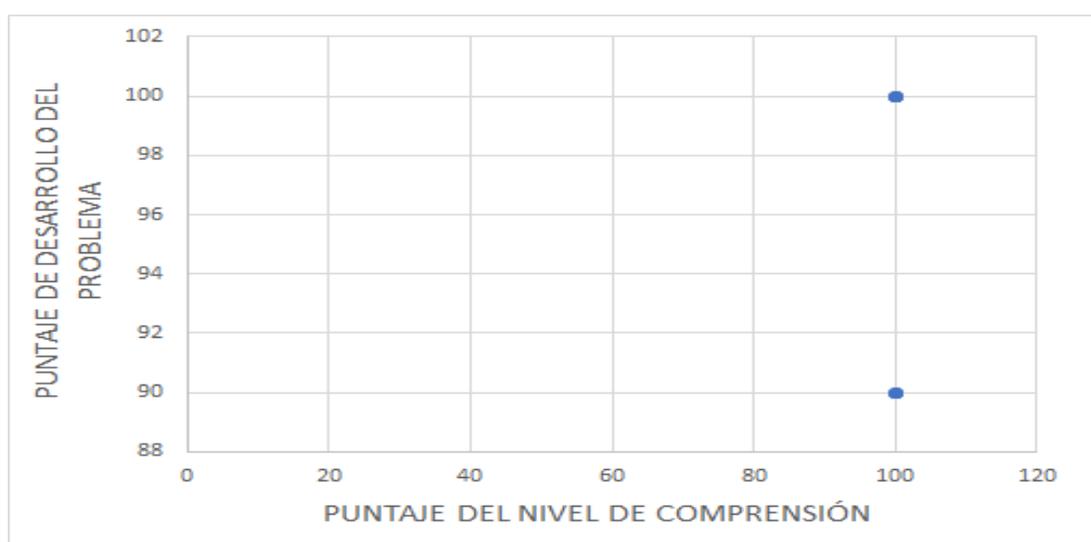


Gráfica 2. Desarrollo matemático y nivel de comprensión del balance de materia de cada estudiante.

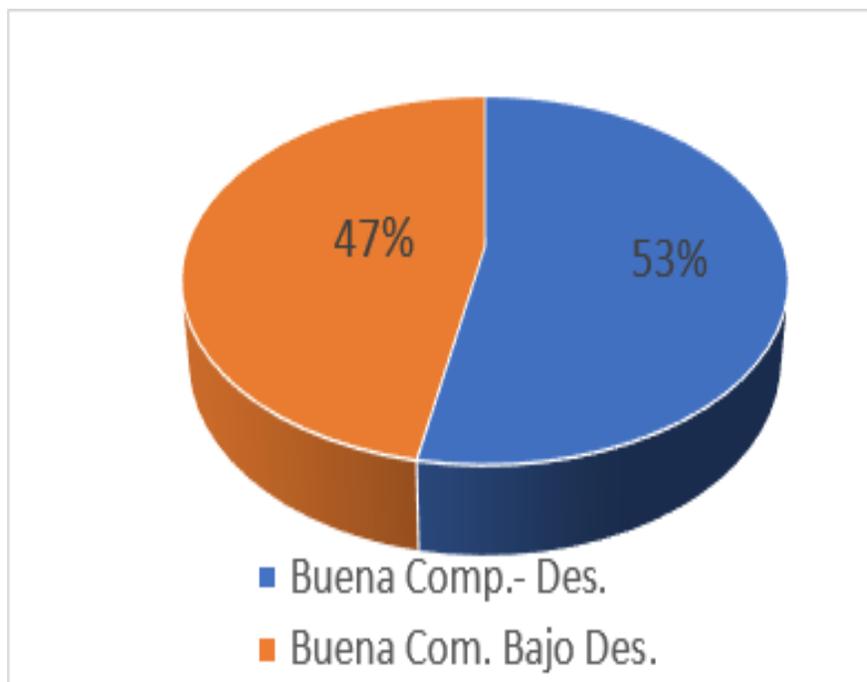
Como se observa en la gráfica No. 2, la mayoría de los estudiantes mostraron un buen nivel de comprensión y desarrollo del problema planteado, mientras que los estudiantes que muestran alguna dificultad en la comprensión del problema y de algunos conceptos, no lograron desarrollarlo. Con esta información gráfica, se evidencia la estrecha relación que hay entre el nivel de comprensión tanto del problema como de los conceptos asociados con el mismo y su desarrollo; a manera de generalización se podría afirmar que, a medida que los estudiantes demuestren un alto nivel de comprensión, podrían tener éxito en el desarrollo de problemas industriales.

Los resultados satisfactorios observados en la resolución del problema 5, que es el problema que responde a la parte A y B del problema central, derivan del desarrollo paulatino de cada uno de los problemas planteados en la estrategia desde el 1 al 4. A continuación, se analizan los resultados de cada uno de estos problemas.

En el problema (1) los estudiantes debían calcular el índice de saponificación y determinar la cantidad de álcali necesario para saponificar el aceite. Mostraron un alto nivel de comprensión tanto de los conceptos como de la situación planteada, sin embargo, no todos los estudiantes desarrollaron de forma adecuada el problema. El 47 % de los estudiantes aun cuando mostraron un buen nivel de comprensión no lograron tener éxito en su totalidad en el desarrollo del problema a causa de errores de unidades de medida y el manejo de cifras significativas tanto en el procedimiento como en el resultado. Lo cual sugiere que es necesario, incorporar situaciones de enseñanza como ésta para avanzar el proceso de aprendizaje de los conceptos de la química asociados con el balance de materia.



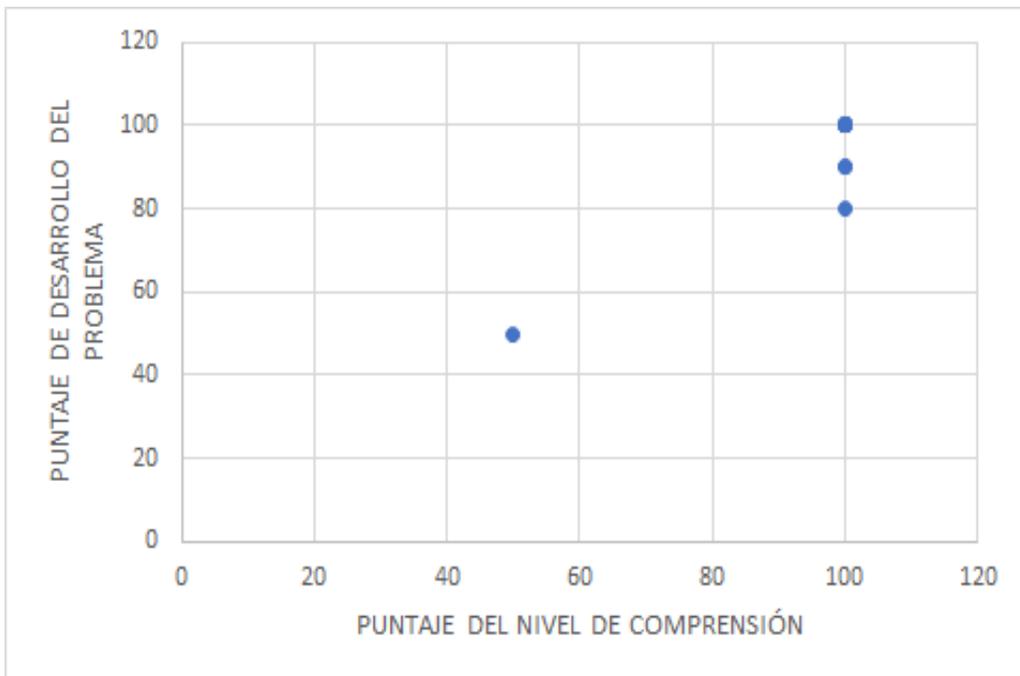
Gráfica 3. Nivel de comprensión del problema (1) frente al desarrollo del mismo.



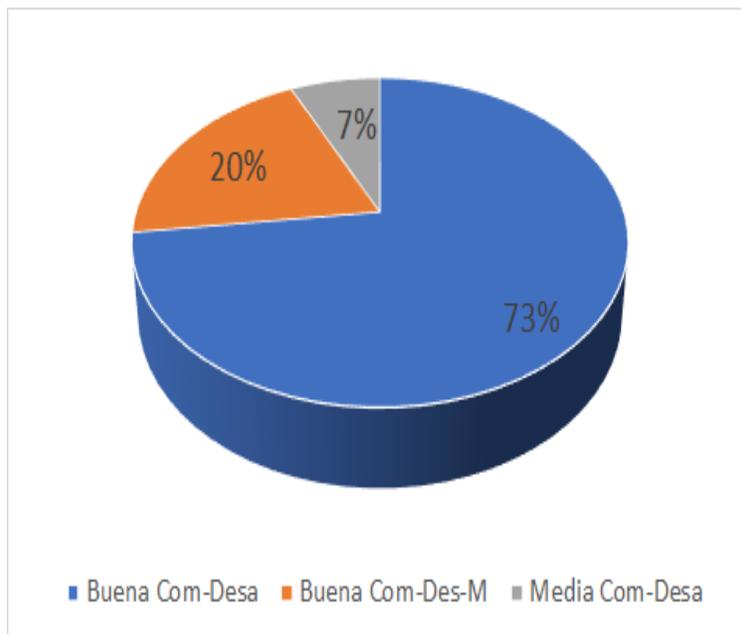
Gráfica 4. Porcentaje de estudiantes que comprendieron y desarrollaron el problema (1).

En el problema (2) los estudiantes con la información que les proporcionaba el problema debían calcular la densidad del producto terminado teniendo en cuenta las variables de estado de la fábrica. El 73% de los estudiantes comprendieron y desarrollaron con éxito el problema planteado, lo cual muestra una alta correlación entre la comprensión y el desarrollo matemático de la situación problema planteado. El 20% de los estudiantes no lograron desarrollar en su totalidad el problema aun cuando muestran un alto nivel de comprensión de los conceptos y de la situación específica, esencialmente porque incurrieron en errores en las operaciones básicas de la matemática, que se le puede atribuir a descuidos en el uso de la calculadora.

Por último, el 7% de los estudiantes no comprendieron la relación entre la densidad y la temperatura, lo cual supone que para estos estudiantes hay que hacer algunos procesos de intervención didáctica que les permita mejorar sus procesos de aprendizaje.



Gráfica 5. Nivel de comprensión del problema (2) frente al desarrollo del mismo.



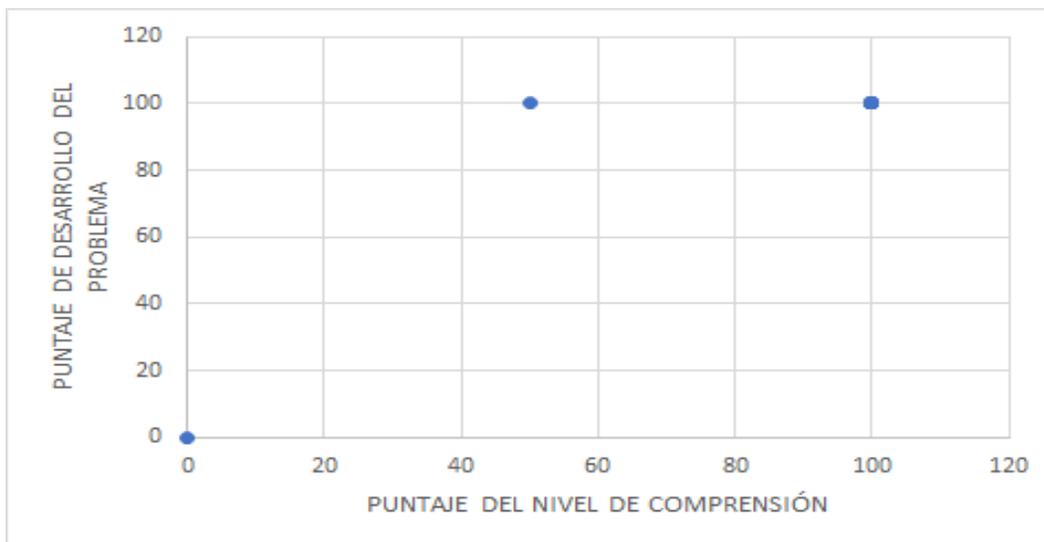
Gráfica 6. Porcentaje de estudiantes que comprendieron y desarrollaron el problema (2).

En el problema (3) los estudiantes debían calcular el nivel de espuma formado a partir del jabón líquido, agua y agitación. El 86% de los estudiantes mostraron un alto nivel de comprensión y lograron el desarrollo satisfactorio del problema.

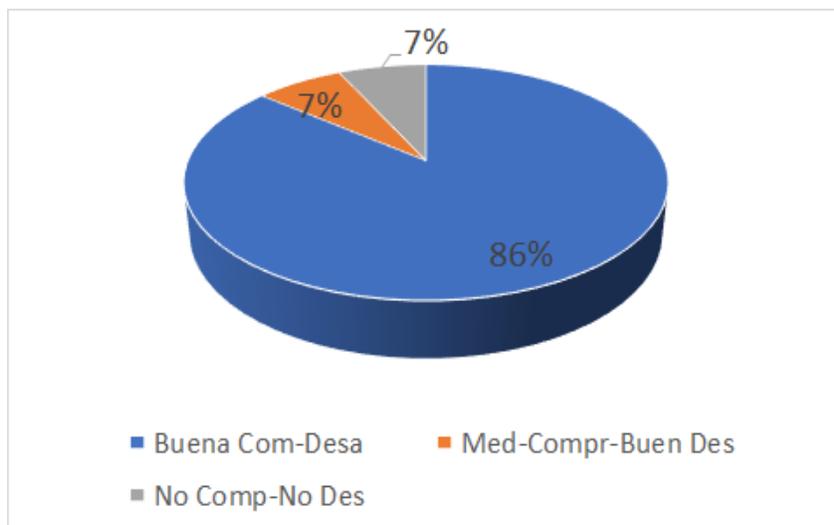
El 7% de los estudiantes tuvieron dificultades en la comprensión de la situación básicamente porque no correlacionaron entre la formación de espuma y el nivel de espuma, pero con el uso de las ayudas planteadas lograron desarrollar la situación problema.

Finalmente, solo el 7% no mostró un nivel de comprensión del problema y por tanto no logró desarrollarlo, muy seguramente porque al no comprender los conceptos asociados a la espuma, generó una errónea interpretación de la ecuación planteada, provocando posteriormente el errado uso de la ecuación.

Una vez más se evidencia que, en la medida en que un estudiante muestra haber comprendido el problema planteado hay una alta probabilidad de tener éxito en el desarrollo del mismo, de ahí la importancia de implementar en el aula de clase estrategias de enseñanza como el ABP que lleven a los estudiantes a procesos de aprendizaje fundamentados en altos niveles de comprensión.



Gráfica 7. Nivel de comprensión del problema (3) frente al desarrollo del mismo.

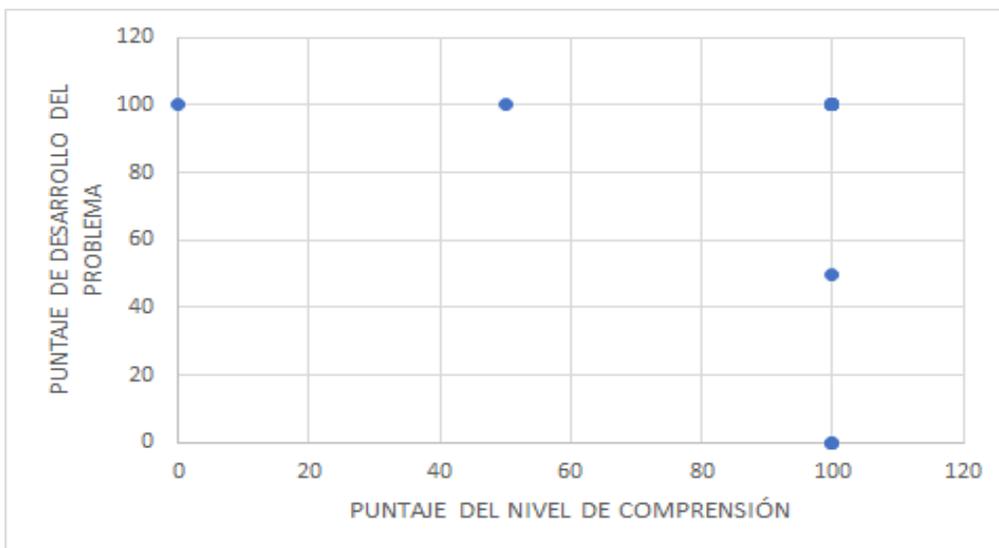


Gráfica 8. Porcentaje de estudiantes que comprendieron y desarrollaron el problema (3).

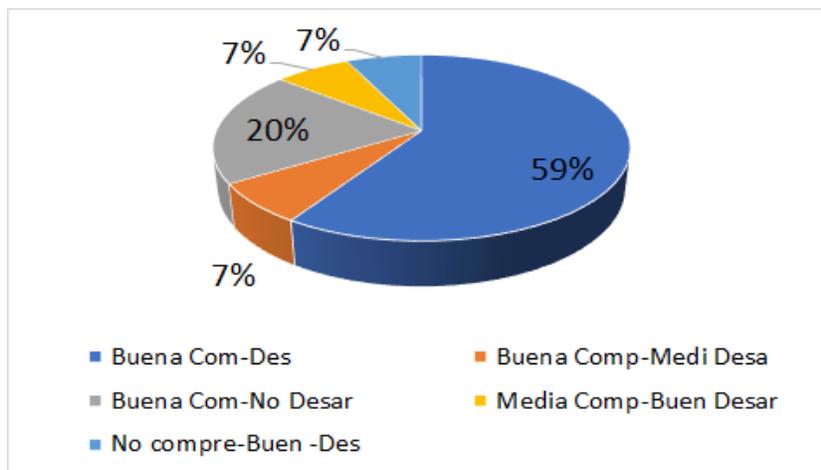
En el problema (4) los estudiantes debían determinar el porcentaje de álcali libre presente en el producto terminado. En esta situación problema la mayoría mostro un alto nivel de comprensión como se muestra en la gráfica No.9, pero solo el 59% lograron desarrollar el problema correctamente y comprendieron los conceptos asociados al problema planteado.

En la gráfica No. 10 se muestra que, aunque el 86% de los estudiantes mostraron un buen nivel de comprensión el 20% no lo desarrollaron de forma adecuada, debido a que en el desarrollo de ecuación planteada los estudiante tuvieron falencias en el uso de las reglas de la cifras significativas y las unidades de medida, y el 7% no lo termino de desarrollar la ecuación planteada por errores asociados a como reportar el resultado.

Lo anterior evidencia que, con la implementación de estrategias didácticas basadas en el ABP, no solo se contribuye a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, sino que además permite identificar con claridad las dificultades que presentan los estudiantes al momento de desarrollar un problema.



Gráfica 9. Nivel de comprensión del problema (4) frente al desarrollo del mismo.



Gráfica 10. Porcentaje de estudiantes que comprendieron y desarrollaron el problema (4).

Llama la atención, los estudiantes que mostraron un nivel de comprensión altos, pero no lograron desarrollar el problema y los que no mostraron una comprensión de la situación y mostraron un buen desarrollo del problema. Esta situación se puede explicar porque los errores cometidos en las unidades de medida, cifras significativas y operaciones matemáticas ocasiono que a pesar de comprender el concepto químico los estudiantes no desarrollo con éxito el problema, mientras que los estudiantes que desarrollaron adecuadamente los procedimientos matemáticos siguiendo las reglas de la aritmética y el uso correcto de cifras significativas, sin comprender los conceptos asociados, mostraron el éxito en el desarrollo y resultado del problema sin comprender los conceptos químicos asociados en la situación problema.

5.2.3. Resultados de la estrategia ABP en la enseñanza del balance de materia en el proceso industrial de fabricación de jabón líquido

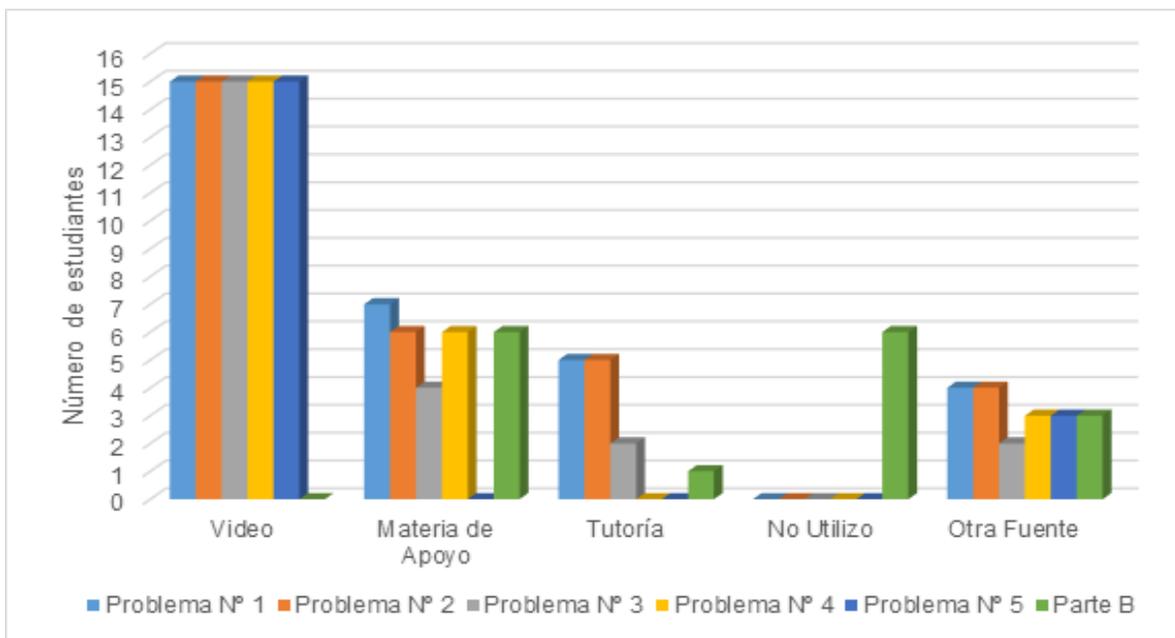
Los estudiantes que emplean el ABP abarcan menos núcleos temáticos en su proceso de aprendizaje, pero la naturaleza del conocimiento así adquirido es diferente al que se construye usando otra ruta de enseñanza. Los estudiantes en una estrategia ABP, desarrollan habilidades de pensamiento que lo facultan para buscar la información necesaria en el momento que lo requiera (Biggs, 2006), organizar dicha información y usarla en la resolución de un problema dado. Bajo estos principios se diseñó la estrategia de enseñanza como ya se ha mencionado y para valorar el uso de las ayudas presentadas se elaboró la pregunta 5 de la hoja de respuestas, cuyos resultados se presentan en la tabla No.4.

La principal característica del estudiante en esta metodología es que el estudiante es activo (Jiménez Salamanca, 2019). A través de la ruta de trabajo propuesta en el diseño didáctico el alumno gestiona su aprendizaje a través de los materiales proporcionados por la estrategia didáctica, así todos los estudiantes necesitan información nueva disponible, como el video, material de apoyo, tutoría, entre otros, para el desarrollo de los problemas planteados, como se evidencia en la tabla (4).

Ayudas Problema	Video	Referencias	Tutoría	No Utilizo	Otra Fuente
1	15	7	5	0	4
2	15	6	5	0	4
3	15	4	2	0	2
4	15	6	0	0	3
5	15	0	0	0	3
Parte B	N/A*	6	1	6	3

Tabla 4. Material de apoyo utilizado por los estudiantes para el desarrollo de los diferentes problemas.

Los resultados presentados en la tabla No.4 y la gráfica N^o 11 muestran que todos los estudiantes usaron al menos una ayuda de las proporcionados en el diseño metodológico y consultaron otras fuentes de información diferentes. Es de destacar que, en el desarrollo del primer problema usaron todas las ayudas para resolverlo, pero en la medida que fueron avanzando, cada vez necesitaron menos ayudas en la resolución de los problemas, lo cual demuestra la pertinencia de la ruta de trabajo y el desarrollo de la capacidad para aprender por cuenta propia y de identificar y resolver problemas.



Gráfica 11. Número de estudiantes que utilizaron las diferentes ayudas propuestas por la estrategia didáctica.

El ABP es una estrategia de enseñanza que favorece procesos de aprendizaje donde el estudiante en un acto autónomo y único compagina sus conocimientos previos y los articula con los nuevos para lograr el desarrollo de los problemas de aprendizaje planteados. Al realizar el seguimiento de la pregunta seis de la hoja de respuesta se logra establecer los conocimientos nuevos que lograron construir los estudiantes que participaron en esta intervención didáctica, cuyos resultados se presentan en la tabla No.5.

	Problema N ° 5	Problema N ° 4	Problema N ° 3	Problema N ° 2	Problema N ° 1	Parte B
Nuevos conocimientos	Balace de materia	Alcalinidad total	Nivel de espuma	Densidad	Indice de saponificación	Normatividad
	Diagrama de bloques	Determinación de alcalinidad total	Espuma	Temperatura	Saponificación	NTC 5624
	Procesos unitarios		Tensoactivos	Densidad relativa	Calculo del índice de saponificación	Clasificación de los jabones, según su uso
	Operaciones unitarias			Ecuación de cálculo de densidad	Reacción de saponificación	La manera más simplificada de poder explicar un tema del común.
	Diagramas de procesos			Determinación gravimétrica de la densidad		Análisis fisicoquímicos
	Plantear ecuaciones					Fabricación artesanal e industrial de jabones

Tabla 5. Nuevos conocimientos adquiridos por los estudiantes a partir de la resolución de cada problema planteado.

Los estudiantes al dar solución a cada problema asociado a la fabricación industrial de jabón líquido lograron conocer nuevos conceptos químicos, estos nuevos conocimientos enunciados por los estudiantes son los conceptos químicos esperados en cada problema, además de otros conocimientos nuevos, como se muestra en la tabla No.5.

Todos los estudiantes reconocieron haber aprendido conocimientos nuevos en la estrategia didáctica basada en el ABP. El objetivo de este diseño didáctico no es solo resolver el problema en concreto, sino que mientras desarrollaron el problema, el alumno tuvo la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos, desarrollar algunas habilidades relacionadas con la resolución de problemas y fortalecer destrezas de autodirección con base a problemas reales de fabricación industrial de jabón líquido (Biggs, 2006), como se demuestra a través de los resultados de toda la estrategia didáctica.

Basado en un contexto industrial y la metodología ABP, los estudiantes logran con éxito, la construcción de conocimientos, favoreciendo el aprendizaje de conceptos químicos.

Capítulo 6. Conclusiones.

- Derivado de los resultados de este trabajo se logra establecer que los conceptos químicos propuestos en cada problema diseñado con base a un contexto industrial de fabricación de jabón líquido, tiene un impacto favorable en los estudiantes en el aprendizaje de nuevos conocimientos como se evidencia en la tabla N. ° 5 del análisis de los resultados, demostrando la congruencia de los conceptos químicos en el proceso de fabricación de jabón líquido y la enseñanza del balance de materia.
- El desarrollo matemático y la comprensión del concepto de balance de materia en las unidades de proceso de fabricación de jabón líquido, muestra que los estudiantes en los que se realizó la intervención didáctica basada en la metodología ABP, tienen éxito en la solución de problemas de balance de materia asociados a un contexto industrial, como se ve en la gráfica N° 1, de esta manera se demuestra la pertinencia de la estrategia didáctica en la enseñanza del concepto de balance de materia.
- A través de una ruta de trabajo y material de apoyo, planteadas en la estrategia didáctica basada en la metodología ABP, los estudiantes en los que se realizó la intervención didáctica lograron con éxito el aprendizaje del concepto de balance de materia en un contexto industrial, estableciendo así relaciones didácticas entre procesos industriales de fabricación de jabón líquido y la enseñanza de conceptos químicos en estudiantes de pregrado.

Capítulo 7. Recomendaciones

Con posterioridad al diseño e implementación de la estrategia de enseñanza fundamentada en el ABP en el contexto de preparación industrial de jabón líquido, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Diseñar estrategias didácticas basadas en diferentes contextos industriales, para tener mayor diversidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje basados en la metodología ABP en la adquisición de conocimientos nuevos.
- Plantear problemas de balance de materia en el que los estudiantes a partir de un texto puedan pasarlo a un diagrama y otros problemas que partan de un diagrama para construir un texto, para desarrollar competencias básicas, como interpretación y proposición, necesarias para la solución de problemas.
- Es necesario la participación activa tanto de los estudiantes como del docente en todo el desarrollo de la estrategia didáctica basada en el ABP para el éxito de la misma.
- El uso de la herramienta matemática es fundamental en la solución de problemas de lápiz y papel en contextos como la física y la química, que terminan siendo una pieza fundamental en el ABP, el cual trasciende el campo de la matemática a otros campos del conocimiento.

Bibliografía

- Abril Rodríguez, M. A., & Fonseca Romero, K. A. (2011). *Jabón antibacterial virocidad* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad Ingeniería Química).
- Agustín. (30 de 10 de 2016). *EN SECO*. Recuperado el 2020, de La importancia del pH en el proceso de lavado: <https://bit.ly/3h6DGBL>
- Biggs, J. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- De Caro, D. (2016). Experimento sobre la noción de conservación de la materia. *PSIENCIA. Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, 8(3), 1-4. doi:DOI: 10.5872/psiencia/8.3.103
- Deiana, A. C., Granados, D. L., & Sardella, M. F. (2018). *Balance de masa*. Argentina: UNSJ.
- Felder, R. M., & Rousseau, R. W. (2004). *Principios elementales de los procesos químicos*. México: Limusa.
- García, M. V., Silva, J., & Ortiz, R. (2019). *Elementos básicos para el estudio de la Ingeniería Química*. Chile: Universidad del Valparaíso.
- Gracia Fadrique, J. (01 de 05 de 2014). ¿Qué es la espuma? *Revista digital universitaria*, 15(5).
- Guerrero González, C. E. (2014). *Diseño de una planta de fabricación de jabón a partir de aceites vegetales usados*. España: Universidad de Almería.
- Himmelblau, D. M. (2002). *Principios básicos y cálculo en ingeniería química*. México: Prentice Hall.
- Jiménez Salamanca, M. C. (2019). *Habilidades de pensamiento científico en estudiantes de educación media: Una estrategia tipo ABP para la enseñanza de reacción química*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Londoño García, R. (2015). *Balances de masa y energía*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Molina Montoya, N. P. (2013). El aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia didáctica. *Academia y virtualidad*, 6(1), 53-61.

- Monsalvo Vázquez, R., Muñoz Pérez, G., del Rocío Romero Sánchez, M., & Guadalupe Miranda Pascual, M. (2014). *Balance de materia y energía. Procesos industriales*. México: Patria.
- Montiel Díaz, W. (2017). *Elaboración de jabón líquido para uso industrial a partir de glicerina, en el laboratorio 101 del Departamento de Química de la UNAN-Managua, Agosto a Diciembre 2016*. Managua: UNAN-Managua.
- Moreira, M. A. (2002). *Investigación en educación en ciencias: Métodos cualitativos*. Brasil: Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de la Ciencias.
- Patiño Jaramillo, M. (2010). *Química básica Prácticas de laboratorio*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Pita Fernández, S., & Pèrtegas Díaz, S. (2002). *Investigación cuantitativa y cualitativa*. España: Unidad de epidemiología Clínica y Bioestadística.
- Soler Fernández, E. (2006). *Constructivismo, Innovación y Enseñanza Efectiva*. Venezuela: Equinoccio.
- Solaz Portolès, J. J., Gómez López, A., & San José López, V. (2011). Aprendizaje basado en problemas en la educación superior: una metodología necesaria en la formación del profesorado. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 52.
- Rojas González, A. F. (2012). *Fundamentos de procesos químicos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Rolle, K. C. (2006). *Termodinámica*. México: Prentice Hall.
- Runge Peña, A. K. (04 de 04 de 2014). Didáctica: Una introducción panorámica y comparada. (D. UCC, Entrevistador)
- Servicio de Innovación Educativa (UPM). (2008). *Aprendizaje Basado en Problemas*. Madrid: Universidad Politécnica.
- Uwe Flick. (2007). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: MORATA S.L.
- Valbuena Leguizamo, M. (2017). El ABP como alternativa metodológica para la cualificación de las prácticas de enseñanza de fundamentos de química en el programa de gestión ambiental y servicios públicos. *Tecnogestión: Una mirada al ambiente*, 14(1), 54-71. Recuperado el 2020, de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/12630>

Valiente, A. B. (2012). *Problemas de balance de materia y energía en la industria alimentaria*. México: LIMUSA.

Vilca Arana, M. (2017). *El ABP en la enseñanza de los estudiantes del III ciclo de la facultad de ingeniería industrial y civil del curso de química de la universidad Alas Peruanas*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Anexos

Anexo 1. Problema central y material de apoyo.

Proceso industrial de fabricación de jabón líquido

A una planta industrial de fabricación de jabón líquido llega 2500 Kg de aceite purificado, sin rotulo y etiqueta, se desconoce las características fisicoquímicas del aceite.

El área de control de calidad de la planta industrial está a cargo de hacer las respectivas pruebas analíticas a la materia prima y producto terminado.

Al aceite se calcula:

- Índice de saponificación

Al jabón líquido se calcula los parámetros de calidad:

- Densidad
- Nivel de espuma
- Alcalinidad total

La empresa dedicada a la fabricación industrial de jabón líquido tiene un área de control de calidad, donde están los laboratorios y un área de producción de jabón líquido, en donde se lleva a cabo la saponificación directa de las grasas neutras y el mezclado del producto terminado. La temperatura ambiente de la fábrica se encuentra a 21 °C y 1 atm de presión.

Problemas

- A. Determinar el balance de masa total del proceso unitario de saponificación y la operación unitaria de mezclado del producto terminado.
- B. ¿Qué otros análisis fisicoquímicos propone para establecer su potencial uso al producto terminado? Justifique su respuesta.

Ayudas:

- Video: <https://www.youtube.com/watch?v=wLgrNxwEG-s>
- Esquema: https://pedagogicaedu-my.sharepoint.com/:i:/g/personal/dqu_rtrujillo701_pedagogica_edu_co/Ed3xbWlWpqJMoWHswkCwL2UB4G1NcMBKCFg4rQzCfc4e8g?e=G4RhJE
- Material de apoyo: https://pedagogicaedu-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/dqu_rtrujillo701_pedagogica_edu_co/EnRGtINEfh1Ji1IISUrv0WsbJe0PPIsbLFrAOQ9t9d0fFg?e=H6Mq4M

Anexo 2. Problema (1) y material de apoyo.

Problema N.º 1: Índice de saponificación

Para establecer la cantidad de hidróxido de potasio necesarios para saponificar el aceite, es indispensable calcular el índice de saponificación, es decir, el número de miligramos de KOH necesarios para saponificar un gramo de aceite.

Para determinarlo, el aceite se saponifica con un exceso medido de KOH en disolución etanólica y luego se valora el exceso de KOH frente al HCl normalizado con fenolftaleína como indicador.

Mediante la titulación ácido-base, usando un ácido fuerte (HCl) frente al exceso de hidróxido de potasio hasta alcanzar el punto final de la titulación; se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla N.º 1: Titulación ácido-base

Muestra (g)	HCl 0.5N (mL)	
	Muestra	Blanco
0.9975	48.26	55.0

Ecuación N.º 1: Índice de saponificación.

$$IS = \frac{56.1 (V_1 - V_2) N}{m}$$

Siendo:

IS: índice de saponificación

V₂: volumen de solución de ácido clorhídrico, en mL.

V₁: volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación del ensayo del blanco, en mL.

N: normalidad de la solución del ácido.

m: masa de la muestra analizada, en g.

Ayudas:

- Video: <https://www.youtube.com/watch?v=91mEik97KZk>
- Material de apoyo: https://pedagogicaedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/dqu_rtrujillo701_pedagogica_edu_co/Eq6cZGaKuxNKiA3XYeWzs3UBYuyEnpg83E8943y1FBPUJw?e=yHZchw

Anexo 3. Problema (2) y material de apoyo.

Problema N.º 2: Densidad

La densidad del producto terminado es uno de los parámetros de calidad del jabón líquido, junto con el nivel de espuma y alcalinidad total. El método para determinar la densidad es gravimétrico, haciendo uso del picnómetro y la balanza analítica. Se calcula mediante la ecuación (2).

El primer paso fue lavar y secar el picnómetro, posteriormente el picnómetro se llevó a la balanza y se anotó su masa (m_p) la cual fue de 36,083 gramos.

El segundo paso fue llenar el picnómetro con agua, colocarle la tapa hasta que rebase el capilar que está ubicado en la parte superior de la tapa, se secó por fuera con un paño y se estableció su masa ($m_p + H_2O$) que fue de 60,105 gramos.

El tercer paso fue tomar un picnómetro seco y llenarlo con la muestra (jabón líquido) hasta sobre pasar el capilar igualmente secarlo y proceder a determinar su masa ($m_p + d$) según el resultado obtenido es de 62,273 gramos.

Ecuación N.º 2: Densidad:

$$\rho = \frac{m_p + d - m_p}{m_p + H_2O - m_p} * \rho_{H_2O}$$

Ayudas:

- Video: <https://www.youtube.com/watch?v=Xe3rBk--1r0>
- Material de apoyo: https://pedagogicaedu-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/dqu_rtrujillo701_pedagogica_edu_co/Eit37eQuschJkRlqJH8-BswBltYMGZ6QWUmElmt3G3eVbw?e=XPIrlf

Anexo 4. Problema (3) y material de apoyo.

Problema N.º 3: Nivel de espuma

La formación de espuma es favorecida por la presencia de una sustancia en el líquido que disminuya su tensión superficial, aumentando el área de la interfase aire-líquido.

El método consiste en medir la cantidad de espuma formada a partir de la agitación de jabón líquido en agua. El volumen de espuma se calcula utilizando la ecuación (3)

$$V = V_1 - V_2 \text{ Ecuación (3)}$$

Siendo:

V: volumen de la espuma, en mL.

V₁: volumen total (agua más espuma).

V₂: volumen de agua en la interfase.

Se pesó un gramo de muestra, y se disolvió en 200 mL de agua destilada caliente se completó el volumen a 1000 mL con agua destilada fría. Se transfirieron 50 mL de la solución a un beaker de 250 mL, el cual se tapó y fue agitado 50 veces de manera enérgica y rápida, posteriormente se dejó reposar por 1 minuto y se anotó el volumen de agua en la parte superior; luego se restó el volumen total (agua + espuma) al volumen de agua hasta la interfase.

V (mL) Agua + Espuma	V (mL) Agua en la interfase
55	47

Ayudas:

- Video: <https://www.youtube.com/watch?v=tWilQ-67Rzw>
- Material de apoyo: https://pedagogicaedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/dqu_rtrujillo701_pedagogica_edu_co/Eg0WCwwyF5tOhPVWwyk_LYsB5fhqW4ICW_0rZ4dZy0_98w?e=Ams0Zm

Anexo 5. Problema (4) y material de apoyo.

Problema N.º 4: Alcalinidad total

Es la Capacidad de una sustancia química en solución acuosa para ceder iones OH^- y esta expresada en porcentaje de masa.

Se pesó en un matraz Erlenmeyer con 5 gramos de muestra a la que se le agregó 50 mL de agua destilada para disolver y homogenizar, se adicionó dos gotas de la solución indicadora de fenolftaleína y se tituló con una solución 0,1 N de ácido clorhídrico (HCl).

$$\text{AL} = 4 \frac{V \times N}{m}$$

Ecuación (4)

Siendo:

AL: alcalinidad libre, expresada en porcentaje de masa.

V: volumen de la solución de ácido, en mL.

N: normalidad del ácido.

m: masa de la muestra, en g.

Se gastó 0,4 mL de la solución de ácido, para valorar el exceso de hidróxido.

Ayudas:

- Video: <https://www.youtube.com/watch?v=j-N-jp5kjNs>
- Material de apoyo: https://pedagogicaedu-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/dqu_rtrujillo701_pedagogica_edu_co/Efg1fvpGHx1Judmad2xE_EIBby-CcAqsph6IDOETZQYcoA?e=KjWxek

Anexo 6. Problema (5) y material de apoyo.

Problema N.º 5: Balance de masa total

En el proceso unitario de saponificación se obtiene dos productos, jabón base con una composición de %peso de 18.45% de agua, 1% de sal, 74.50% jabón, 6% glicerol, 0.05% de álcali libre y 1157 Kg de glicerina con una fracción másica de 0.729 de agua, 0.12 de sal, 0.15 de glicerol, 0.001 de álcali libre.

A la operación unitaria de mezclado llega la corriente de jabón base del proceso de saponificación para mezclarse con agua y aditivos, produciendo 5.803 m³ del producto terminado con una composición de %peso de 51.1% de agua, 0.55% sal, 3.3% de glicerina, 0.03% de álcali libre, 4.02% de aditivos y 41% de jabón.

Las corrientes de entrada para el proceso unitario son:

- 2500 Kg de aceite
 - Agua desionizada
 - Cloruro de potasio
 - Hidróxido de potasio
- Entradas = Salidas Ecuación (5)

Las corrientes de entrada para la operación unitaria son:

- Aditivos
- Agua desionizada
- Jabón base

Ayudas:

- Video: <https://www.youtube.com/watch?v=dnPsC2cnfpo>
- Material de apoyo: https://pedagogicaedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/dqu_rtrujillo701_pedagogica_edu_co/Em4r0eYaM_VBkjveguDDjvsBqZwpMlaV99uf4y73aXyeWQ?e=O345KN

Anexo 7. Ejemplo de hoja de respuesta del problema (1).

Hoja de respuesta

Nombre: _____

1. Calcular el índice de saponificación con los resultados de la tabla N° 1 y la ecuación N° 1. Escriba todos los procedimientos realizados.
2. Determinar la cantidad de álcali necesario para saponificar 2500Kg de materia prima del problema central a partir del índice de saponificación calculado. Escriba todos los procedimientos realizados.
3. Exprese con sus propias palabras o mediante un esquema lo que entiende por índice de saponificación.
4. Describa con sus propias palabras la importancia del índice de saponificación en la fabricación de jabón.
5. Marque con una "x" el material que utilizo para resolver el problema:

El video	
Material de apoyo	
Tutoría	
Otras fuentes de consulta	
No utilizo ninguna ayuda	

6. Una vez terminado este problema complete la siguiente tabla:

Conocimientos que utilizo para resolver el problema y que ya sabía	Nuevos conocimientos adquiridos a partir de la resolución del problema

Anexo 8. Consentimiento informado.

 <p>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL</p>	<p>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEPARTAMENTO DE QUIMICA</p>
<p style="text-align: center;"><u>CONSENTIMIENTO INFORMADO</u></p> <p>Señores estudiantes, VI Semestre del PLQ Curso de Pedagogía y Didáctica III</p> <p>Cordial saludo.</p> <p>En cumplimiento de los objetivos del PLQ y de los respectivos requisitos para optar el título de licenciado en Química, en las fechas 20, 22, 27 y 29 de octubre del 2020 se hará una implementación didáctica fundamentada en el ABP diseñada por el estudiante Robinson Trujillo Rodríguez.</p> <p>Por lo anterior, se solicita gentilmente contar con su aprobación para que se haga la implementación didáctica y la información obtenida será utilizada únicamente para fines investigativos y se maneja absoluta reserva en los datos consignados.</p> <p>En el contexto anterior, por favor diligencie los siguientes datos:</p> <p>Nombre: _____ Código: _____</p> <p>¿Aprueba su participación en la investigación? _____ SI _____ No</p> <p>Firma del estudiante: _____</p>	