

**BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO INDUSTRIAL DE FABRICACIÓN DE  
JABÓN LÍQUIDO EN LA EMPRESA BELACLEAN S.A.S**

**STEFFANY LORENA ANGARITA HERNÁNDEZ**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA  
INGENIERIA QUIMICA  
PAMPLONA**

**2021**

**BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO INDUSTRIAL DE FABRICACIÓN DE  
JABÓN LÍQUIDO EN LA EMPRESA BELACLEAN S.A.S**

**STEFFANY LORENA ANGARITA HERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera química**

**Director**

**Msc. Alexander Luna Cortés**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA**

**INGENIERIA QUIMICA**

**PAMPLONA**

**2021**

## **DEDICATORIA**

*Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño. A ti DIOS que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa. Con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primeramente mi agradecimiento se dirige a Dios, el que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez, eres quien guía el destino de mi vida. Gracias padre celestial.*

*Gracias a todas las personas que han estado a mi lado en este largo recorrido, en especial a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este.*

*A mi hermano y mi novio por creer en mí y darme el apoyo en los momentos justos.*

*A mi abuela y a mi abuelo que es esa gran estrella que me guía a diario.*

*A mis compañeros/as de carrera, a mis compañeros /as de trabajo, a todos aquellos que en algún momento de mi vida se cruzaron en mi camino.*

*A mis profesores y tutores.*

*Gracias a todos...*

## CONTENIDO

2. ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
3. ÍNDICE DE TABLAS .....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
4. INTRODUCCIÓN .....	11
5. JUSTIFICACIÓN.....	13
6. OBJETIVOS.....	15
6.1 OBJETIVO GENERAL .....	15
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
7 GENERALIDADES .....	16
7.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LOS BALANCES DE MATERIA EN PROCESOS INDUSTRIALES .....	16
7.1.1 BALANCE DE MATERIA EN ESTADO TRASCIENDE .....	17
7.1.2 BALANCE DE MATERIA CON REACCIÓN QUÍMICA .....	19
<b>7.2</b> PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL DETERGENTE .....	24
7.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES .....	24
7.3 FABRICACIÓN DE DETERGENTE LÍQUIDO .....	25
8 ACTUALIDAD DEL JABON.....	31
8.1 GENERALIDADES DE PRODUCCIÓN.....	31
8.2 SECCIONES DE EMPRESA .....	32
8.2.1 Laboratorio .....	32
8.2.2 Bodega de envases, bodega de insumos y bodega de productos finales. ....	32
8.2.3 Producción .....	32
8.2.4 Envasado .....	33
8.2.5 Etiquetado y embalado .....	33
8.2.6 Despacho .....	33

9	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	34
9.1	<i>INGREDIENTES PARA EL BALANCE DE MATERIA DE UN JABÓN.....</i>	<i>34</i>
9.2	<i>MATERIA PRIMA.....</i>	<i>35</i>
9.3	<i>BALANCES DE MATERIA.....</i>	<i>35</i>
9.4	<i>FORMULACIÓN DEFINITIVA CON BASE EN EL BALANCE DE MATERIA. ....</i>	<i>35</i>
9.5	<i>CARACTERÍSTICAS DE OLOR EN UN LIMPIADOR MULTIUSOS.....</i>	<i>36</i>
10	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
10.1	<i>BALANCE DE MATERIA .....</i>	<i>37</i>
11	CONCLUSIONES .....	43
12	RECOMENDACIONES .....	44
13	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
14.	ANEXOS .....	47
	<i>ANEXO 1. BALANCES DE MATERIA POR COMPONENTE.....</i>	<i>47</i>
	<i>ANEXO 2. SUSTITUCIÓN DE CADA ECUACIÓN: .....</i>	<i>47</i>
	<i>ANEXO 3. BALANCES DE MATERIA POR COMPONENTE.....</i>	<i>48</i>
	<i>ANEXO 4. SUSTITUCIÓN DE CADA ECUACIÓN: .....</i>	<i>49</i>
	<i>ANEXO 5. SOLUCIÓN DEL EJEMPLO 2 BALANCE DE MATERIA CON REACCIÓN.....</i>	<i>49</i>
	<i>ANEXO 6. NORMA ASTM E679-19.....</i>	<i>51</i>

## 2. ÍNDICE DE FIGURAS

IMAGEN 1. ESTRUCTURA DEL ALQUILBENCENO LINEAL .....	11
IMAGEN 2. EMPRESA <i>BELACLEAN S.A.S</i> .....	11
IMAGEN 3. TANQUE DE AGITACIÓN.....	17
IMAGEN 4. TENSOACTIVO ANIÓNICO.....	28
IMAGEN 5. HIDRÓTROPO DE GLICERINA.....	28
IMAGEN 6. BLANQUEADOR ÓPTICO (ÁCIDO 4,4'-DIAMINO-2,2'-ESTILBENODISULFÓNICO).....	29
FIGURA 1. EJEMPLO DE LÍNEA PARA PRODUCIR DETERGENTES LÍQUIDOS <sup>11</sup> .....	26
FIGURA 2. ELABORACIÓN DETERGENTE.....	35
FIGURA 3. DIAGRAMA DEL PROCESO DE BALANCE DE MATERIA.....	37
FIGURA 4. DIAGRAMA DEL PROCESO DE BALANCE DE MATERIA CON COMPOSICIONES.....	37

### 3. ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPOSICIONES EN FORMULACIÓN DE DETERGENTE LÍQUIDO DE CARGA PESADA O COMÚN EN EUROPA (2000) <sup>8</sup> . LAS COMPOSICIONES ESTÁN DADAS EN PORCENTAJE PESO.....	29
TABLA 2. FUNCIÓN Y COMPUESTOS USADOS COMÚNMENTE EN EL DETERGENTE <sup>11</sup> .....	30
TABLA 3. TIPOS DE SURFACTANTES, EJEMPLOS DE FRECUENTE USO Y APLICACIÓN <sup>11</sup> .....	30
TABLA 4. INGREDIENTES PARA LA FORMULACIÓN BÁSICA DE DETERGENTE LÍQUIDO.....	34
TABLA 5. FORMULACIÓN DEFINITIVA PARA ELABORACIÓN DE DETERGENTES LÍQUIDOS.....	36
TABLA 6. COMPOSICIONES DE ENTRADA Y SALIDA.....	38
TABLA 7. MUESTRAS DE OLFATOMETRÍA EN LIMPIADOR DE PISOS.....	40
TABLA 8. COMPOSICIONES DE ENTRADA Y SALIDA.....	41

## RESUMEN

Este trabajo de grado es una práctica empresarial realizada en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, en el barrio san Luis, con la empresa *BELACLEAN S.A.S*, donde el objetivo es realizar el balance de materia de producción de jabón líquido de la empresa y según su cumplimiento se establecerá si se puede mejorar su proceso a un 90%, para hacer este tipo de análisis se requiere algunos conocimientos básicos como es química, física y álgebra, también se debe tener una comprensión del sistema de su totalidad ya que el proceso posiblemente consta de múltiples equipos.

Para llevar a la práctica el balance de materia adecuadamente se realizaron pruebas para determinar la formulación definitiva, lo cual ayuda a que la información sea la adecuada y así poder darle solución al problema. También se tuvieron en cuenta los factores mínimos de calidad que debe cumplir el detergente líquido, cómo es la biodegradabilidad según la decisión 706 de 2008 por la comisión de la comunidad andina y el decreto N° 2041 de 2014 que define las regulaciones a las que se sujetan las industrias o el desarrollo de cualquier actividad, ya que son esenciales pues ayudan al momento de escoger un buen tensoactivo debido a sus cualidades, como es la detergencia que es un factor fundamental porque su principal característica es reducir la tensión superficial cómo es la suciedad y el agua.

Se tuvieron en cuenta las normas como es la ASTM e679-19<sup>16</sup> la cual nos indica las prácticas estándar para la determinación de umbrales olfativos y gustativos mediante un método de límites de serie de concentración ascendente de elección forzada para la parte del limpiador de pisos, donde se realizaron tres pruebas para mejorar la concentración del producto y establecer las cantidades exactas, debido a esto se pudo determinar que para un aroma concentrado su relación es 1 y 3 de nonifenol, para que este perdure por más tiempo.

Como resultados para el balance de materia se miraron que entran 199,8 kg de materias primas, pero salen 199 kg, esto es debido a que se presentan pequeñas pérdidas en la elaboración, en vista que la disolución de algunas materias primas se realiza en diferentes tanques y esos residuos no son recuperados.

**Palabras claves:** ácido sulfónico, aseo, desinfección, elaboración, formulación, limpieza, productos y tensoactivo.

## ABSTRACT

This degree work is a business practice carried out in the city of Cúcuta, Norte de Santander, in the San Luis neighborhood, with the company *BELACLEAN S.A.S*, where the objective is to carry out the balance of material for the production of liquid soap of the company and according to its compliance will be established if your process can be improved to 90%, to do this type of analysis requires some basic knowledge such as chemistry, physics and algebra, you must also have an understanding of the system as a whole since the process possibly it consists of multiple teams.

To carry out the material balance properly, tests were carried out to determine the final formulation, which helps to ensure that the information is adequate and thus be able to solve the problem. The minimum quality factors that liquid detergent must meet were also taken into account, such as biodegradability according to decision 706 of 2008 by the Andean community commission and decree No. 2041 of 2014 that defines the regulations to which it is applied. subject to industries or the development of any activity, as they are essential because they help when choosing a good surfactant due to its qualities, such as detergency, which is a fundamental factor because its main characteristic is to reduce surface tension, such as dirt. And the water.

Standards such as ASTM e679-1916 were taken into account, which indicates the standard practices for the determination of olfactory and gustatory thresholds by means of a method of series limits of ascending concentration of forced choice for the part of the floor cleaner, where Three tests were carried out to improve the concentration of the product and establish the exact amounts, due to this it was possible to determine that for a concentrated aroma its ratio is 1 and 3 of noniphenol, so that it lasts longer.

As results for the material balance, it was observed that 199.8 kg of raw materials enter, but 199 kg leave, this is due to the fact that there are small losses in the production, since the dissolution of some raw materials is carried out in different tanks and that waste is not recovered.

**Keywords:** sulfonic ácido, cleanliness, disinfection, elaboration, formulation, cleaning, products, surfactant.

#### 4. INTRODUCCIÓN

En la fabricación de detergentes, el surfactante es el ingrediente activo y principal en la formulación, siendo este el ácido sulfónico lineal debido a que es el más utilizado en la actualidad. El ácido sulfónico es obtenido por sulfonación del alquilbenceno lineal como se muestra en la imagen 1, con una mezcla de anhídrido sulfúrico-aire<sup>1</sup>, en un reactor de película en forma continua, así que este es un derivado del petróleo se ve afectado directamente por el precio del barril, el cual para el año 2008 presento una alta variación pasando de USD \$150 a menos de USD \$35<sup>2</sup>.

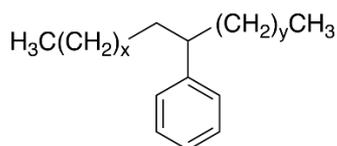


Imagen 1. Estructura del alquilbenceno lineal

La industria de la fabricación de productos de aseo y de limpieza en la ciudad de Cúcuta norte de Santander se ha visto impulsada en los últimos años por el reconocimiento de la calidad de los productos, por sus precios que son competitivos en el mercado. Por lo cual se ha generado una creciente demanda de estos servicios.

Como parte del desarrollo y crecimiento de la industria en la zona de san Luis de la ciudad de Cúcuta, donde la Distribuidora y Comercializadora *Belaclean S.A.S* viene trabajando en los últimos años en la construcción e implementación de una planta productora de productos de aseo, la cual se inauguró en el año 2019. Uno de los resultados del proceso productivo es la salida del detergente líquido para ropa y los desinfectantes para pisos.



Imagen 2. Empresa *BELACLEAN S.A.S*

Por ello, el proyecto se ha orientado a diseñar un balance de materia en el que el objetivo es cumplir con la ley de conservación y a la vez monitorear los gastos de reactivos y los productos esperados en el proceso productivo de jabón líquido. De forma que se aprovechen las características y propiedades que posee cada ingrediente, debido a esto la formulación es seleccionada a partir de los componentes básicos de un detergente, como lo son el surfactante, regulador de pH y agua, para desear el estado líquido en él.

Para poder cumplir con el alcance del proyecto se han llevado a cabo un conjunto sistémico y estructurado de actividades que incluyen un estudio de los antecedentes y situación actual de la producción e industria de la empresa, así como, una investigación de mercado que ha permitido conocer el comportamiento, preferencias y gustos respecto al uso de jabones.

Con la determinación del diseño y los requisitos del producto, se ha elaborado a nivel industrial el proceso de producción de jabón con ácido sulfónico como materia prima básica. Asimismo, se elaboró un mapa de procesos y se investigaron las materias primas necesarias en cada etapa del proceso. Finalmente, se realizaron investigaciones, análisis económicos y financieros para verificar la viabilidad económica.

## 5. JUSTIFICACIÓN

Uno de los conceptos básicos y estructurales de la ciencia es el principio de conservación de la masa, a partir de su expresión se puede determinar que la masa es indestructible, es decir, no se crea ni se destruye, solo se transforma<sup>3</sup>. En la actualidad, se logra este principio que nada se crea ni se destruye en el laboratorio, la industria o la vida diaria, ya que todo es parte de un sistema que se logra abrir, cerrar o aislar.

$$\text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Generación} = \text{Acumulación} \quad \text{Ec. general}$$

Este principio se denomina ley de conservación de la masa y las reacciones químicas pueden ocurrir o no en el sistema. En el contexto anterior, los problemas abordados por el proyecto incluyen proponer procesos industriales y conceptos relacionados con el balance de materiales o la conservación de la masa. En resumen, se propone la siguiente pregunta de investigación:

### **¿Por qué se realiza un balance de materia en un proceso productivo?**

Se realiza un balance de materia para controlar el proceso de la producción ya que se puede establecer definiendo los valores para cada variable independiente que existe, por lo tanto, cuando el valor de esta tiene un cambio en el proceso, este se ve reflejado en una variación de estado. De particular interés son los cambios entre el estado final e inicial del proceso por lotes y los cambios entre la entrada y la salida de un proceso continuo.

También se puede observar desde una perspectiva de costos, porque estos se ven fuertemente afectados por el uso y distribución de materiales, y el balance de masa es el primer paso necesario para estudiar cualquier proceso. Ya que estudia la división de todos los ingredientes utilizados para la obtención de productos, subproductos y residuos. De igual forma, debido al alto costo de la energía en la actualidad, el uso y distribución son muy importantes; sin embargo, los procesos industriales son una industria intensiva en energía y actualmente se trabaja para minimizar el uso de este recurso. Se espera que el ahorro de energía en el futuro será importante de lo que es ahora. Ya sea en el siglo pasado o en el presente, la participación de las fuentes de energía de origen fósil como principal fuente de energía ha seguido aumentando, ocupando un lugar destacado.

Para comprobar o verificar este principio en química se usa el concepto balance de materia, que es contabilizar las entradas y salidas 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 <sup>4</sup>.

El propósito básico de la tecnología industrial es transformar insumos o materias primas en productos o bienes de consumo final, lo cual se lleva a cabo mediante una serie de operaciones y procesos unitarios. Donde un proceso puede constar de múltiples unidades, y este nombre se logra utilizar en cualquier equipo o se realicen operaciones de conversión<sup>6</sup>.

## 6. OBJETIVOS

### 6.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el balance de materia de producción de jabón líquido de la empresa *BELACLEAN S.A.S*

### 6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la producción actual en términos de los balances de materia.
- Evaluar si se cumple el balance de materia, y de acuerdo al cumplimiento del balance de materia establecido, se puede mejorar la formula al 90%.
- Mejorar la característica como olor a través del tensoactivo *nonifenoI* y la desinfección por medio de *dodigen* para limpiador multiusos usando balances de materia.

## 7 GENERALIDADES

### 7.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LOS BALANCES DE MATERIA EN PROCESOS INDUSTRIALES

El balance de materia es importante en la ingeniería de procesos pues se utiliza para calcular el flujo de material, a fin de comprender el flujo másico de todos los flujos que intervienen en el proceso. La posición lógica se da en el estudio de viabilidad, porque a través de estos se puede obtener la información necesaria para la selección de equipos y la estimación de los requisitos de vapor, aire y refrigeración.

El balance de materia se basa en la ley de conservación de la materia y debe aplicarse junto con el balance de energía. Sin embargo, la materia no se convierte en energía y viceversa, por lo que la forma general del balance total de materiales del sistema es:

$$\textit{entrada} = \textit{salida} + \textit{acumulación}$$

La forma de equilibrio de cada componente es la misma, excepto cuando hay una o más reacciones químicas, en este caso, por influencia de la reacción, se debe considerar la aparición o desaparición de este, pero la masa total del sistema no cambiará. Por lo tanto, el balance de materiales del componente "i" es el siguiente:

$$\textit{entrada} + \textit{generación} = \textit{salida} + \textit{acumulación}$$

Cuando el proceso es continuo, no presenta acumulación por ende tendrá un valor de cero.

También se señala que el balance de masa se aplica a las unidades o equipos y luego a todo el proceso. Para un equipo, es posible proponer tantos balances de materia independientes como los componentes intermedios, y para todo el proceso la cantidad de balance de materiales independiente recomendada es igual a la suma de las cantidades de todas las unidades. Asimismo, suponga que la unidad del proceso es el equipo que lo compone. Además, se debe enfatizar que en algunos casos, existen relaciones adicionales entre diferentes corrientes. Para ser esto posible el proceso se debe expresar en términos entendibles.

Los términos que se usan constantemente para realizar el balance de materia son los siguientes:

- $x_i$ : es la fracción molar del componente "i" o moles de un componente por mol de mezcla, lo cual es adimensional (sin unidades).
- $w_i$ : es la fracción másica del componente "i" o la masa de un componente por unidad de masa, lo cual es adimensional (sin unidades).

- $N$ : moles totales por unidad de tiempo,  $mol/t$ ,  $kgmol/h$ .
- $F$ : masa total por unidad de tiempo,  $g/min$ ,  $kg/h$ .

Y se debe tener en cuenta las relaciones entre flujos y composición donde la suma de las fracciones en masa en cada flujo debe ser la unidad:  $w_i: 1$ , como por ejemplo en una disolución.

$$WH_2O + WNaCl = 1$$

Si los componentes individuales de la corriente se expresan en moles, está implícita una ecuación similar para cada flujo: la suma de las fracciones molares es la unidad:  $x_i: 1$ , como por ejemplo:

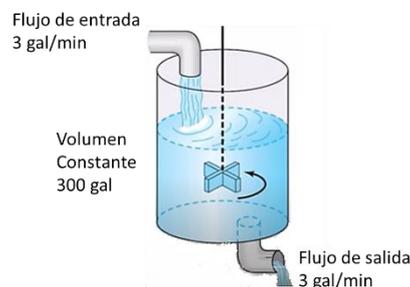
$$XNaCl + XH_2O = 1$$

### 7.1.1 Balance de materia en estado trasciende

Primero se establece la información del problema y que se debe determinar para su solución este se puede basar ya sea en un esquema que contenga la gran parte de los datos, o la combinación entre el diagrama y la escritura como se muestra a en el ejemplo.

Seguidamente se plantean las ecuaciones las cuales nos ayudaran a darle solución al problema, y se remplazan los valores que ya se conocen para observar que la cantidad de incógnitas sean igual a las ecuaciones, y que el problema no este sub-especificado.

Ejemplo: se tiene un tanque de agitación donde la bebida es homogénea por la agitación, donde la concentración en el tanque en cualquier momento es la misma que sale en el efluente, como se muestra en la imagen 3. Inicialmente se tiene 50 gr de sal y la concentración de salmuera en la entrada es de 2 lb/gal ¿calcular la cantidad de salmuera en el tiempo  $t$ ?



**Imagen 3.** Tanque de agitación.

Se tiene una acumulación de sal donde la ecuación 1 expresa la relación en esta.

$$\frac{dA}{dt} = \text{entrada del flujo de sal} - \text{salida del flujo de sal} \quad \text{EC.1}$$

Donde el flujo de entrada esta dado de la siguiente manera en la ecuación 2 y así obtendremos el caudal másico o la velocidad de entrada.

$$F_{in} = \text{concentracion de entrada de salmuera} * \text{caudal de entrada} \quad \text{EC.2}$$

$$F_{in} = 2 \text{ lb/gal} * 3 \text{ gal/min} = 6 \text{ lb/min}$$

Dando solución a la ecuación 2, nos da que el flujo de entrada es igual a  $6 \text{ lb/min}$  y Para hallar el caudal de salida, tenemos un sistema en el cual el caudal de sal varía con el tiempo, quedando la ecuación 3 en función de A, debido al tiempo.

$$F_{out} = \text{concentracion de salida} * \text{caudal de salida} \quad \text{EC.3}$$

$$F_{out} = \frac{A(t) \text{ lb}}{300 \text{ gal}} * 3 \text{ gal/min} = \frac{A(t) \text{ lb}}{100 \text{ min}}$$

Ahora se sustituye la ecuación 1 con los resultados de la ecuación 2 y ecuación 3, quedando de la siguiente manera:

$$\frac{dA}{dt} = 6 \text{ lb/min} - \frac{A(t) \text{ lb}}{100 \text{ min}}$$

O se puede también escribir de la siguiente forma:

$$\frac{dA}{dt} + \frac{1}{100}A = 6$$

Seguidamente se resuelve la ecuación con una integración numérica de la siguiente forma:

$$F(t) = \frac{1}{100}$$

$$\mu = e^{\int F(t) dt}$$

$$\mu = e^{\frac{1}{100} \int dt}$$

$$\mu = e^{\frac{t}{100}}$$

$$\frac{d}{dt} \left( e^{\frac{t}{100}} A \right) = 6 e^{\frac{t}{100}}$$

$$e^{\frac{t}{100}} A = 6 e^{\frac{t}{100}} dt$$

Resolviendo la integral

$$e^{\frac{t}{100}}A = 6e^{\frac{t}{100}} + c$$

Donde c es la constante de integración, Despejamos A y se obtiene que:

$$A = 600 + c * e^{-\frac{t}{100}}$$

Ahora utilizamos la condición inicial planteada en el problema donde A=50 en el tiempo cero, nos quedaría de la siguiente forma:

$$50 = 600 + c * e^{-\frac{0}{100}}$$

Se obtiene el valor de la constante c, que es igual a -550 y así su respectiva solución analítica y se puede calcular la cantidad de salmuera en un determinado tiempo.

$$A = 600 - 550 * e^{-\frac{t}{100}}$$

### 7.1.2 Balance de materia con reacción química

Como se ha expresado anteriormente, el principio de conservación de la materia en un sistema abierto con estado estable, ya sea que ocurra o no reacciones químicas debe haber un balance entre los flujos ya sean másicos o molares de entrada y salida al sistema por cada elemento. Quedando claro que cuando ocurre una reacción química, este forma compuestos moleculares diferentes lo cual se describe como que no habrá un balance entre los flujos másicos o molares de entrada y salida de cada sustancia ya que es un sistema reaccionante lo cual crea nuevas sustancias y disminuye a otras. Donde ya no resulta valida la ecuación de balance de materia por componente.

Y nos conlleva a mirar las siguientes ecuaciones generales:

$$\text{entrada} - \text{salida} + \text{generación} = \text{acumulación}$$

$$\text{Flujo molar de entrada de sustancia} = \text{flujo molar de salida de sustancia}$$

$$N_S^{in} = N_S^{out}$$

Y también se debe definir la diferencia entre los flujos de salida y entrada, como la razón molar de producción de la sustancia.

$$R_S = N_S^{out} - N_S^{in}$$

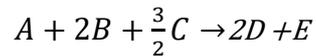
O

$$R_S = \frac{F_S^{out} - F_S^{in}}{M_S}$$

Donde  $M_S$  es el peso molecular de la sustancia s.

Para estos tipos de balances de materia al igual que cualquier otro se debe tener clara la información que presenta el problema, para este en particular se considera conocer la reacción con la cual se va a trabajar como por ejemplo:

A un reactor se alimenta una mezcla equimolar de las sustancias A, B y C, para producir el producto D mediante la reacción.



Si la conversión en el reactor es de 50%, calcule el número de moles de D producidas por mol de alimentación del reactor.

Seguidamente encontramos el reactivo límite para saber a qué reactivo se refiere la conversión en este caso se tomó como base de cálculo 1 mol, entonces los reactivos A, B y C tienen una alimentación de 1/3.

$$N_A^{entra} = N_B^{entra} = N_C^{entra} = \frac{1}{3}$$

Entonces se tiene que

$$\frac{N_A^{entra}}{\sigma A} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right)}{1} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{N_B^{entra}}{\sigma B} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right)}{3} = \frac{1}{9}$$

$$\frac{N_C^{entra}}{\sigma C} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right)}{\frac{2}{3}} = \frac{2}{9}$$

Esto nos indica que el reactivo B es el de menor relación, lo que quiere decir que es el reactivo límite y la conversión de 50% estará referida a él.

Ahora se calcula la velocidad de reacción que está dada por la siguiente ecuación, donde se reemplaza cada valor.

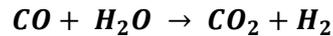
$$r = \frac{N_s^{entra} * X_s}{\sigma_s} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right) * 0,5}{2} = \frac{1}{12} mol$$

Y los moles producidos serán determinados por la siguiente ecuación.

$$N_s^{sal} = \sigma D * r = 2 * \frac{1}{12} mol = \frac{1}{6} mol$$

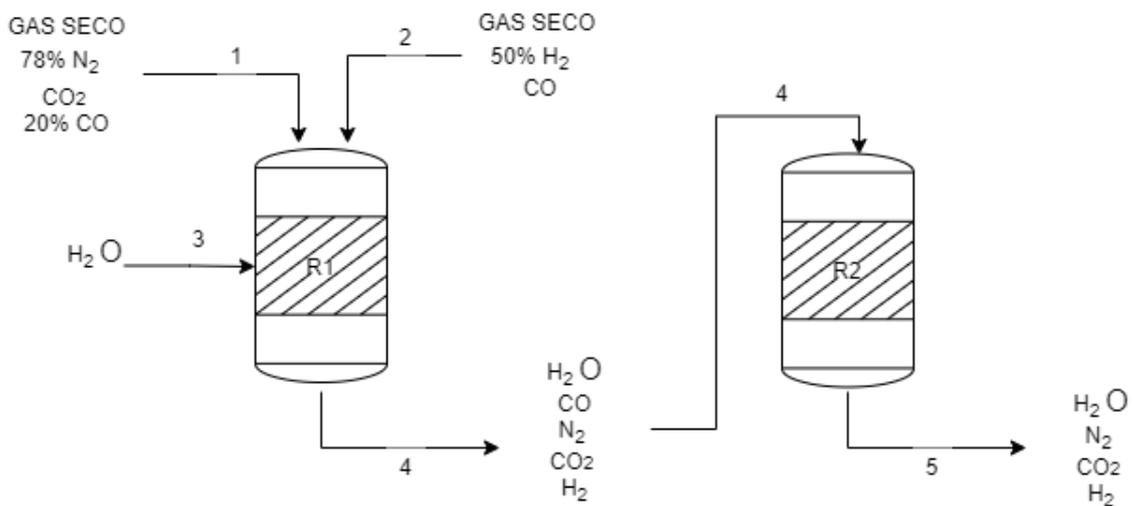
Otro ejemplo de balance de materia con reacción es el siguiente y se puede resolver diferente donde r es la velocidad de reacción:

Ejemplo 2: debido a la conversión completa de CO que debe lograrse para evitar envenenamiento del catalizador la reacción de conversión:



Esta se efectúa generalmente en dos lechos separados de reacción, cada una tiene un catalizador diferente. El primer reactor donde se lleva a cabo la mayor parte de la reacción, utiliza un catalizador más barato, en el segundo reactor se usa un catalizador tan costoso que puede lograr la conversión casi completa del CO restante.

El proceso de la figura hace reaccionar la mezcla de gases del producto y agua de vapor, para obtener una corriente de producto que contiene nitrógeno e hidrogeno en una proporción de 3 a 1, si se ajusta el flujo de vapor de agua de manera que sea el doble del flujo total de gas seco, y si ocurre una conversión del 80% en la primera etapa del reactor. Calcular la composición de la corriente intermedio.



Para este ejemplo primero tenemos en cuenta los grados de libertad, los cuales nos indican si el problema tiene solución o esta sub-especificado.

GRADOS DE LIBERTAD	R1	R2	PROCESO	GLOBAL
Numero de variables	12	10	17	11
Numero de balances	5	5	10	5
Numero de composiciones	3	0	3	3
Numero de relaciones adicionales	2	1	3	2
Total	2	4	1	1

Para poder darle solución al problema tenemos que suponer una base de cálculo de 100 mol/h para la corriente 1, esto con el fin de que los grados de libertad tanto como del proceso al igual que el global nos den cero, para ver el detalle de la solución diríjase al anexo 5.

Seguidamente se procede a realizar el balance global.

- Balance para nitrógeno

$$N^5 N_2 = N^1 N_2$$

$$N^5 N_2 = 100 * 0,78 = 78 \text{ mol/h Ec.1}$$

- Balance para hidrogeno

$$N^5 H_2 = N^2 H_2 + r$$

$$N^5 H_2 = N^2 * 0,5 + r \text{ Ec.2}$$

- Balance para monóxido de carbono

$$0 = N^1 CO + N^2 CO - r$$

$$0 = 0,2 * 100 + N^2 0,5 - r \text{ Ec.3}$$

- Balance para dióxido de carbono

$$N^5 CO_2 = N^1 CO_2 + r$$

$$N^5 CO_2 = 100 * 0,02 + r \text{ Ec.4}$$

- Balance para agua

$$N^5 H_2 O = N^3 H_2 O - r \text{ Ec. 5}$$

- Relación adicional

$$3N_2 = H_2 \text{ Ec. 6}$$

$$N^5 H_2 = 3 * 78 \frac{\text{mol}}{\text{h}} = 234 \text{ mol/h}$$

Ahora se suman las ecuaciones 2 y 3 para eliminar r y hallar  $N^2 = 214 \text{ mol/h}$ , como ya encontramos el valor de  $N^2$ , pero se reemplaza en la ecuación 3 para hallar el valor de  $r = 127 \text{ mol/h}$ .

Seguidamente para encontrar el valor de  $N^3$ , tenemos la relación adicional que nos dice que el vapor de agua es el doble que el gas seco y así se obtiene el valor de  $N^3 = 628 \text{ mol/h}$ , con la ecuación 4 podemos hallar el valor de  $N^5 CO_2 = 129 \text{ mol/h}$  y con la ecuación 5 hallamos el valor de  $N^5 H_2 O = 501 \text{ mol/h}$ .

Para hallar el flujo molar de la corriente cuatro usamos la ecuación 7.

$$r = \frac{N_s^{in} x_s}{-\sigma_s} \text{ Ec.7}$$

Como el problema nos indica que se tiene una conversión de entrada del 80% entonces  $r = 101,6 \text{ mol/h}$ .

Como ya se conoce la velocidad de reacción entonces se procede a calcular nuevamente los flujos de la corriente cuatro por cada balance donde:

- Balance para nitrógeno

$$N^4N_2 = N^1N_2$$

$$N^4N_2 = 100 * 0,78 = 78 \text{ mol/h} \quad \text{Ec.1}$$

- Balance para hidrogeno

$$N^4H_2 = N^2H_2 + r$$

$$N^4H_2 = 208,6 \text{ mol/h} \quad \text{Ec.2}$$

- Balance para monóxido de carbono

$$N^4CO = r - r$$

$$N^4CO = 25,4 \text{ mol/h} \quad \text{Ec.3}$$

- Balance para dióxido de carbono

$$N^4CO_2 = N^1CO_2 + r$$

$$N^4CO_2 = 103,6 \text{ mol/h} \quad \text{Ec.4}$$

- Balance para agua

$$N^4H_2O = N^3H_2O - r \quad \text{Ec. 5}$$

$$N^4H_2O = 526,4 \text{ mol/h}$$

La fracción molar para cada compuesto está dada por la siguiente ecuación:

$$N_2 = \frac{78 \text{ mol/h}}{78 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 25,4 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 526,4 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 103,6 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 208,6 \frac{\text{mol}}{\text{h}}} = 0,0828$$

$$H_2 = \frac{208,6 \text{ mol/h}}{78 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 25,4 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 526,4 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 103,6 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 208,6 \frac{\text{mol}}{\text{h}}} = 0,2214$$

$$CO = \frac{25,4 \text{ mol/h}}{78 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 25,4 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 526,4 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 103,6 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 208,6 \frac{\text{mol}}{\text{h}}} = 0,0269$$

$$CO_2 = \frac{103,6 \text{ mol/h}}{78 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 25,4 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 526,4 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 103,6 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 208,6 \frac{\text{mol}}{\text{h}}} = 0,10997$$

$$H_2O = \frac{526,4 \text{ mol/h}}{78 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 25,4 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 526,4 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 103,6 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 208,6 \frac{\text{mol}}{\text{h}}} = 0,5588$$

Lo cual debe cumplir que la sumatoria de las composiciones es igual a 1:

$$\sum_{i=1}^s x_i = 1$$

$$x_i = 0,0828 + 0,2214 + 0,0269 + 0,10997 + 0,5588 = 1$$

## **7.2 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL DETERGENTE**

El jabón es una sal orgánica con propiedades detergentes, tiene dos estados posibles, sólido y líquido<sup>7</sup>. El enfoque de este proyecto de investigación es el proceso industrial del jabón líquido.

### **RAZONES PARA USAR JABON LÍQUIDO EN LUGAR DE SÓLIDO**

Económicamente es más rentable para la industria producir detergente sólido que líquido, debido a que las materias primas para realizar dicha producción son tan económicas, seguidamente se tiene en cuenta el proceso de producción del detergente sólido va a tardar un poco, precisamente se debe tener una zona de secado para que el proceso de saponificación sea bueno, por tanto, este incluye más costos como lo es el tiempo de producción, embalaje, etiquetado y despacho para la empresa.

También se prefiere el proceso industrial del detergente líquido en vez del sólido debido a que las empresas con las que se trabaja que mayormente son (hoteles) prefieren el uso del detergente líquido ya que este no forma grumos en la lavadora, provocando así algún daño en los equipos como pasa con el detergente sólido, ni queda pegado en las prendas, haciendo su uso sencillo ya que se puede dosificar de una manera más fácil, a la vez recalcaron que el detergente líquido es un poco más costoso que el sólido pero que rinde más el detergente líquido.

En la fabricación de jabón líquido, existen una serie de operaciones unitarias y procesos unitarios como la saponificación. Este proceso industrial consta de varias unidades, cada una de las cuales tiene su propio balance de masa.

Una vez obtenido el jabón líquido del proceso de fabricación, se determinan sus propiedades físicas y químicas: índice de saponificación, densidad, grado de formación de espuma, pH, alcalinidad total y balance de masa global.

#### **7.2.1 Características Generales**

En cuanto a los factores de calidad mínimos que deben cumplir los detergentes, además de los costos adecuados, el desempeño de descontaminación y el impacto ambiental (como la biodegradabilidad) también son esenciales.

##### **7.2.1.1 Detergencia**

El poder detergente o limpiador incluye la acción de los ingredientes activos para eliminar la grasa y el material particulado en superficies específicas. Los componentes principales de los detergentes son la superficie a limpiar, la suciedad que contiene y el líquido limpiador incluye los ingredientes activos. Los compuestos activos afectan la tensión superficial y la adherencia de la suciedad en la superficie. Por definición, la

característica de los tensoactivo es reducir la tensión superficial entre dos fases inmiscibles, en este caso suciedad y agua<sup>8</sup>. A través de este efecto, se pueden eliminar las manchas en los textiles. Dada la variedad de superficies y tipos de manchas, el proceso de limpieza se vuelve complicado.

### **7.2.1.2 Biodegradabilidad**

Dado que la mayoría de los productos de limpieza se vierten en las aguas residuales, su impacto en el medio ambiente es cada vez más importante. El posible efecto ambiental de los detergentes se evalúa a través de dos aspectos importantes: biodegradabilidad y toxicidad. Una definición específica de biodegradabilidad es: la destrucción de una sustancia química mediante la actividad metabólica de microorganismos<sup>9</sup>. La biodegradabilidad de los tensoactivos se puede dividir en: biodegradabilidad primaria y / o biodegradabilidad final. Donde la primaria es principalmente el proceso mediante el cual la molécula cambia lo suficiente como para perder sus propiedades tensoactivo, y La biodegradabilidad final es en la cual la molécula se degrada hacia el metano, dióxido de carbono, agua, sales minerales y biomasa<sup>9</sup>.

La biodegradabilidad se ve afectada por los siguientes factores: la concentración de oxígeno disuelto en el ambiente, la presencia de tensoactivos, la formación de sales insolubles de calcio y magnesio, la aparición de otros contaminantes orgánicos, y considerando el valor de pH generado durante los procesos aeróbicos, los tensoactivos Rechazo de degradación<sup>10</sup>. Como ingrediente principal en las formulaciones de detergentes, el cálculo de la biodegradabilidad de los tensoactivos es muy importante. Para ello, existen varios métodos de estandarización, de acuerdo con los requerimientos de los parámetros, son evidencia según la Decisión 706 de 2008 por la comisión de la comunidad andina el cual nos habla de Armonización de legislaciones en materia de productos de higiene doméstica y productos absorbentes de higiene personal, donde el decreto N° 2041 de 2014 define las regulaciones a las que se sujetan las industrias o el desarrollo de cualquier actividad, que pueda producir deterioro a los recursos naturales<sup>10</sup>.

## **7.3 FABRICACIÓN DE DETERGENTE LÍQUIDO**

Específicamente, para la mayoría de los detergentes líquidos, la producción implica un proceso de mezcla unitario básico, en el que el detergente puede volverse más complicado según la complejidad de la mezcla y la reología del detergente.

A partir de las variables de control, la temperatura, el pH, la dureza del agua y la propia agitación pueden determinar las variables en el producto final, porque la solubilidad de los tensoactivos y otros componentes de la mezcla puede depender de todos ellos. Al mismo tiempo, en algunos casos, el proceso de producción se logra a partir de la adaptación de los ingredientes o incluso de la propia creación, tomando como ejemplo

la sulfonación de los tensoactivos. Además, según la reología, los detergentes pueden ser líquidos newtonianos o exhibir una disminución de la viscosidad con el esfuerzo cortante aplicado, llamados fluidos pseudoplásticos, lo que significa un comportamiento similar a un gel. Con esta segunda característica, la mezcla y las operaciones unitarias posteriores requieren un equipo especial.

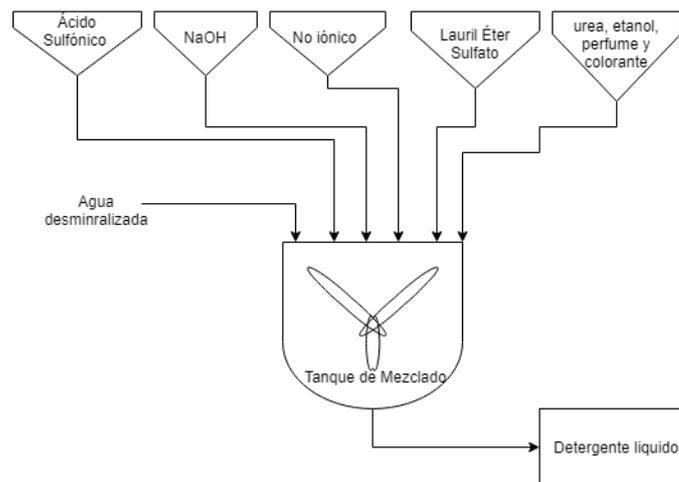


Figura 1. Ejemplo de Línea para producir detergentes líquidos<sup>11</sup>.

El ejemplo de la Figura 1 muestra el proceso de elaboración de un detergente líquido, que consiste en una mezcla a una temperatura controlada. Allí se introducen ácidos grasos y ácido sulfónico para neutralizarlo. Seguidamente se enfrían y se mezclan con el resto de ingredientes de la formulación como el alcohol, las enzimas, tintes y perfumes<sup>11</sup>.

Se debe aclarar que el orden en que se mezclan los ingredientes afecta la estabilidad del producto final y por lo tanto se puede estudiar el orden en que se agregan los reactivos para cada formulación hasta obtener el mejor producto.

Existen procesos con formulaciones más complejas por lo que se deben tener en cuenta un mayor número de variables en la fabricación del detergente líquido. Este tipo de procesos están patentados para cada uno de sus productos por grandes corporaciones multinacionales como *Procter and Gamble* y *Unilever*.

Por ejemplo, *Procter y Gambel* presentan el siguiente proceso de fabricación en la patente de referencia EP 0,345,842-A2: primero se bombea el agua a un mezclador principal y luego se agita. Los jabones y la carboximetilcelulosa de sodio (SCMC) se producen en un mezclador secundario. Luego se añaden silicato de sodio, SCMC, Na LAS, oleato de potasio y abrillantadores ópticos fluorescentes al mezclador principal, que se agita desde el principio. La temperatura de este mezclador se aumenta a 60 a 70 ° C. Cuando se alcanza esta temperatura, se detiene el calentamiento y se agrega tripolifosfato de sodio (STPP) con agitación constante hasta obtener una mezcla

homogénea. Luego se añaden tensoactivos no iónicos y la mezcla se enfría con agitación constante hasta alcanzar una temperatura de 30 a 35°C. Finalmente, el agua perdida durante el proceso (por ejemplo, el agua perdida por evaporación) se repone junto con perfume, silicona y otras enzimas. En el caso de líquidos sin fosfatos, se deben agregar polímeros para ayudar a separar las partículas grandes que se forman después de la adición de la zeolita. Una alternativa es preparar la mezcla de polímeros y tensoactivos que se agregarán en el mezclador principal, como es el caso de los detergentes con STPP<sup>11</sup>.

## 7.4 FORMULACIÓN DE DETERGENTES LÍQUIDOS

En general, un detergente líquido para ropa podría contener todos los ingredientes de un detergente en polvo convencional para lograr un rendimiento equivalente. Sin embargo, al formular detergentes líquidos, la solubilidad de sus componentes y su estabilidad se vuelven más importantes. Asimismo, el uso del detergente es fundamental en la definición de la formulación o combinación de componentes, ya que entre la multitud de detergentes disponibles en el mercado actual se encuentran los detergentes para cargas pesadas o ligeras, ropa normal o delicada, e incluso suavizantes de telas. Para cada una de estas propiedades la formulación requiere componentes y su naturaleza específica así como y condiciones de la mezcla, por lo que se requieren componentes funcionales para el detergente y componentes que contribuyan a la apariencia del producto.

Los detergentes líquidos generalmente contienen los siguientes ingredientes:

- Surfactantes / tensoactivo.
- Hidrótrofos.
- Estabilizadores de pH.
- Agentes constituyentes.
- Enzimas.
- Agentes blanqueadores.
- Reguladores de espuma.
- Agua.
- Colorantes, perfumes, etc.

Los tensoactivos son hidrocarburos con componentes activos y principales, que ayudan a reducir la tensión superficial del agua para eliminar manchas o suciedad de la superficie a lavar. Los tensoactivos varían típicamente en la longitud de la cadena de diez a dieciocho carbonos, un hecho que afecta directamente al rendimiento del detergente en términos de detergencia y humectabilidad de la superficie. Las cadenas de tensoactivos también pueden ser lineales o ramificadas, aunque las ramificadas no tienen una buena biodegradabilidad<sup>12</sup>.

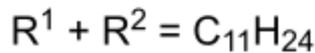
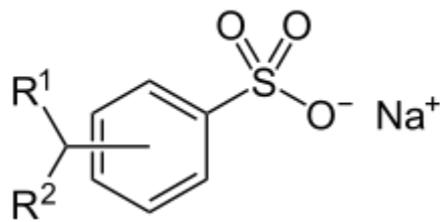


Imagen 4. Tensioactivo aniónico

Los hidrótropos son agentes que contribuyen a la solubilidad y consistencia en los detergentes, reducen y previenen la cristalización de líquidos y mejoran la translucidez. En su mayoría son los alcoholes los que ofrecen esta función, de los que hay ejemplos como el propilenglicol, la glicerina, el etanol y la urea. La proporción del hidrótropo varía entre el 0,5%<sup>13</sup>.

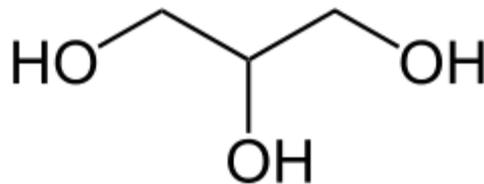


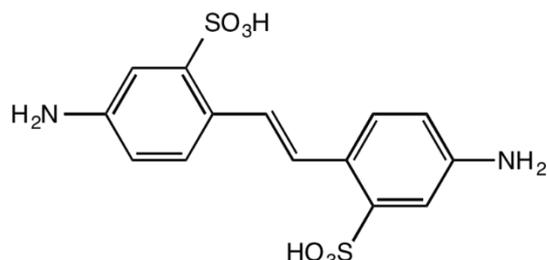
Imagen 5. Hidrótropo de glicerina.

Dado que las enzimas están presentes en la formulación, deben existir las condiciones adecuadas para mantenerlas activas, como estabilizadores de pH o solución tampón. Esta solución depende del valor de pH deseado y los componentes de la formulación, estos tampones pueden ser ácidos orgánicos o inorgánicos, como también bases orgánicas o inorgánicas. Ejemplos de estabilizadores de pH incluyen ácido bórico, propilenglicol y ácido carboxílico, entre otros. De estos, la combinación de ácido bórico junto con un poliol es común. Con ellos, el valor de pH debe permanecer bajo, lo que favorece la actividad enzimática.

Pero también existen estabilizadores alcalinos como el MEA (monoetanol amida), trietolamina y bórax. El bórax reduce el pH o libera el ion borato y aumenta el pH, por lo que se debe tener una adecuada proporción del estabilizador, el TEA y MEA son mejores debido a que presentan ventajas funcionales con respecto al pH, el rango permitido está entre 5 a 10 pero se recomienda mantenerlo entre 8-9,5. El hidróxido de sodio también es usado para ajustar el pH.

Un blanqueador es un aditivo, generalmente en un pequeño porcentaje de la composición del detergente total, adaptado al uso específico del producto. Algunos blanqueadores utilizados incluyen perborato, percarbonato, activadores del blanqueador como tetraacetiletildiamina, stilbene, triazonle, benzidina, etc. y estabilizadores y / o catalizadores de blanqueo<sup>11</sup>. Los agentes blanqueadores fluorescentes FWA por sus siglas en inglés también entran en esta categoría. Sin

embargo, los blanqueadores no se utilizan con tanta frecuencia en los detergentes líquidos<sup>8</sup>.



**Imagen 6.** Blanqueador óptico (ácido 4,4'-diamino-2,2'-estilbenodisulfónico)

La espuma se produce generalmente por la presencia de tensoactivos aniónicos con altos niveles de HLB (equilibrio hidrófobo-lipófilo). Por el contrario, los tensoactivos no iónicos de bajo HLB (12-13) funcionan mejor y producen menos espuma. El jabón, el aceite de parafina y las siliconas son reguladores de espuma habituales. Mientras tanto, los antiespumantes deben tener un HLB bajo<sup>8</sup>.

Los demás ingredientes que aparecen en las formulaciones se añaden en un porcentaje muy bajo y dependen de la complejidad y aplicación deseada del detergente. Estos pueden incluir tintes o protectores de color, perfumes, etc.

Para la formulación del detergente, se incluye agua. Dado que el tipo de detergente de interés es de consistencia líquida, el agua debe estar presente en la formulación en al menos un 15% w/w.

En la tabla 1 se muestra un ejemplo de los rangos de porcentaje en una formulación de detergente líquido de carga regular en Europa, y en la tabla 2 cada componente con una breve descripción y compuesto más usado.

**Tabla 1.** Composiciones en formulación de detergente líquido de carga pesada o común en Europa (2000)<sup>8</sup>. Las composiciones están dadas en porcentaje peso.

Ingrediente	Con Builder	Sin Builder
Surfactante Aniónico	7 – 18	10 – 25
Surfactante No iónico	15 – 30	6 – 10
Jabón	10 – 22	4 – 6
Builder	0 – 8	15 – 30
Solventes	0 – 12	0 – 5
Alcoholes	8 – 12	0 – 5
Enzimas	0 - 2.5	0 - 1.5
Blanqueadores	0.05 - 0.25	0.05 - 0.25
Estabilizadores	+/-	+/-
Complementos	+/-	+/-
Agua	30 – 50	30 – 50

**Tabla 2.** Función y compuestos usados comúnmente en el detergente<sup>11</sup>.

Componente	Función	Ejemplos
Surfactante	Remueve la mugre y lo mantiene en suspensión mientras el lavado. Depende de la solubilidad y CMC	ABS, LAS, MES.
Builder	Forma complejos con el calcio y magnesio en el agua, reduciendo la dureza de la misma.	Zeolita, citrato de sodio, silicato de sodio, carbonato de sodio.
Hidrótropos	Facilitan la solubilidad de sustancias en el agua.	Glicerina, etanol, polipropileno.
Estabilizador de pH	Controla y amortigua el pH del detergente para asegurar la estabilidad del mismo, junto con sus componentes.	Bórax, MEA, TEA, NaOH.
Blanqueadores	Agentes con capacidad de alterar el color mediante reacción química	Perborato de Sodio.
Enzimas	Traslada el ensuciamiento orgánico.	Proteasa, celulosa, amilasa, lipasa.
Agente anti-redeposición	Previene que el ensuciamiento se acumule en la superficie y asegura la suspensión en el agua.	CMC, éter celulosa.
Regulador de espuma	Aumenta o reducen y hasta eliminan la espuma en un producto.	Jabón, parafina, aceite de silicona.
FWA	Genera la apariencia blanca en la superficie mediante la absorción de radiación UV y emisión de esta en forma de luz visible.	Stilbeno, derivados del bifenildistil
Complementos	Hacen más específico el producto final.	Color, perfume, etc.
Agua	Es el balance de la formulación y su porcentaje depende de la solubilidad de los componentes en ella y la consistencia deseada del detergente.	

La siguiente tabla muestra el tipo de surfactante, con ejemplos de los surfactantes más usados de cada tipo y usos predilectos:

**Tabla 3.** Tipos de surfactantes, ejemplos de frecuente uso y aplicación<sup>11</sup>.

Tipo de surfactantes	Usados frecuentemente	Aplicación
Aniónico	Lauril sulfato de sodio, Lauril sulfato éter de sodio, TEA.	Detergente, emulsificante, solubilizante, agente de adherencia.
Catiónico	Quaternium-15, Quaternium-19, stearylalkoniumchloride.	Preservativo (agente antimicrobótico)
No-iónico	Coco amido propil betaina, coco betaina, coco anfodiacetato disódico.	Detergente, emulsificante, aumentador de espuma.
Anfótero	Polisorbato 20, coamida DEA, lauramida DEA.	Detergente, emulsificante, aumentador de espuma.

## 8 ACTUALIDAD DEL JABÓN

El detergente en polvo contiene una alta proporción de fosfatos, estos fosfatos no se pueden biodegradar inmediatamente y entrarán al río con las aguas residuales, provocando la eutrofización, la tendencia mundial es restringir el uso de este químico.

El detergente líquido, se puede utilizar en combinación con otros auxiliares con el mismo efecto de lavado para reducir su concentración. Es por eso que se ve relacionado el crecimiento poblacional ya que es un factor importante porque está conectado con el uso de lavadoras; de acuerdo como se muestra en la ilustración 1, la previsión de crecimiento poblacional de 2017 a 2020 es de 5,52% (1,38% por año); lo que indica que los detergentes líquidos han aumentado significativamente, donde el comportamiento del valor de venta de las diferentes categorías varió de manera similar, entre las que los suavizantes aumentaron en un 2.5%, los detergentes crecieron en un 1.3% y los accesorios de procesamiento de ropa se extendió en un 1,1%. En términos de ventas, la última categoría se amplió en un 16,6%, los detergentes aumentaron un 3,3% y las ventas de suavizantes disminuyeron levemente un -0,3%.<sup>14</sup>.



Ilustración 1. Crecimiento poblacional 2017-2020 (Desarrollo demográfico en Colombia)

Actualmente *Belaclean S.A.S* es una empresa local que distribuye sus productos de aseo en el departamento de Norte de Santander, especialmente en los municipios de Atalaya, Patios, Villa rosario, en la zona céntrica de Cúcuta, Tibu, Zulia, Durania, Chinacota, Zardinata, Toledo, Gramalote y Cucutilla.

### 8.1 GENERALIDADES DE PRODUCCIÓN

*Belaclean S.A.S* primero planea, organiza, dirige y controla las actividades requeridas para proporcionar los productos solicitados por los clientes y satisfacer las expectativas de una forma adecuada.

Por un lado están las entradas estas incluye la materia prima, capital de trabajo, infraestructura física, recursos humanos, entre otros, en el otro extremo tenemos las salidas de los productos terminados y el despacho de los pedidos.

*Belaclean S.A.S* coordina la organización de horarios, asignación de rutas a sus vendedores, asigna puestos diferentes para que cada empleado se desenvuelva bien en cualquier puesto de producción, también realiza el control de calidad de los productos y la creación de nuevos métodos o técnicas para que la empresa crezca más, esto se hace ya sea cada semana o cada quince días para tener establecido la producción y a si cumplir con los pedidos del cliente.

## **8.2 SECCIONES DE EMPRESA**

*Belaclean S.A.S* cuenta con 9 secciones dentro de su planta física, las cuales proporciona su funcionamiento.

### **8.2.1 Laboratorio**

La sección del laboratorio es donde se crean los nuevos productos o las mejoras de los ya existentes, también se controla la calidad del producto como el color, pH, turbidez y viscosidad.

### **8.2.2 Bodega de envases, bodega de insumos y bodega de productos finales.**

La sección de bodegas se divide en 3; la primera bodega es de materia prima es donde se encuentran las sustancias químicas que se necesita para la elaboración de los productos de la empresa estas están ubicadas en estibas ya que se maneja es por bultos de 25 kg, pimpina de 15 litros, galón de 3,8 litros. En cuanto a la segunda bodega de envases hay dos secciones donde se encuentra clasificado el envase por capacidad en ml desde 250 ml hasta los 15 litros, y por último la tercera bodega que es de productos finales que como su nombre lo indica ahí se almacenan los productos terminados, los cuales son inventariados y organizados para que el despacho sea más rápido y eficiente.

### **8.2.3 Producción**

En la sección de producción es donde se lleva a cabo la elaboración de cada producto que la empresa maneja, esta sección cuenta con unas pequeñas zonas de: desinfectantes o limpia pisos, gel antibacterial, veneno, cloro, ácido muriático, varsol y biovarsol, suavizante, limpia vidrios, detergente líquido, jabón de manos, jabón de loza, creolina, desengrasante y limpia pocetas.

#### **8.2.4 Envasado**

En la sección de envasado es donde se envasa cada producto por la cantidad de ml que tenga el envase. Esta zona cuenta con tubos de pvc y con llaves de paso los cuales están conectados a cada tanque donde está el producto, este baja por el tubo de pvc, ahí está la persona encargada del envase con el tipo de envase que se a predispuesto a envasar y se empieza a llenar, después de ser llenado se cierran las llaves de paso y se procede a tapar cada recipiente, seguidamente estos son lavados y se dejan secar para que se proceda a etiquetar.

#### **8.2.5 Etiquetado y embalado**

En esta sección de etiquetado ya los recipientes están completamente secos, donde se procede a colocar la etiqueta correspondiente a cada tamaño del envase, la etiqueta cuenta con código de barras, registró invima, nombre del producto y de la empresa, capacidad en ml, instrucciones de uso e ingredientes.

En la zona de embalado se procede a cortar los cartones que son utilizados como base, este corte es de acuerdo a los ml de cada envase, por ejemplo para una bandeja de galón que viene por 4 unidades es más grande que para una bandeja de 1litro que va por 12 unidades y así respectivamente, después de mirar la cantidad que se va a embalar se procede a usar una bolsa especial para embalar en la cual se coloca dentro de ella el cartón base y los productos, después con una máquina de calor se empieza a sellar la bolsa y por último se envuelve con cinta alrededor para reforzar el sellado.

#### **8.2.6 Despacho**

En la sección de despacho se organizan los pedidos que van a salir a ser entregados, estos son verificados por la persona encargada de la bodega de producto final y al momento de subirlos al carro la gerente verifica que el pedido salga como se facturo, este proceso se hace con el fin de que al cliente le llegue la mercancía completa.

## 9 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología seguida en el avance del proyecto, en la que se combina y la realización experimental y se complementa con la documentación.

### 9.1 INGREDIENTES PARA EL BALANCE DE MATERIA DE UN JABÓN

Los ingredientes comúnmente utilizados en los detergentes y sus funciones; se trata de elegir una fórmula simple y actual en la que los tensoactivo de ácido sulfónico se pueden evaluar como suplementos en esta. La fórmula simplifica los ingredientes en un nivel básico para evitar interacciones innecesarias y los resultados de ser nublados por el rendimiento o la sinergia de otros ingredientes. A continuación, se expone los compuestos seleccionados que se utilizan en el proyecto.

**Tabla 4.** Ingredientes para la formulación básica de detergente líquido.

Ingrediente	Nombre	%peso
surfactante	Ácido sulfónico	15%
Solvente	Agua	Balance
Preservante	formol	0,10%-1%
Regulador de pH	Ácido cítrico y Soda caustica	1-5%
Estabilizador	amida de coco	1-5%
Espumante	Texapón	1-5%
Reducir dureza del agua	EDTA	0,10 -1%
Disociador	Sal	1-6%
Reavivar colores	Abrillantador óptico	0,10-1%
		Sum X=1

Corroborando la fórmula donde la sumatoria de los flujos de entrada debe ser igual a los flujos de salida.

$$\sum F_{entrada} = \sum F_{salida}$$

Y que la sumatoria de los componentes debes ser igual a 1 entonces se cumplen.

$$\sum x_i = 1$$

La cantidad de tensoactivo permanece sin cambios y la proporción de este varía del 15%. El ácido cítrico, formol, EDTA, sosa cáustica y amida de coco se varían en la mezcla para darle consistencia, y el agua es el resto de la fórmula. Es importante que el detergente tenga una consistencia líquida

## 9.2 MATERIA PRIMA

La materia prima comprende el surfactante, los excipientes enunciados en la tabla 4 y los reactivos para la prueba de componente activo. El ácido sulfónico lineal se presenta en forma líquida y viscosa de color marrón<sup>1</sup>. El ácido cítrico y soda caustica son reguladores de pH, y el formol que es añadido como conservante, son de grado analítico.

## 9.3 BALANCES DE MATERIA

A partir de la formulación de cada prueba, el procedimiento para la elaboración comienza como se muestra en la figura 2.

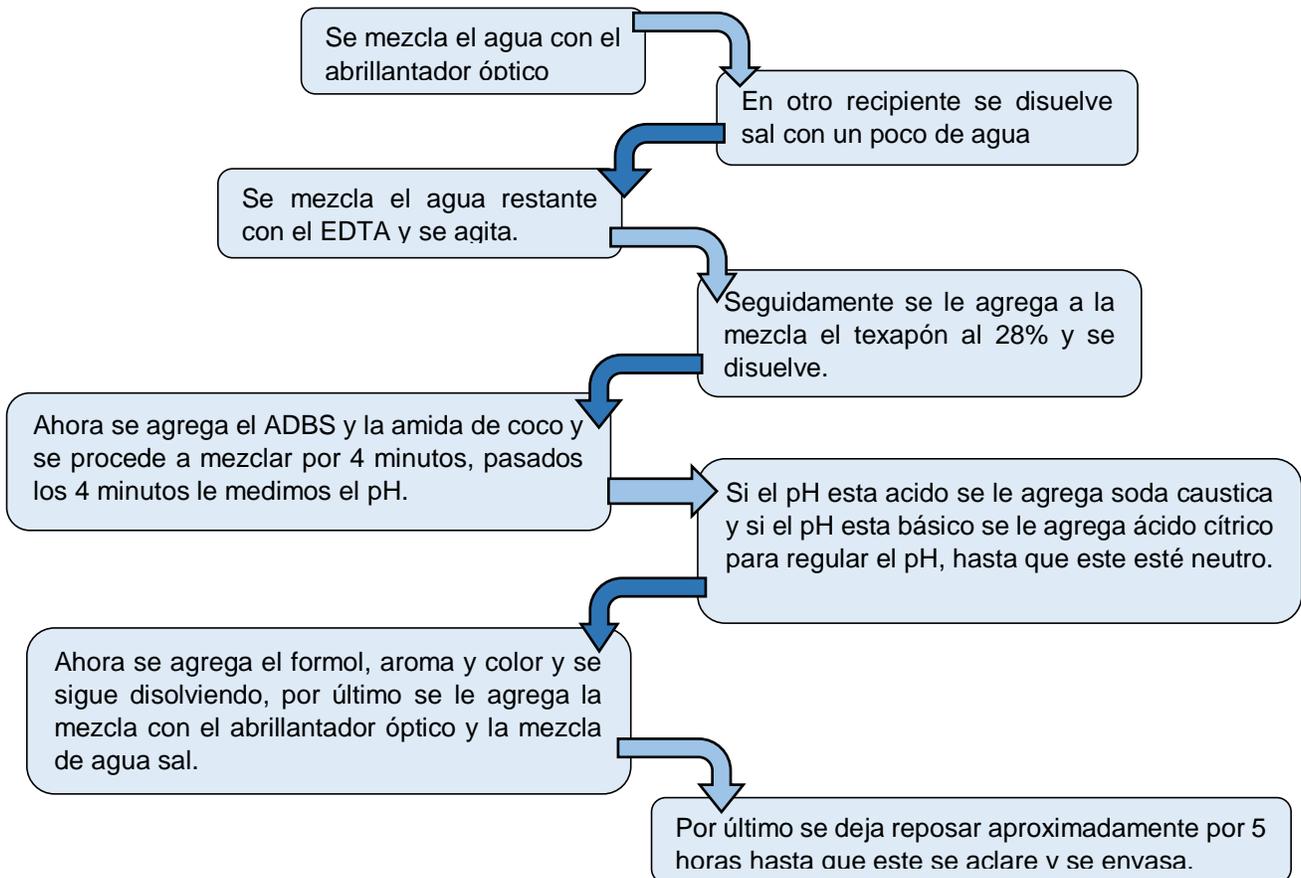


Figura 2. Elaboración detergente.

## 9.4 FORMULACIÓN DEFINITIVA CON BASE EN EL BALANCE DE MATERIA.

La fórmula que se muestra a continuación se seleccionó de la realización de pruebas que se realizaron para los balances de materia; esto es para evaluar la influencia del pH y constatando que se cumpla la ley de la conservación, dándonos la fórmula final del detergente.

**Tabla 5.** Formulación definitiva para elaboración de detergentes líquidos.

<b>Componente</b>	<b>Cantidad (gr)</b>	<b>Porcentaje</b>
Agua	720	72%
formol	1	0,06%
Ácido cítrico	2	0,20%
Ácido sulfónico	30	2,5%
Texapón	200	17,70%
EDTA	1	0,08%
Sal	6	0,7%
Abrillantador óptico	1	0,06%
Soda caustica	5 o 7	4,2%
Amida de coco	30	2,5%

### **9.5 CARACTERÍSTICAS DE OLOR EN UN LIMPIADOR MULTIUSOS**

Para Mejorar las características como es el olor en el limpiador multiusos, este se hace atreves de materia prima como es el *nonifenol* y *dodigen*, debido a que de estos dos insumos se usa una pequeña relación, la cual nos ayuda a determinar las proporciones correctas para este producto.

Primero se realizaran tres muestras incluyendo en esta la que la empresa *Belaclean S.A.S* maneja, esto se realiza con el fin de mejorar el producto para que su aroma dure por más tiempo.

La primera muestra que es la que se debe mejorar nos hace determinar que la relación entre el nonifenol y el aroma es de 1:1, lo cual nos ayuda para determinar la relación correcta. La segunda muestra se realiza con base a la primera pero aumentando la relación entre el aroma y nonifenol siendo esta de 2:3,5, para mirar si al aumentar la cantidad de nonifenol, el aroma puede perdurar más que la primera muestra. La tercera y última muestra se realiza teniendo en cuenta a que concentración está el aroma para determinar la proporción adecuada entre el nonifenol y el aroma.

Para la tercera prueba se tuvo en cuenta la norma ASTM e679-19<sup>16</sup>: Práctica estándar para la determinación de umbrales olfativos y gustativos mediante un método de límites de serie de concentración ascendente de elección forzada. Esta práctica describe una prueba rápida para determinar los umbrales sensoriales de cualquier sustancia en cualquier medio, también prescribe un diseño general de preparación de muestras y un procedimiento para calcular los resultados, donde se hace uso de un método de muestras de elección forzada múltiple d forma ascendente, similar al método de límites. Ver anexo 6.

## 10 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 10.1 BALANCE DE MATERIA

Como anteriormente se ha descrito *Belaclean S.A.S* cuenta con un proceso de fabricación de jabón artesanal, el recipiente donde se realiza el mezclado es una caneca plástica con tapa hermética que aproximadamente pueden llegar a producirse 199 litros de detergente líquido. En la figura 3 podemos observar el diagrama del proceso.

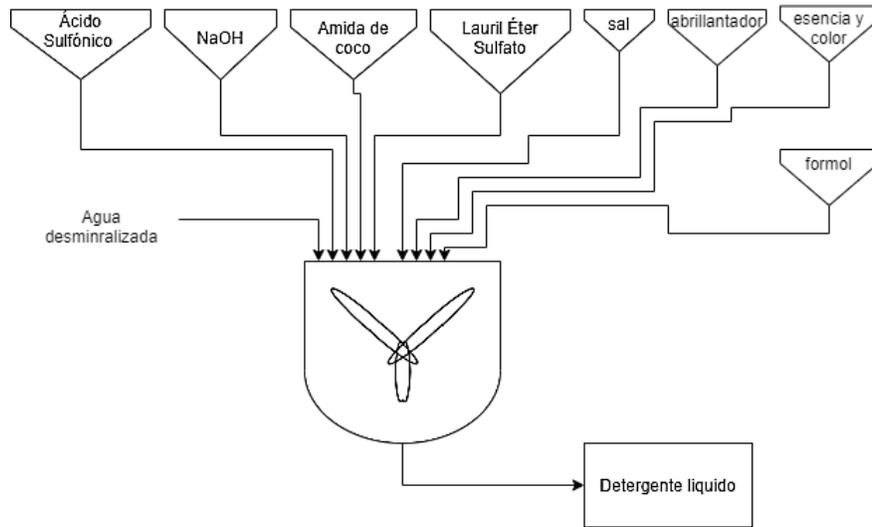


Figura 3. Diagrama del proceso de balance de materia.

Seguidamente se procede a colocar en el diagrama de proceso de balance de materia las composiciones disponibles, como se muestra en la figura 4.

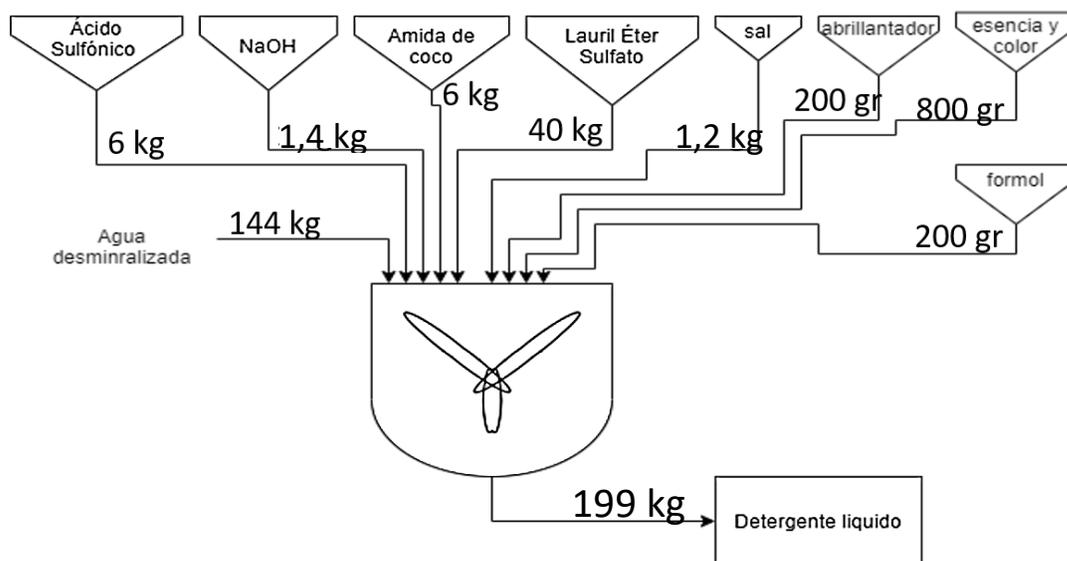


Figura 4. Diagrama del proceso de balance de materia con composiciones.

A partir de la carga inicial y la cantidad de jabón obtenido. Se determinó también el rendimiento de la reacción:

Índice de saponificación:

Son los miligramos de hidróxido de sodio necesarios para saponificar 1 gramo de sustancias grasas. Donde es un indicativo en el grado de conversión, obtenido en totalidad el seguimiento de la reacción y este también se puede usar para monitorear la reacción y finalizarlo como parámetro.

Para el balance de materia general este no presenta acumulación por lo tanto se utiliza la ecuación 1.

$$Entrada = Salida \quad EC. 1$$

Donde el flujo de la entrada está compuesta por agua (A), soda (B), ácido sulfónico (C), texapón (D), sal (E), abrillantador (F), esencia (G), color (H), amida de coco (I) y formol (J), y la salida está compuesta por el detergente.

Remplazando los valores de las entradas y la salida en la ecuación 1 queda de la siguiente forma.

$$144 \text{ kg} + 1,4 \text{ kg} + 6 \text{ kg} + 6 \text{ kg} + 40 \text{ kg} + 1,2 \text{ kg} + 0,200 \text{ kg} + 0,800 \text{ kg} + 0,200 \text{ kg} \\ = 199 \text{ kg}$$

Donde al ser remplazada la ecuación 1 nos da el siguiente valor.

$$199,800 \text{ kg} = 199 \text{ kg} \quad EC. 2$$

Seguidamente se da la ecuación general o EC. 3 para los componentes que tiene el proceso y se remplaza cada ecuación con su valor correspondiente como se observa en el anexo 1.

$$x_i^1 * F^1 = x_i^2 * F^2 \quad EC. 3$$

Al remplazar cada valor se determina la composición a la cual sale el detergente como se puede ver en la tabla 6, el desarrollo de cada ecuación se puede observar detalladamente en el anexo 2.

**Tabla 6.** Entrada y salida de cada materia prima.

Entrada	Salida
<b>Agua</b> = 144 kg	<b>Agua</b> = 143,4234 kg

<b>Soda al 50%</b> = 1,4 kg	<b>Soda al 50%</b> = 1,394 kg
<b>Ácido al 33%</b> = 6 kg	<b>Ácido al 33%</b> = 5,9759 kg
<b>Less al 28%</b> = 40 kg	<b>Less al 28%</b> = 39,839 kg
<b>Sal</b> = 1,2 kg	<b>Sal</b> = 1,195kg
<b>Abrillantador</b> = 0,200 kg	<b>Abrillantador</b> = 0,199 kg
<b>Esencia al 1%</b> = 0,400 kg	<b>Esencia al 1%</b> = 0,39839 kg
<b>Color</b> = 0,400 kg	<b>Color</b> = 0,39839 kg
<b>Amida al 10%</b> = 6 kg	<b>Amida al 10%</b> = 5,9759 kg
<b>Formol al 4%</b> = 0,200 kg	<b>Formol al 4%</b> = 0,199 kg

También se calculó el rendimiento el cual se presenta en la ecuación 4.

$$\%rendimiento = \frac{\text{masa real}}{\text{masa teorica}} * 100$$

Reemplazando los valores en la ecuación 4 obtenemos un rendimiento de 99,6%

Se demostró que se obtiene el detergente líquido en 30 min, utilizando una velocidad de agitación constante, ya que se consigue una mezcla homogénea y se evitan grumos, debido a la presencia de grasas como el texapón.

Al evaluar el balance de materia para la elaboración del detergente líquido, se obtiene un rendimiento del 99,6%, lo que indica que el proceso es óptimo ya que las pequeñas pérdidas son insignificantes, ya que se usan varios recipientes para ir disolviendo productos de tal forma que al momento de agregarlos a la caneca principal la mezcla sea más fácil de manejar y el tiempo de mezclado sea menor. También esto se debe ya que al realizar la formulación definitiva se tiene en cuenta el pH del detergente líquido y se cuida cada detalle de la elaboración de este pesando adecuadamente cada ingrediente, siendo así un proceso minucioso.

## 10.2 EFECTOS DE FORMULACIÓN SOBRE EL OLOR EN EL LIMPIADOR DE PISOS EN EL BALANCE DE MATERIA.

Se realizaron tres muestras del limpiador de pisos para mejorar la duración del olor, donde para un litro de producto se relacionan los ingredientes en sus respectivas proporciones las cuales se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7.** Muestras de olfatometría en limpiador de pisos.

Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
Nonifenol 10 moles	25 gr	Nonifenol 10 moles	24 gr	Nonifenol 10 moles	16 gr
Aroma	34 gr	Aroma	30 gr	Aroma concentrado	5 gr
Dodigen	11 gr	Dodigen	10 gr	Dodigen	9,5 gr

De las muestras se obtuvieron unos rangos de olores en tiempos determinados, los cuales nos ayudaron a observar que en la muestra 1 y 2 a pesar de que se miraron las proporciones entre aroma y nonifenol que era 1:1 para la muestra 1 y 2:3,5 para la muestra 2, el aroma no perduro y pasadas las tres horas el olor en el paño limpio se había desvanecido por completo.

Debido a la ocurrido con las muestras 1 y 2 se le pidió a la empresa *NOVAROMAS SA* que es la empresa encargada de proveer los aromas, que nos proporcionara la información de las concentraciones a las cuales estaban manejando los aromas, lo cual nos ayudó a obtener las proporciones correctas entre el nonifenol, dodigen y aroma, para poder realizar un balance de materia adecuado para la muestra 3.

Para el balance de materia general este no presenta acumulación por lo tanto se utiliza la ecuación 1.

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad \text{EC. 1}$$

Donde el flujo de la entrada está compuesta por agua (A), color (B), cellozice (C), dodigen (D), nonifenol (E), formol (F), aroma (G) y la salida está compuesta por el limpiador multiusos.

Remplazando los valores de las entradas y la salida en la ecuación 1 queda de la siguiente forma.

$$194 \text{ kg} + 0,320 \text{ kg} + 3,115 \text{ kg} + 1024 \text{ kg} + 1,860 \text{ kg} + 0,110 \text{ kg} + 0,150 \text{ kg} \\ = 200 \text{ kg}$$

Donde al ser remplazada la ecuación 1 nos da el siguiente valor.

$$200,020 \text{ kg} = 200 \text{ kg} \quad \text{EC. 2}$$

Seguidamente se da la ecuación general para los componentes que tiene el proceso y se reemplaza cada ecuación con su valor correspondiente como se observa en el anexo 3.

$$x_i^1 * F^1 = x_i^2 * F^2 \quad \text{EC. 3}$$

Al reemplazar cada valor se determina la composición a la cual sale el limpiador teniendo en cuenta la relaciones adicionales que se nombraron se utilizó la relación adicional de por 1 kg de aroma 3 kg de nonifenol para cada 200 litros, como se puede ver en la tabla 8, el desarrollo de cada ecuación se logra observar detalladamente en el anexo 4.

**Tabla 8.** Entrada y salida de cada materia prima.

Entrada	Salida
<i>Agua</i> = 194000 g	<i>Agua</i> = 193980,6 g
<i>Color</i> = 150 g	<i>Color</i> = 149,985 g
<i>Cellozice</i> = 320 g	<i>Cellozice</i> = 319,968 g
<i>Dodigen</i> = 1860 g	<i>Dodigen</i> = 1859,814 g
<i>Nonifenol</i> = 3115 g	<i>Nonifenol</i> = 3114,688 g
<i>Formol</i> = 100 g	<i>Formol</i> = 99,99 g
<i>Aroma</i> = 1024g	<i>Aroma</i> = 1023,897 g

También se calculó el rendimiento el cual se presenta en la ecuación 4.

$$\%rendimiento = \frac{\text{masa real}}{\text{masa teorica}} * 100$$

Reemplazando los valores en la ecuación 4 obtenemos un rendimiento de 99,99%

Se obtiene que para limpiadores de pisos se debe usar una dosis máxima del 1% para que el aroma sea concentrado y así mismo disminuir las proporciones de nonifenol y dodigen donde estas son específicamente para el aroma concentrado y son de 1:3, esto con el fin de que el aroma perdure por más tiempo, al realizar la prueba en el paño limpio, se obtuvo que pasadas las 16 horas el paño aún conservaba el aroma.

En cuanto a la proporción de dodigen esta se disminuyó en pequeñas cantidades ya que este producto es un bactericida que actúa como desinfectante y además tienen la cualidad que ayuda al igual que un desodorante lo cual hace que el aroma dure un poco más.

## 11 CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos por el balance de materia, se puede concluir que hay pérdidas, no tan significativas en el flujo de entrada y de salida, esto se debe a que el proceso es artesanal, lo cual no se lleva a cabo el mezclado de todos los ingredientes en el mismo equipo, sino que se usan diferentes tanques para realizar varias disoluciones, y en estos quedan residuos que no son recuperados. Por eso se presentan pequeñas pérdidas en el flujo de salida. También se deben tener en cuenta las relaciones adicionales a las cuales se trabaja cada sustancia, ya que esto nos ayudaría en el momento en que se resuelva el sistema y observar que no esté sub-especificado.
- Para la formulación definitiva de la elaboración del detergente líquido, se deben tener en cuenta factores como el pH y las concentraciones a las cuales se encuentra cada materia prima para que el producto final tenga unas óptimas condiciones. Si la formulación se desea aplicar a trabajo pesado o industrial, se sugiere mantener el pH en niveles bajos para o mejorar la acción de desinfectante y limpieza.
- En el proceso de elaboración del detergente a nivel industrial, se utilizan equipos como reactores, mezcladores y tanques de almacenamiento, donde las condiciones de temperatura y presión a la cual se puede trabajar, son fundamentales para que la transformación sea eficiente, para este proyecto no se tuvieron en cuenta debido a que el proceso de elaboración es a escala industrial pero de una forma artesanal, la cual las materias primas utilizadas no fueron sometidas a ningún cambio.
- Derivado de los resultados se logra establecer que para la elaboración de un limpiador de pisos que sea altamente concentrado, se debe saber la concentración con la que se trabaja el aroma, lo cual es favorable y así el producto tiene un mejor rendimiento, también se debe considerar la relación estequiometría entre el aroma y el nonifenol, ya que este se disuelve y el dodigen ayuda a la desinfección de bacterias lo cual se planteó en uno de los objetivos para la elaboración del proyecto.
- La empresa debe resaltar la importancia de poder promocionar productos que sean amigables con el medio ambiente para fomentar una cultura verde y así poderse posicionar en el mercado.

## 12 RECOMENDACIONES

Se desea que la continúen y mejoren por lo tanto se recomienda lo siguiente:

Realizar los balances de energía para la formulación que se presentó en el trabajo y también para nuevas formulaciones llegado el caso.

Evaluar la utilización de otros tipos de métodos que logren una mejor precisión en los resultados, mirar otras materias primas que cumplan con el propósito del detergente líquido y que sean amigables con el medio ambiente.

Realizar un análisis de las propiedades fisicoquímicas y de cada uno de los componentes para observar los efectos secundarios al ser mezclados.

Buscar la capacitación en temas de productos ecológicos para poder generar más ideas en productos para la empresa.

Implementar dentro de la empresa nuevas tecnologías como por ejemplo un mezclador, el cual ayudaría a que los tiempos de mezclado sean constantes y que no se varié su velocidad de mezclado con el tiempo, esto ayudaría considerablemente a la empresa debido a que reducirá el tiempo de producción.

### 13 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Ácido sulfónico lineal – Labsa 96%*. Manuchar Perú, Published 2021. Accessed Octubre 10, 2021. <https://manuchar.com.pe/productos/cuidadopersonal/acido-sulfonico-lineal-labsa-96/>.
2. Scheibel, Jeffrey J. (2014). *The evolution of anionic surfactant technology to meet the requirements of the laundry detergent industry*. Journal of surfactant and detergents.
3. García, M. V., Silva, J., & Ortiz, R. (2019). *Elementos básicos para el estudio de la Ingeniería Química*. Chile: Universidad del Valparaíso.
4. 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.
5. Londoño García, R. (2015). *Balances de masa y energía*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
6. Regla I, Vélez EV, Humberto D, Amaya C, Neri AC. La química del jabón y algunas aplicaciones. 2014;15:1-15.
7. 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.
8. Smulders, E. (1993) *Laundry Detergents*. Wiley VCH.
9. *Surfactants and detergents: cleaning the green way*. Oils and Fats International I, pg. 36-37, 39- 40. (2006).
10. Villalobos, C. (2016). *Justiciaambientalcolombia.org*. <https://Justiciaambientalcolombia.org/2016/02/02/resumen-licencias-ambientales/>
10. Ghazali, Razmah. (2002). *The Effect of Dissalt on Biodegradability of Methyl Ester Sulphonates (MES)*. Journal of Oil Palm Research Vol. 14 No .1.
11. Valentina Lares Matiz. (2008). *De casi 150 dólares a menos de 35, El petróleo experimento un año caótico*. [Versión online]. Periódico El Tiempo. Sección Economía. 2008, Diciembre 26.
12. T. Balson, M. S.B. Felix, *The biodegradability of non-ionic surfactants* in: D. R. Karsa, M.R. Porter (Eds.), *Biodegradability of Surfactants*, Blackie Academic and Professional, (1995).
13. Smulders, E. (1993) *Laundry Detergents*. Wiley VCH

14. Aumentan las ventas de detergentes líquidos y en cápsulas, y de los suavizantes concentrados

<https://www.revistaaral.com/texto-diario/mostrar/3177561/aumentan-las-ventas-de-detergentes-liquidos-y-en-capsulas-y-de-los-suavizantes-concentrados>

Accessed: 2021-10-27

15. nacional - industrial physics accessed november 5, 2021.  
<https://industrialphysics.com/es/estandares-nacionales>

16. astm-e-679-19. Published 2011. <https://www.astm.org/e0679-04.html>

## 14. ANEXOS

### ANEXO 1. BALANCES DE MATERIA POR COMPONENTE

$$x_A^1 * F^1 = x_A^2 * F^2 \quad \text{Ec 1. Balance para agua}$$

$$x_B^1 * F^1 = x_B^2 * F^2 \quad \text{Ec 2. Balance para soda.}$$

$$x_C^1 * F^1 = x_C^2 * F^2 \quad \text{Ec 3. Balance para ácido sulfónico}$$

$$x_D^1 * F^1 = x_D^2 * F^2 \quad \text{Ec 4. Balance para LESS}$$

$$x_E^1 * F^1 = x_E^2 * F^2 \quad \text{Ec 5. Balance para sal.}$$

$$x_F^1 * F^1 = x_F^2 * F^2 \quad \text{Ec 6. Balance para abrillantador}$$

$$x_G^1 * F^1 = x_G^2 * F^2 \quad \text{Ec 7. Balance para esencia.}$$

$$x_H^1 * F^1 = x_H^2 * F^2 \quad \text{Ec 8. Balance para color.}$$

$$x_I^1 * F^1 = x_I^2 * F^2 \quad \text{Ec 91. Balance para amida de coco.}$$

$$x_J^1 * F^1 = x_J^2 * F^2 \quad \text{Ec 10. Balance para formol.}$$

### ANEXO 2. SUSTITUCIÓN DE CADA ECUACIÓN:

$$144 \text{ kg} * 199,800 \text{ kg} = x_A^2 * 199 \text{ kg}$$
$$x_A^2 = 143,4234 \text{ kg} \quad \text{Ec 1. Balance para agua}$$

$$1,4 \text{ kg} * 199,800 \text{ kg} = x_B^2 * 199 \text{ kg}$$
$$x_B^2 = 1,394 \text{ kg} \quad \text{Ec 2. Balance para soda.}$$

$$6 \text{ kg} * 199,800 \text{ kg} = x_C^2 * 199 \text{ kg}$$
$$x_C^2 = 5,9759 \text{ kg} \quad \text{Ec 3. Balance para ácido sulfónico}$$

$$40 \text{ kg} * 199,800 \text{ kg} = x_D^2 * 199 \text{ kg}$$
$$x_D^2 = 39,839 \text{ kg} \quad \text{Ec 4. Balance para LESS}$$

$$1,2 \text{ kg} * 199,800 \text{ kg} = x_E^2 * 199 \text{ kg}$$
$$x_E^2 = 1,195 \text{ kg} \quad \text{Ec 5. Balance para sal.}$$

$$0,200 \text{ kg} * 199,800 \text{ kg} = x_F^2 * 199 \text{ kg}$$
$$x_F^2 = 0,199 \text{ kg} \quad \text{Ec 6. Balance para abrillantador}$$

$$0,400 \text{ kg} * 199,800 \text{ kg} = x_G^2 * 199 \text{ kg}$$
$$x_G^2 = 0,39839 \text{ kg} \quad \text{Ec 7. Balance para esencia.}$$

$$0,400 \text{ kg} * 199,800 \text{ kg} = x_H^2 * 199 \text{ kg}$$
$$x_H^2 = 0,39839 \text{ kg} \quad \text{Ec 8. Balance para color}$$

$$6 \text{ kg} * 199,800 \text{ kg} = x_I^2 * 199 \text{ kg}$$
$$x_I^2 = 5,9759 \text{ kg} \quad \text{Ec 92. Balance para amida de coco.}$$

$$0,200 \text{ kg} * 199,800 \text{ kg} = x_J^2 * 199 \text{ kg}$$
$$x_J^2 = 0,199 \text{ kg} \quad \text{Ec 10. Balance para formol.}$$

### **ANEXO 3. BALANCES DE MATERIA POR COMPONENTE**

$$x_A^1 * F^1 = x_A^2 * F^2 \quad \text{Ec 1. Balance para agua}$$

$$x_B^1 * F^1 = x_B^2 * F^2 \quad \text{Ec 2. Balance para color.}$$

$$x_C^1 * F^1 = x_C^2 * F^2 \quad \text{Ec 3. Balance para cellozice}$$

$$x_D^1 * F^1 = x_D^2 * F^2 \quad \text{Ec 4. Balance para dodigen}$$

$$x_E^1 * F^1 = x_E^2 * F^2 \quad \text{Ec 5. Balance para nonifenol.}$$

$$x_F^1 * F^1 = x_F^2 * F^2 \quad \text{Ec 6. Balance para formol}$$

$$x_G^1 * F^1 = x_G^2 * F^2 \quad \text{Ec 7. Balance para aroma.}$$

#### ANEXO 4. SUSTITUCIÓN DE CADA ECUACIÓN:

$$193,480 \text{ kg} * 200 \text{ kg} = x_A^2 * 200 \text{ kg}$$

$$x_A^2 = 193,480 \text{ kg} \quad \text{Ec 1. Balance para agua}$$

$$0,150 \text{ kg} * 200 \text{ kg} = x_B^2 * 200 \text{ kg}$$

$$x_B^2 = 0,150 \text{ kg} \quad \text{Ec 2. Balance para color.}$$

$$0,300 \text{ kg} * 200 \text{ kg} = x_C^2 * 200 \text{ kg}$$

$$x_C^2 = 0,300 \text{ kg} \quad \text{Ec 3. Balance para cellozice}$$

$$1,860 \text{ kg} * 200 \text{ kg} = x_D^2 * 200 \text{ kg}$$

$$x_D^2 = 1,860 \text{ kg} \quad \text{Ec 4. Balance para dodigen}$$

$$3,110 \text{ kg} * 200 \text{ kg} = x_E^2 * 200 \text{ kg}$$

$$x_E^2 = 3,110 \text{ kg} \quad \text{Ec 5. Balance para nonifenol.}$$

$$0,100 \text{ kg} * 200 \text{ kg} = x_F^2 * 200 \text{ kg}$$

$$x_F^2 = 0,100 \text{ kg} \quad \text{Ec 6. Balance para formol.}$$

$$1 \text{ kg} * 200 \text{ kg} = x_G^2 * 200 \text{ kg}$$

$$x_G^2 = 1 \text{ kg} \quad \text{Ec 7. Balance para aroma.}$$

#### ANEXO 5. SOLUCIÓN DEL EJEMPLO 2 BALANCE DE MATERIA CON REACCIÓN

- Balance para nitrógeno

$$N^5 N_2 = N^1 N_2$$

$$N^5 N_2 = 100 * 0,78 = 78 \text{ mol/h} \quad \text{Ec.1}$$

- Balance para hidrogeno

$$N^5 H_2 = N^2 H_2 + r$$

$$N^5 H_2 = N^2 * 0,5 + r \quad \text{Ec.2}$$

- Balance para monóxido de carbono

$$0 = N^1CO + N^2CO - r$$

$$0 = 0,2 * 100 + N^2 * 0,5 - r \quad \text{Ec.3}$$

- Balance para dióxido de carbono

$$N^5CO_2 = N^1CO_2 + r$$

$$N^5CO_2 = 100 * 0,02 + r \quad \text{Ec.4}$$

- Balance para agua

$$N^5H_2O = N^3H_2O - r \quad \text{Ec. 5}$$

- Relación adicional

$$3N_2 = H_2 \quad \text{Ec. 6}$$

$$N^5H_2 = 3 * 78 \frac{\text{mol}}{\text{h}} = 234 \text{ mol/h}$$

Ahora sumo la Ec. 2 y Ec.3 para eliminar r y hallar  $N^2$

$$N^5H_2 = N^2 * 0,5 + r \quad \text{Ec.2}$$

$$0 = 0,2 * 100 + N^2 * 0,5 - r \quad \text{Ec.3}$$

$$234 = N^2 * 0,5 + 0,2 * 100 + N^2 * 0,5$$

$$N^2 = 214 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$r = 127 \text{ mol/h}$$

El ejercicio presenta una relación adicional donde el vapor de agua es el doble que el gas seco entonces tenemos:

$$N^3 = 2(N^1 + N^2)$$

$$N^3 = 2(100 + 214) = 628 \text{ mol/h}$$

Para hallar el valor de  $N^5CO_2$  y  $N^5H_2O$  reemplazamos los valores en la ecuación 4 y 5

$$N^5CO_2 = 100 * 0,02 + r \quad \text{Ec.4}$$

$$N^5CO_2 = 100 * 0,02 + 127 = 129 \text{ mol/h}$$

$$N^5H_2O = N^3H_2O - r \quad \text{Ec. 5}$$

$$N^5H_2O = 628 - 127 = 501 \text{ mol/h}$$

Para hallar el flujo molar de la corriente cuatro usamos la ecuación 7.

$$r = \frac{N_s^{in} x_s}{-\sigma_s} \text{ Ec.7}$$

Como el problema nos indica que se tiene una conversión de entrada del 80% entonces:

$$r = \frac{N_{co}^{in} x_{co}}{-\sigma_{co}} = [(0,5 * 214) + (0,2 * 100)] * 0,8 = 101,6 \text{ mol/h}$$

Como ya se conoce la velocidad de reacción entonces se procede a calcular nuevamente los flujos de la corriente cuatro por cada balance donde:

- Balance para nitrógeno

$$\begin{aligned} N^4 N_2 &= N^1 N_2 \\ N^4 N_2 &= 100 * 0,78 = 78 \text{ mol/h} \text{ Ec.1} \end{aligned}$$

- Balance para hidrogeno

$$\begin{aligned} N^4 H_2 &= N^2 H_2 + r \\ N^4 H_2 &= (0,5 * 214) + 101,6 = 208,6 \text{ mol/h} \text{ Ec.2} \end{aligned}$$

- Balance para monóxido de carbono

$$\begin{aligned} N^4 CO &= r - r \\ N^4 CO &= (127 - 101,6) = 25,4 \text{ mol/h} \text{ Ec.3} \end{aligned}$$

- Balance para dióxido de carbono

$$\begin{aligned} N^4 CO_2 &= N^1 CO_2 + r \\ N^4 CO_2 &= (2 + 101,6) = 103,6 \text{ mol/h} \text{ Ec.4} \end{aligned}$$

- Balance para agua

$$\begin{aligned} N^4 H_2 O &= N^3 H_2 O - r \text{ Ec. 5} \\ N^4 H_2 O &= (628 - 101,6) = 526,4 \text{ mol/h} \end{aligned}$$

## ANEXO 6. NORMA ASTM E679-19



Designación: E 679-19

**PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES DE OLOR Y SABOR MEDIANTE UN MÉTODO DE LÍMITES DE SERIE DE CONCENTRACIÓN ASCENDENTE DE ELECCIÓN FORZADA<sup>1</sup>**

Esta norma se emite bajo la designación fija E 679; el número que sigue inmediatamente a la designación indica el año de

Adopción original o, en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reprobación. Un superíndice épsilon ( $\epsilon$ ) indica un cambio editorial desde la última revisión o reprobación.

## INTRODUCCIÓN

La obtención de umbrales olfativos y gustativos requiere las respuestas sensoriales de un grupo seleccionado de individuos llamados panelistas. Estos umbrales pueden determinarse para observar el efecto de diversas sustancias añadidas sobre el olor y el sabor de un medio. También pueden determinarse para caracterizar y comparar la sensibilidad al olor o al gusto de individuos o grupos.

Se reconoce que no existen valores de umbral precisos para una sustancia dada en el mismo sentido que existen valores de presión de vapor. La capacidad de detectar una sustancia por olor o sabor está influenciada por factores fisiológicos y criterios usados para producir una respuesta por parte del panelista. Los parámetros de presentación de la muestra introducen variaciones adicionales. Por tanto, el flujo de una muestra gaseosa y olorosa influye en la detectabilidad de un olor. Sin embargo, existe un rango de concentración por debajo del cual el olor o sabor de una sustancia no será detectable bajo ninguna circunstancia práctica, y por encima del cual las personas con un sentido del olfato o gusto normal detectarían fácilmente la presencia de la sustancia. El umbral determinado por esta práctica no es el umbral de grupo convencional (el nivel de estímulo detectable con una probabilidad de 0.5 por el 50% de la población) obtenido por la Práctica E 1432, sino más bien una mejor estimación no muy lejos de allí. El sesgo de la estimación depende de los pasos de la escala de concentración elegidos y del grado en que el umbral de cada panelista se centra dentro del rango de concentraciones que recibe. El usuario también debe tener en cuenta el gran grado de error aleatorio asociado con la estimación de la probabilidad de detección de solo 50 a 100 presentaciones de 3-AFC.

### 1 Alcance

1.1 Esta práctica describe una prueba rápida para determinar los umbrales sensoriales de cualquier sustancia en cualquier medio.

1.2 Prescribe un diseño general de preparación de muestras y un procedimiento para calcular los resultados.

1.3 El umbral puede caracterizarse como (a) solo detección (conciencia) de que una cantidad muy pequeña de

La sustancia está presente pero no necesariamente reconocible, o (b) reconocimiento de la naturaleza de la sustancia añadida.

1.4 El medio puede ser un gas, como el aire, un líquido, como el agua o alguna bebida, o una forma sólida de

materia. El medio puede ser inodoro o insípido, o puede exhibir un olor o sabor característico per se.

1.5 Esta práctica describe el uso de un método de presentación de muestras de elección forzada múltiple en una serie de concentración ascendente, similar al método de límites.

1.6 Los métodos físicos de presentación de muestras para la determinación del umbral no forman parte de esta práctica y dependerán del estado físico, tamaño, forma, disponibilidad y otras propiedades de las muestras.

1.7 Se reconoce que el grado de formación recibido por un panel con una sustancia en particular puede tener una influencia profunda en el umbral obtenido con esa sustancia (1).<sup>2</sup>

1.8 Los umbrales determinados mediante el uso de un método físico de presentación no son necesariamente equivalentes a los valores obtenidos por otro método.

## 2. Documentos de referencia

### 2.1 Normas ASTM: <sup>3</sup>

D 1292 Método de prueba de olor en agua

E 544 Práctica para hacer referencia a la intensidad del olor por encima del umbral.

E 1432 Práctica para definir y calcular umbrales sensoriales individuales y grupales a partir de conjuntos de datos de elección forzada de tamaño intermedio

### 2.2 Estándares CEN: <sup>4</sup>

EN 13725 Calidad del aire: determinación de la concentración de olores mediante olfatometría de dilución dinámica

### 2.3 Normas ISO: <sup>5</sup>

ISO 13301 Análisis sensorial — Metodología — Guía general para medir los umbrales de detección de olor, sabor y sabor mediante un procedimiento de elección forzada de tres alternativas (3 – AFC).

## 3. Resumen de la práctica

3.1 Se prepara una serie de muestras de ensayo dispersando la sustancia cuyo umbral se va a determinar en el medio de interés. Esta escala de concentración debe aumentar en incrementos geométricos de modo que dos pasos de concentración adyacentes estén separados por un factor constante. En cada paso de concentración, se ponen a disposición del panelista dos muestras en blanco que consisten únicamente en el medio. Las muestras en blanco y de prueba están codificadas de modo que no haya diferencia visual, audible, táctil o térmica entre las muestras que no sean los designadores de código (2).

3.2 El panelista comienza en el paso de concentración más bajo, que debe estar dos o tres pasos de concentración por debajo del umbral estimado. Cada muestra dentro del conjunto de tres es en comparación con los otros dos.

3.3 El panelista indica cuál de las tres muestras es diferente de las otras dos. Se debe hacer una elección, incluso si no se nota ninguna diferencia, de modo que se puedan utilizar todos los datos.

3.4 Los valores individuales de mejor estimación del umbral se derivan del patrón de respuestas correctas / incorrectas producidas por separado por cada panelista. Los umbrales de grupo se derivan de la media geométrica de los umbrales individuales mejor estimados.

#### 4. Preparación de la escala de concentración

4.1 Los niveles de concentración de la sustancia problema en un medio deben comenzar muy por debajo del nivel al que se panelista sensible es capaz de detectar o reconocer la sustancia agregada, y terminar en (o por encima) la concentración a la que todos los panelistas dan una respuesta correcta.

4.2 El aumento de la concentración de la sustancia problema por escalón debería ser un factor constante. Es deseable obtener un factor de paso de escala que permita distribuir las respuestas correctas de un grupo de nueve panelistas en tres o cuatro pasos de concentración (ver Apéndice X1-Apéndice X3). Esto permitirá una mayor precisión en la determinación del valor umbral del grupo en función de la media geométrica de los panelistas individuales.

4.3 La persona a cargo requiere un buen juicio para determinar el rango de escala apropiado para una

sustancia en particular. Esto podría implicar la preparación de una concentración umbral aproximado de la sustancia olorosa o sávida en el medio elegido. La concentración de la sustancia puede aumentarse de dos a tres veces para los olores o de 1,5 a 2,5 veces para las sustancias sápidas, dependiendo de cómo la intensidad percibida del olor o el sabor varía con la concentración de la sustancia que proporciona la respuesta sensorial.

Por ejemplo, si  $x$  representa una concentración de umbral de olor aproximada, entonces una serie de pasos de concentración aparecerían como sigue si se usara un factor de paso de "3":

...  $x / 27, x / 9, x / 3, x, 3x, 9x, 27x$  . . .

4.4 En la práctica real, las distintas concentraciones se obtienen comenzando con la concentración más alta y diluyendo tres veces por paso, proporcionando así una serie de factores de dilución, siendo "V i" el volumen inicial:

. . .  $729V_{yo}, 243V_{Vi}, 81V_{Vi}, 27V_{yo}, 9V_{Vi}, 3V_{yo}, V_{yo}$ , . . .

4.5 En cada concentración o dilución seleccionada, un 3-AFC.

El conjunto de muestras que consta de una prueba y dos muestras en blanco se presenta a los panelistas de manera indistinguible (3). Es deseable tener todas las muestras preparadas y listas para juzgar antes de que comience la sesión de evaluación. (La referencia (2) contiene prácticas sólidas para codificar las muestras, rotar las posiciones de estas pruebas

y muestras en blanco a medida que avanza la prueba, etc.).

4.6 Si las muestras están dispuestas en orden izquierda-centro-derecha, o arriba-centro-abajo, se debe tener cuidado de que la muestra de prueba se presente en un tercio de las presentaciones en la posición izquierda (arriba), un tercio en la posición central y un tercio en la posición derecha (inferior) para eliminar el sesgo posicional.

4.7 Si solo se dispone de una muestra a la vez, la prueba y las muestras en blanco pueden presentarse una tras otra en unidades de tres presentaciones, con la muestra de prueba aleatorizada para ser la primera, la segunda y la tercera, y solicitando la respuesta después de que se hayan presentado las tres muestras del conjunto. Sin embargo, se obtienen mejores resultados si la prueba y las dos muestras en blanco están disponibles para una comparación directa, de modo que el panelista pueda saborear cómodamente hasta que se tome una decisión.

## 5. Procedimiento de sentencia

5.1 El panelista comienza a juzgar con el conjunto que contiene la muestra de prueba con la concentración más baja (dilución más alta) de la sustancia olorosa o sávida, toma el tiempo necesario para hacer una selección y avanza sistemáticamente hacia las concentraciones más altas.

5.2 Dentro de cada conjunto, el panelista indica la muestra que es diferente de las otras dos (umbral de

detección) o que presenta un olor o sabor reconocible a la sustancia (umbral de reconocimiento). Si el panelista no puede discriminar fácilmente, se debe hacer una suposición para que se puedan utilizar todos los datos.

5.3 Los juicios se completan cuando el panelista (1) completa la evaluación de todos los conjuntos de la escala, o (2) alcanza un conjunto en el que la muestra de prueba se identifica correctamente, luego continúa eligiendo correctamente en conjuntos de muestras de prueba de mayor concentración.

## 6. Evaluación de datos

6.1 La serie de los juicios de cada panelista puede expresarse escribiendo una secuencia que contenga (0) para una elección incorrecta o (+) para una elección correcta organizada en el orden de juicios de concentraciones ascendentes de la sustancia añadida.

6.2 Si el rango de concentración se ha seleccionado correctamente, todos los panelistas deben juzgar correctamente dentro del rango de pasos de concentración proporcionados. Así, la representación de la Los juicios de los panelistas como deben terminar con dos o más signos positivos consecutivos (+).

6.3 Debido a que existe una probabilidad finita de que una respuesta correcta ocurra por casualidad, es importante que un panelista continúe realizando la prueba hasta que esa persona no

tenga ninguna duda de la exactitud de la elección.

6.4 La concentración umbral de mejor estimación para el panelista es entonces la media geométrica de esa concentración en la que ocurrió el último error (0) y la siguiente concentración más alta designada por un (+).

6.5 El umbral del panel es la media geométrica del umbral de mejor estimación de los panelistas individuales. Si se desea un valor de umbral más preciso de un panelista individual, puede obtenerse calculando la media geométrica del umbral de mejor estimación de todas las series administradas a esa persona.

## 7. Informe

7.1 La finalización satisfactoria del procedimiento anterior proporciona el umbral de detección o reconocimiento de la sustancia en el medio de interés de acuerdo con esta práctica.

7.2 El valor umbral está en unidades de concentración o dilución apropiadas para la sustancia analizada (4).

7.3 Para una mejor comprensión de los resultados del umbral, se recomienda la siguiente información:

Umbral de: Procedimiento: Práctica  
ASTM E 679 (Método rápido)  
Presentación:

Número de pasos de escala:

Factor de dilución por paso:

Temperatura de las muestras:

Selección del panelista:

Número de veces que se realizó la prueba:

Tipo de umbral (detección o reconocimiento):

Umbral de mejor estimación:

Individual:

Panel:

7.4 Consulte el Apéndice X1-Apéndice X3 para obtener ejemplos de los cálculos y requisitos de informes.

## 8. Precisión y sesgo

8.1 Debido a que los valores de los umbrales sensoriales son funciones de variables de presentación de la muestra y de sensibilidades individuales, las pruebas interlaboratorio no pueden interpretarse estadísticamente en forma habitual, y no se puede hacer una declaración general sobre la precisión y el sesgo de los umbrales obtenidos por esta práctica. Sin embargo, algunas comparaciones realizadas bajo circunstancias particulares son de interés y se detallan a continuación.

8.2 Cuando 4 paneles de 23 a 35 miembros evaluaron el butanol en el aire (5), la relación entre el umbral de panel más alto y el más bajo fue de 2,7 a 1; cuando el mismo panel repitió la determinación en 4 días, la proporción fue de 2,4 a 1. Para 10 paneles de 9 miembros que evaluaron hexilamina en aire, la proporción fue de 2,1 a 1.

8.3 Cuando se probaron 26 compuestos purificados para

determinar el umbral mediante la adición de cervezas similares por 20 laboratorios cerveceros (cada compuesto fue probado por 2 a 8 laboratorios), las proporciones del umbral de panel más alto al más bajo variaron de menos de 2.0 a 1, a 7.0 a 1 o más (6). La variabilidad más baja se encontró con compuestos simples de alto umbral (azúcar, sal, etanol), y el más alto con compuestos complejos de bajo umbral (eugenol, aceite de lúpulo, geosmina).

8.4 Cuando 14 laboratorios determinaron el umbral de sulfuro de hidrógeno purificado en aire inodoro (7), la relación entre el umbral de laboratorio más alto y el más bajo fue de 20 a 1. Ensayos entre laboratorios con dibutilamina, alcohol isoamílico, acrilato de metilo y un disolvente en aerosol para la pintura de automóviles dio proporciones algo más bajas. Aunque los métodos utilizados varían algo de esta práctica, los resultados son comparables.

8.5 En las referencias (5), (8) y (9) se puede encontrar un análisis del posible sesgo de los resultados de esta práctica en comparación con un umbral real.

## 9. Palabras clave

9.1 contaminación del aire; método ascendente de límites; olor; panel; evaluación sensorial; sabor; umbral; la contaminación del agua

## REFERENCIAS

(1) Brown, D. G. W., et al., Journal of the American Society of Brewing Chemicals, Vol 36, No. 73, 1978.

(2) Manual sobre métodos de pruebas sensoriales, ASTM STP 434, Am. Soc. Testing Mats., Pág. 11, sección (e) para los procedimientos de codificación.

(3) Baker, R. A., Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York, Vol 116, p. 495, 1964.

(4) Compilación de datos de valores de umbral de olor y sabor, ASTM DS 48A, Am. Soc. Testing Mats., 1978.

(5) Dravnieks, A., Schmidtsdorff, W. y Meilgaard, M., Journal of the Asociación de Control de la Contaminación del Aire, Vol 36, p. 900, 1986.

(6) Meilgaard, M. C., Reid, D. S. y Wyborski, K. A., Journal of the Sociedad Estadounidense de Químicos Cerveceros, Vol 40, p. 119, 1982.

(7) Norma alemana VDI 3881, parte 1. Olfatometría. Umbral de olor Fundamentos de determinación. Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1986, págs. 25-27.

(8) Morrison, G. R., Journal of the Institute of Brewing, Vol 88, págs. 167 y 170, 1982.

(9) Polta, R. C. y Jacobson, R. L., (Comisión Metropolitana de Control de Residuos, Minneapolis / St. Paul). Carta a. Dravnieks, 19 de mayo de 1986, archivada en el Subcomité E18.04.25.

(10) Turk, A., "Expressions of gaseous Concentration and Dilution Ratios", Atmospheric Environment, Vol 7, p. 967, 1973.

(11) Amooore, J. E., Venstrom, D. y Davis, A. R., Perceptual and Motor Skills, Vol 26, pág. 143, 1968. (umbrales en soluciones)

(12) Guadagni, D. G., Buttery, R. G. y Okano, S., Revista de la ciencia de la alimentación y la agricultura, vol. 14, p. 761, 1963. (umbrales en soluciones)

(13) Hertz, J., Cain, W. S., Bartoshuk, L. M. y Dolan, T. F., Physiology and Behavior, Vol 14, p. 89, 1975. (umbrales en solución acuosa)

(14) Dravnieks, A., Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York, vol. 237, pág. 144, 1974. (umbrales en el aire)

(15) Dravnieks, A. y Prokop, Journal of the Air Pollution Control Association, vol. 25, pág. 28 de 1975.

(16) Engen, T., Habilidades motoras y perceptivas, Vol 10, p. 195, 1960.

(17) Jones, F. N., Revista Estadounidense de Psicología, vol. 69, p. 672, 1956. (general)

(18) Cederlöf, R., Edfors, M. L., Friberg, L. y Lindvall, T., Revista de la Asociación Técnica de la Industria de Pulpa y Papel, Vol 48, p. 405, 1965. (umbrales en el aire)

(19) Meilgaard, M. C., Technical Quarterly, Asociación de Maestros Cerveceros de las Américas, Vol. 12, p. 151, 1975. (umbrales en cerveza)

(20) Salo, P., Nykänen, L. y Suomalainen, H., Journal of Food Science, vol. 37, p. 394, 1972. (umbrales en la mezcla de alcohol y agua)

(21) Directrices para el muestreo y la medición de olores por olfatometría de dilución dinámica, Comité de olores A & WMA EE-6, Asociación de gestión de residuos y aire, Pittsburgh, PA, 2003.

ASTM International no toma posición con respecto a la validez de los derechos de patente afirmados en relación con cualquier artículo mencionado en esta norma. Se advierte expresamente a los usuarios de esta norma que la determinación de la validez de dichos derechos de patente y el riesgo de infracción de dichos derechos son de su exclusiva responsabilidad.

Esta norma está sujeta a revisión en cualquier momento por parte del comité técnico responsable y debe ser revisada cada cinco años y, si no se revisa, debe volver a aprobarse o retirarse. Se invita a sus comentarios para la revisión de esta norma o para normas adicionales y deben dirigirse a la sede de ASTM International. Sus comentarios recibirán una cuidadosa consideración en una reunión del comité técnico responsable, a la que puede asistir. Si cree que sus comentarios no han recibido una audiencia imparcial, debe dar a conocer sus puntos de vista al Comité de Normas de ASTM, en la dirección que se muestra a continuación.

Esta norma tiene los derechos de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, Estados Unidos. Se pueden obtener reimpresiones individuales (copias únicas o múltiples) de esta norma comunicándose con ASTM en la dirección anterior o al 610-832-9585 (teléfono), 610-832-9555 (fax), o [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e- correo); oa través del sitio web de ASTM ([www.astm.org](http://www.astm.org)).