

**EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE  
JABÓN ARTESANAL, A PARTIR DE ACEITE USADO DE PUESTOS DE  
COMIDA SELECCIONADOS EN EL BARRIO LA CATEDRAL DEL CENTRO  
DE BOGOTÁ D.C.**

**LAURA MARIA CUELLAR CHACON  
LEIDY TATIANA VIVIESCAS**

**Proyecto integral de grado para optar por el título de  
INGENIERO QUIMICO**

**Director  
MS.c JUAN CAMILO GOMEZ CAIPA**

**Codirector  
NICOLAS LOZANO ESCORCIA  
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C**

**2023**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA -PEÑA

Consejero institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA -PEÑA

Vicerrectoría Académica y de Investigaciones

Dra. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

Dr. JOSÉ LUIS MACÍAS RODRÍGUEZ

Decano de la Facultad de Ingenierías

Dra. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Director del Programa de Ingeniería Química

Ing. NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios, por darme la fortaleza para culminar cada una de las etapas académicas de la carrera profesional, a pesar de las adversidades y sacrificios encontrados en el camino.

A mis padres, en especial a mi madre y hermano, por el apoyo incondicional durante toda mi formación, siendo la base fundamental para el profesional integro que aspiro a ser en el mundo laboral y personal.

A mis seres queridos, porque con sus palabras de aliento, consejos y oraciones, que me brindaron durante este ciclo, hicieron de mi una mejor persona, y de una u otra manera me acompañaron en todos mis sueños y metas.

Finalmente, quiero agradecer a mi compañera y amiga de trabajo de grado, por ser un apoyo incondicional desde el primer día de clase, por extender su mano en momentos difíciles, y el amor brindando día a día.

Les agradezco de todo corazón a todas las personas que hicieron parte durante este camino.

**Laura María Cuellar Chacón**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi abuela, por ser el pilar más importante en mi vida y por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional, por su sacrificio y por siempre creer en mí y en mis capacidades para cumplir mis metas y objetivos, por ser mi motivo más grande para poder lograr todo lo que me propongo.

A mi abuelo, por ser la persona que me ha acompañado en todo el proceso de formación tanto estudiantil como de vida, por su paciencia, por su esfuerzo, por su amor y por todos sus sacrificios.

A mi mamá, por sus consejos alentadores que me animaban siempre que sentía que no podía más, por su cariño y su apoyo emocional, por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mi compañera y amiga de tesis, que me animó y dio fuerzas en los momentos más difíciles para continuar y no rendirme, gracias, porque sin el equipo que formamos no habiéramos logrado esta meta.

Estaré eternamente agradecida, sin ustedes no habría sido posible crecer, aprender y convertirme en la profesional que soy.

**Leidy Tatiana Viviescas Bernal**

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	18
METODOLOGÍA	19
1. CONTEXTUALIZACIÓN	24
<b>1.1 Generalidades de aceite de cocina y aceite cocina usados</b>	24
1.1.1 Aceites Vegetales	24
1.1.2 Aceite de cocina usado (ACU)	29
<b>1.2 Contexto de industrias recolectoras de aceite usado</b>	35
<b>1.3 Contexto industria del jabón</b>	38
1.3.1 Principales industrias productoras de jabón en Colombia	39
1.3.2 Proceso de elaboración de jabón	40
1.3.3 Tipos de jabón	42
1.3.4 Legislación Colombiana	43
2. CARACTERIZACIÓN	49
<b>2.1 Caracterización puestos de comida</b>	49
<b>2.2 Caracterización muestras de aceite</b>	57
2.2.1 Parámetros Físicos	57
2.2.2 Parámetros químicos	63
2.3 Análisis de resultados de caracterización	75
3. PROCESO A NIVEL LABORATORIO	77
<b>3.1 Jabón en solido</b>	79
<b>3.2 Jabón líquido</b>	87
<b>3.3 Pasta lava loza</b>	90
4. ANÁLISIS FINANCIERO	95
<b>4.1 WACC</b>	102
<b>4.2 Valor presente neto (VPN)</b>	103
<b>4.3 Tasa interna de retorno (TIR)</b>	103
<b>4.4 Costo beneficio (C/B)</b>	104
5. CONCLUSIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	106



## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Caracterización del aceite usado identificado en la bibliografía	21
Figura 2. Categorías de lípidos y ejemplos típicos	26
Figura 3. Cambio de propiedades del aceite durante el proceso de fritura	30
Figura 4. Reacciones de degradación del aceite durante el proceso de fritura	32
Figura 5. Impacto de la pandemia en los productos del hogar	38
Figura 6. Proceso frío vs proceso en caliente	41
Figura 7. Ejes estratégicos de la Política Nacional para la GIRS	45
Figura 8. Disposiciones Acuerdo Distrital 631 del 2015	46
Figura 9. Requisitos técnicos del INVIMA	48
Figura 10. Mapa ubicación puestos de comida	50
Figura 11. Grafica tipo de aceite por puesto	51
Figura 12. Grafica factores de selección del tipo de aceite	52
Figura 13. Grafica tipo de producto utilizados en los aceites por puestos	53
Figura 14. Grafica frecuencia de cambio de aceites	54
Figura 15. Grafica volumen de residuo por puesto	54
Figura 16. Grafica tipo de disposición del aceite usado	55
Figura 17. Grafica conocimiento de impacto ambiental	56
Figura 18. Grafica conocimiento de uso de aceite usado	56
Figura 19. Procedimiento determinación densidad	56
Figura 20. Procedimiento determinación índice de refracción	59
Figura 21. Procedimiento determinación del contenido de humedad	60
Figura 22. Procedimiento para la determinación de impurezas insolubles	62
Figura 23. Procedimiento determinación del Índice de acidez	63
Figura 24. Procedimiento determinación del Índice de peróxidos	66
Figura 25. Procedimiento determinación índice de Yodo	69
Figura 26. Procedimiento determinación del Índice de saponificación	71
Figura 27. Inicio filtración de ACU	74
Figura 28. Solidos retenidos en la filtración del ACU	79
Figura 29. Esencias	79

Figura 30.	Inicio proceso de saponificación	80
Figura 31.	Saponificación del aceite	80
Figura 32.	Procedimiento para la elaboración de jabón solido	82
Figura 33.	Procedimiento para la determinación de pH del jabón solido	82
Figura 34.	Diagrama balance de masa jabón solido	83
Figura 35.	Dilución lauril sulfato de calcio	85
Figura 36.	Mezcla de la solución lauril sulfato de calcio con carboximetil	86
Figura 37.	Procedimiento elaboración de jabón líquido	87
Figura 38.	Diagrama balance de masa del jabón líquido	88
Figura 39.	Procedimiento pasta lava loza	90
Figura 40.	Diagrama balance de masa pasta lava loza	91

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición ácidos grasos en aceites para fritura.	25
Tabla 2. Fases del aceite usado de cocina	33
Tabla 3. Materiales necesarios para determinar la densidad del ACU	58
Tabla 4. Cálculos y resultados de la densidad del ACU	59
Tabla 5. Materiales para determinar el IR del ACU	60
Tabla 6. Resultados del índice de refracción del ACU	61
Tabla 7. Materiales para determinar el contenido de humedad del ACU	62
Tabla 8. Resultados del contenido de humedad del ACU	63
Tabla 9. Resultados impurezas insolubles	64
Tabla 10. Materiales para determinar el Índice de acidez del ACU	64
Tabla 11. Determinación de tamaño de la muestra	65
Tabla 12. Resultados del índice de acidez del ACU	67
Tabla 13. Materiales para determinar índice de peróxido	67
Tabla 14. Índice de peróxidos que se presupone	68
Tabla 15. Resultado índice de peróxidos	70
Tabla 16. Materiales para determinar índice de yodo	72
Tabla 17. Resultados índices de yodo	72
Tabla 18. Materiales para determinar índice de saponificación	73
Tabla 19. Resultados índices de saponificación	75
Tabla 20. Resultados de caracterización	85
Tabla 21. Cantidad de jabón y glicerina obtenida	86
Tabla 22. Balance de masa jabón sólido	90
Tabla 23. Balance de masa del jabón líquido	93
Tabla 24. Balance de masa pasta lava loza	96
Tabla 25. Costo de reactivos para la caracterización del aceite	97
Tabla 26. Costo de reactivos para la elaboración del jabón	98
Tabla 27. Costo de instrumentos para elaboración del jabón	100
Tabla 28. Costo de equipos para la y elaboración del jabón	101
Tabla 39. Ingreso por tipo de jabón por experimento	102

Tabla 30.	Flujo de efectivo para la elaboración de tres tipos de jabones	102
Tabla 31.	Resultados del WACC	103
Tabla 32.	Tasa de descuento	104
Tabla 33.	Costo Beneficio	104

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad, emplear el aceite usado de cocina (ACU) recolectado de puntos específicos de puesto de comida del centro de Bogotá, para evaluar la alternativa de elaborar jabones artesanales por medio del uso del residuo, como estrategia de disminución del impacto ambiental negativo para los casos en los que se da la gestión inadecuada del aceite.

Se inicia por realizar la caracterización de los puestos de comida seleccionados, y caracterizar la materia prima la cual en este caso es el aceite usado. Seguido a esto se analizaron propiedades físicas, como la densidad, contenido de humedad, índice de refracción, porcentaje de sólidos insolubles, y propiedades químicas, como el índice de acidez, peróxido, yodo y saponificación, con la finalidad de identificar las condiciones en las que se encuentra el aceite, y su funcionalidad para hacer jabones.

Teniendo en cuenta los resultados, se procede a elaborar tres tipos de jabones a nivel laboratorio, jabón sólido, líquido y pasta lava loza. Así mismo, se realizaron las pruebas requeridas, como el nivel de pH, para establecer que los productos cumplan con los parámetros requeridos según la Norma Técnica Colombiana NTC 336 "*grasas y aceites vegetales y animales*".

Finalmente, se evalúa a escala laboratorio el análisis financiero del procedimiento realizado, teniendo en cuenta los costos de los reactivos, instrumentos, equipos utilizados, y el precio promedio de los jabones elaborados.

Cabe resaltar, que se establece la viabilidad experimental de la propuesta, contribuyendo a la reducción del impacto medio ambiental, generado por la contaminación de aguas residuales, ríos, mares y suelos, a causa de la incorrecta disposición de los residuos de aceite de cocina usado.

**Palabras Clave:** Aceite usado, Aceite vegetal, Jabón, reciclaje, saponificación,

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el aceite es un insumo indispensable para aquellas empresas de la industria alimenticia que poseen procesos de fritura, siendo un método popular y antiguo, cuyo propósito es transferir de manera rápida calor al producto para su cocción y textura, alcanzando temperaturas de hasta 180°C y deteriorando su composición química, debido a que el contenido de ácidos grasos insaturados disminuye con la fritura del aceite, estando fuera de toda recomendación nutricional, convirtiéndolo en un residuo relevante del sector de comidas [1] [2].

La eliminación, disminución y gestión de los residuos es uno de los principales aspectos relevantes para los países industrializados, convirtiéndose en una prioridad para las empresas. Su importancia radica en la reducción del impacto medioambiental, cumplimiento de normatividad, con el objetivo de evitar sanciones económicas. En Colombia, existe normativas legales vigentes, en las que se especifica los parámetros referentes a la recolección y disposición de aceites usados, donde se prohíbe derramar el aceite por los desagües y entregar a gestores que no estén registrados en la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá D.C. Sin embargo, la falta de regulación y control por parte de los entes responsables, ha permitido que este tipo de residuos sean desechados a los desagües impactando ambientalmente los suelos y fuentes hídricas [3].

Por otra parte, si se realiza una gestión adecuada, y aprovechamiento de recursos para la elaboración de nuevos productos, resaltando la importancia del desarrollo sostenible durante toda cadena productiva, permite la protección de los recursos naturales a favor de la presentes y futuras generaciones [4]. Cabe resaltar, que Colombia dentro de su estrategia nacional del gobierno del presidente Duque, se encuentra el modelo de economía circular, el cual busca “producir conservando y conservar produciendo”, y dentro de sus metas a mediano plazo, pretende aumentar la tasa de reciclaje y el uso de residuos sólidos, con miras a disminuir los gases de efecto invernadero para el año 2030 [5].

Cabe señalar, que el nuevo presidente de Colombia, Gustavo Petro, presenta estrategias similares durante su gobierno, en pro de orientar a la comunidad a una sociedad con basura cero [6]. Por ende, la correcta gestión del residuo hace que organizaciones autorizadas realicen su recolección y posterior aprovechamiento, obteniendo una materia prima para la fabricación de nuevos productos [7].

Cabe señalar, que un litro de aceite usado, puede llegar a contaminar alrededor de 40 litros de agua, según el Observatorio Ambiental de Bogotá [8], siendo equivalente al consumo de agua anual de una persona, generando problemáticas en los sistemas acuáticos, como la reducción de la calidad fisicoquímica y oxigenación del agua, aceleramiento de la fotosíntesis, y asfixia y muerte a las especies que habitan en este ecosistema. Así mismo, puede conllevar a problemas sanitarios, ya que puede llegar a afectar las redes de alcantarillado con taponamientos. Por lo tanto, es necesario implementar alternativas sostenibles que permitan disminuir el impacto ambiental negativo.

En la actualidad, se ha utilizado el aceite para la elaboración de decenas de productos tales como biocarburantes, jabones, ceras, barniz, entre otros, siendo altamente aprovechados en la industria química en países como España, Australia, Bélgica y Alemania.

A nivel colombiano, la compañía Ática, especializada en el manejo de residuos industriales, posee una línea de negocios con respecto a la refinación de aceites, el 60% se aprovecha como combustible para calderas de pavimentación, sustituyendo el ACPM. El 30% queda como materia prima para grasas industriales que se utilizan para los rodamientos de los vehículos, y el 10% restante se aprovecha como aceite lubricante [9].

Otras aplicaciones implementadas en la industria del aceite recuperado y usado, es para la producción de otros materiales como betún, que luego es usado en agentes impermeabilizantes para carreteras o asfalto, pinturas, tintas, fertilizantes, entre otros, lo que demuestra el alto grado de interés de la industria a realizar proyectos amigables con el medio ambiente [10].

No obstante, existen puntos que no tienen acceso a la recolección de los residuos de aceite como los puestos callejeros, restaurantes familiares de comida rápida, entre otros, los cuales no alcanzan a entrar en la categoría de grandes superficies de alimentos y por ende, el control ambiental de la comunidad es bajo.

Por lo tanto, en estos casos, se puede optar por una alternativa que permita el aprovechamiento de los residuos de los puestos comida, partiendo de su condición de informalidad, como, por ejemplo, la opción de fortalecer la economía del sector, teniendo en cuenta la oportunidad de elaborar un producto derivado del aceite usado.

De manera que, se busca implementar alternativas para disminuir el impacto ambiental de las pequeñas empresas informales de comida, teniendo en cuenta que solo en Bogotá se estima que hay 39.620 vendedores informales, según una caracterización realizada por el Instituto para la Economía Social (Ipes) de Colombia [11], donde las localidades con mayor concentración de puestos son Santa Fe (10.135) localidad en donde se llevará a cabo el desarrollo del proyecto, Kennedy (4.337) y San Cristóbal (3.556); y en las que menos se registran son Usaquén (605), Barrios Unidos (752) y Tunjuelito (1.057) [12].

Cabe señalar, que la informalidad existe básicamente por la incapacidad del sector formal de generar suficientes empleos. Cuando la economía entra auge, la informalidad disminuye, ya que en la mayoría de las situaciones es vista como una opción laboral frente al desempleo [13].

Para el presente proyecto, se busca analizar los residuos de aceite de puesto de comida seleccionados del centro de Bogotá, teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, siendo en este caso, el producto de interés el jabón, debido a que, con el paso del tiempo y la llegada de la industria, este tipo de producto se ha explotado hasta tal punto de que no solo se trata de un producto de primera necesidad, sino que las marcas lo han ido modificando hasta transformarlo en un producto más exclusivo [14].

El problema principal del jabón, parte desde su proceso de fabricación, debido a que se desperdician y contaminan grandes cantidades de un recurso no renovable esencial para su producción, como el agua. Es aquí, donde nace la iniciativa de la elaboración de jabones de forma natural, dando así solución no solo a una problemática de los residuos del proceso de fritura de puestos informales, sino que también a disminuir el impacto del uso jabones industriales, teniendo en cuenta que dentro de sus ingredientes se utilizan parabenos, SLS, propilenglicol, petroquímicos, humectantes sintéticos, siendo sustancias bastante perjudiciales para la salud y grandes culpables de las alergias en la piel, a comparación de los jabones naturales que entre sus ingredientes tiene aceites naturales, hierbas medicinales, aromáticas y aceites esenciales [14].

Para el presente proyecto, se escoge como alternativa realizar una evaluación técnico-financiera del proceso de producción de jabón artesanal, a partir de aceite usado de puestos de comida seleccionados en el barrio la catedral del centro de Bogotá D.C, teniendo en cuenta la oportunidad de implementación de un modelo de negocio a largo plazo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar técnica y financieramente el proceso de producción de jabón a partir de aceite usado de puestos de comida seleccionados en el barrio la catedral del centro de Bogotá D.C.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar los puestos de comida seleccionados, además del aceite usado recolectado, para el desarrollo de un jabón artesanal.
- Establecer el proceso para la fabricación de jabón a partir de aceite usado de los puestos de comida seleccionados.
- Analizar por medio de indicadores económicos la viabilidad del proyecto, con la finalidad de emprender un negocio de jabones artesanales a partir de aceite usado.

## METODOLOGÍA

El presente proyecto pretende generar una evaluación técnico financiera del proceso de producción de jabón artesanal, a partir de aceite usado de puestos de comida seleccionados en el barrio la catedral del centro de Bogotá.

Cabe resaltar, que la propuesta de investigación es de tipo mixta, ya que implica la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos. Adicional, se utiliza un método inductivo, ya que se caracterizará los factores técnicos que repercuten en el desarrollo del proyecto para su respectivo análisis partir de los estudios y experimentación. Para ello se establecen tres capítulos para alcanzar los objetivos propuestos.

En el primer capítulo, se establece el contexto actual, sobre los procesos de disposición de aceites usados, el marco económico de la industria de jabones que se pueden encontrar en el sector, y el marco teórico de los procesos químicos que se llevan a cabo.

Para ello, se utiliza fuentes de información secundarias, a través de las herramientas de búsqueda de la Universidad de América, como ScienceDirect, Springer Link, Virtual Pro, así como trabajos de investigación disponibles en recursos físicos y online de la web, como revistas científicas, periódicos, documentos oficiales de la organización o entidades públicas, informes técnicos y otros, con el objetivo de complementar los datos requeridos para la presente investigación. La búsqueda se segmento a través de las de las palabras claves del proyecto (jabón, aceite usado, reciclaje, saponificación, aceite vegetal), y seleccionados según la calidad de la información y la fuente de procedencia.

En el segundo capítulo, se caracteriza los puestos de comida seleccionados para el presente estudio, y se realiza la caracterización físico química de las muestras de aceites recolectadas. Para ello, se utiliza la fuente de información primaria a través de encuestas para obtener información sobre la disposición de aceites de las muestras recolectadas.

Se utilizó una encuesta transversal, las cuales se administran a una pequeña muestra de una población en un marco temporal reducido, ofreciendo al investigador un resumen rápido de la información que se requiere, siendo cortas y listas para responder y medir la opinión en una situación concreta.

La probación en cuestión, teniendo en cuenta la delimitación de la zona escogida en el proyecto, localidad la Candelaria -barrio la catedral, entre la calle 12 y 12b con carrera 7 (Carrera séptima No. 12-38), es de 15 puestos de comida, sin embargo, se seleccionó como muestra el 33,3% de la población, 5 puestos, siendo los que aceptaron suministrar el aceite después de su uso y la información requerida.

Se establecieron las preguntas de las encuestas por definición de los investigadores, con respuestas cerradas, ya que son más fáciles de cuantificar.

Así mismo, se realizarán pruebas en el laboratorio para determinar propiedades físicas, como el color, la densidad, índice de refracción, humedad y contenido de impurezas, y propiedades químicas como, el índice de acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación y índice de yodo. El establecimiento del tipo pruebas, se realizó en base a la bibliografía consultada, donde se identificó que las principales pruebas aplicadas en los aceites tienden a ser las mismas, en el desarrollo de trabajos similares del presente proyecto, como se observa en la figura 1.

**Figura 1.**

*Caracterización del aceite usado identificado en la bibliografía*

	<i>Desarrollo de una alternativa de producto utilizando aceites de cocina usados tratados por la empresa Greenfuel Colombia [15].</i>	<i>Reutilización de aceites de cocina usados en la producción de aceites epoxidados [16].</i>	<i>Exploración del proceso de tratamiento y limpieza de aceite usado de cocina para la producción de biodiesel [23].</i>
Densidad	x	x	
Índice de refracción	x		
Índice de yodo	x	x	
Índice de acidez	x	x	X
Índice de saponificación	x	x	X
Índice de peróxido	x		X
Contenido de humedad	x	x	X
Impurezas insolubles	x		

**Nota.** En el cuadro se describen los tipos de pruebas implementadas en la caracterización de los aceites usados en la bibliografía consultado.

Para el tercer capítulo, se establece los procedimientos y resultados realizados a escala de laboratorio, para la producción de tres tipos de jabones (jabón en barra, jabón líquido y jabón en pasta) a partir de aceites usados.

El procedimiento, se estableció mediante una exhaustiva recopilación bibliográfica, de la cual se tomó información del paso a paso, junto con los reactivos y aditivos para así plantear la elaboración del proceso de obtención de jabón a partir de aceite usado, con el objetivo de obtener los mejores rendimientos. Para ello, se tuvo en cuenta el método heurístico propuesto por Douglas, el cual es un procedimiento jerárquico heurístico para la síntesis de los procesos, descrito en términos de la jerarquía de decisiones, establecido en cinco niveles. [17]

- Nivel 1. En este parámetro se define si el proceso es discontinuo vs continuo. Para el presente caso, el procedimiento es discontinuo, teniendo en cuenta que se va a realizar a escala laboratorio por el alcance del proyecto.
- Nivel 2. Se consideran el número de corrientes, materias primas y productos, y su interrelación global, así mismo, los subproductos e inertes (la forma en que intervienen y el modo de recuperación o de eliminación). Teniendo en cuenta, que se van a realizar tres tipos de jabones, se busca utilizar reactivos que funcionen en los tres procesos, con el objetivo de dar mayor flexibilidad al procedimiento y disminuir costos para cuando se realice el estudio de la planta.
- Nivel 3. La recuperación y/o eliminación de componentes lleva a considerar la existencia de corrientes de recirculación, en este caso, en el proceso de saponificación, se puede recircular el aceite que no reacciona con la solución alcalina, en el caso del jabón sólido.
- Nivel 4. Generalmente las materias primas se recirculan al equipo en operación, los productos se recuperan y los subproductos se eliminan o recuperan en función de su cantidad e importancia. En proceso de filtración del aceite usado, en el que se busca separar las partículas sólidas presentes en el aceite, no se pueden recircular, por ende se debe realizar la disposición adecuada del residuo sólido.
- Nivel 5. Se busca optimizar el número de intercambiadores de calor y de servicios. Debido al alcance del proyecto, no se tuvo en cuenta la heurística al momento de establecer el procedimiento, se realizó el análisis del tipo de reacción de la saponificación, siendo una reacción espontánea y exotérmica.

Cabe resaltar, que el texto principal fue de la guía de laboratorio de química orgánica primera edición de la Universidad de Antioquia, de donde se tomó como referencia las cantidades exactas de los reactivos para la obtención del producto [18].

Adicional, se establece el proceso teniendo en cuenta que la saponificación en caliente es el más idóneo para llevar a cabo, ya que al someter la reacción a una fuente de calor, la acelera, permitiendo obtener el jabón en un menor tiempo. Por otra parte, una vez finalizado el proceso de saponificación, el producto se encuentra listo, y no es necesario curar el jabón.

Finalmente, se determina el análisis financiero por medio de indicadores económicos, coste promedio ponderado del capital (WACC), tasa interna de retorno (TIR), Costo/Beneficio (CB), y valor presente neto (VPN), para identificar la viabilidad del proyecto, con la finalidad de estudiar a futuro la posibilidad de emprender un modelo de negocio a largo plazo cuyo producto sean jabones artesanales a partir del aceite usado.

## 1. CONTEXTUALIZACIÓN

Los aceites de cocina usados, son grasas de origen animal o vegetal, los cuales son utilizados para cocción de alimentos en el ámbito doméstico, centros e instituciones, hostelería, restauración y análogos, donde el consumidor los desecha después de su uso [19].

En Colombia, se estima que son consumidos alrededor de 162 millones de litros de aceite cada año, según informe del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Si bien, el aceite de cocina usado no se considerado un residuo peligroso, el uso inadecuado manejo de estos aceites, genera una gran problemática ambiental cuando se es dispuesto de manera inadecuada, debido a que genera contaminación en el agua y suelo [20].

### 1.1 Generalidades de aceite de cocina y aceite cocina usados

#### 1.1.1 Aceites Vegetales

Entre los aceites indispensables para el ser humano, se pueden encontrar el ácido linoleico, y el linolénico, así como otros menos esenciales , como el ácido láurico, el ácido palmítico y el oleico , los cuales están presentes en todos los aceites vegetales, que se consumen alrededor del mundo [21].

Los más comunes se puede encontrar el aceite de girasol, el aceite de palma, el aceite de soya, oliva, entre otros, los cuales tienen múltiples usos. En la tabla 1, se puede identificar las composiciones de los ácidos grasos presente en los principales aceites utilizados en el proceso de fritura [22].

**Tabla 1.**

*Composición ácidos grasos en aceites para fritura.*

	<b>Saturados</b>	<b>Monoinsaturados</b>	<b>Poliinsaturados</b>	<b>Trans</b>
Palma	49,30	37,00	9,30	SRD
Soya	15,65	22,78	57,74	0,53
Canola	7,36	63,27	28,14	0,39
Girasol	9,00	57,33	28,96	0,21
Oliva	12,81	72,96	10,52	SRD
Maíz	12,94	26,57	54,67	0,28

**Nota.** En la tabla se establece la composición de ácidos grasos según el tipo de aceite. Tomado de A. A. C. S. Hurtado, «*La fritura de los alimentos: el aceite de fritura,*» Perspectivas en nutrición humana, vol. 11, p. 1, 2009.

Los aceites y las grasas se relacionan comúnmente en función de su composición química, ya que químicamente son lo mismo, pero su apariencia física es diferente. Si la mezcla es sólida o pastosa a temperatura ambiente ( $^{\circ}20C$ ), es una grasa, pero si por el contrario es líquida a temperatura ambiente ( $^{\circ}20C$ ), es un aceite [22].

Los aceites vegetales se componen principalmente de triésteres de ácidos grasos y glicerol llamados "triglicéridos" (reacción de ácidos grasos y triésteres). Están compuestos por un 95% de triglicéridos y un 5% de ácidos grasos libres (esteroles, ceras y otros componentes menores) [23]

Los aceites mencionados anteriormente, se refieren a una sustancia de gran importancia biológica denominada lípidos, cuya composición varía considerablemente según su fuente de origen, en cuanto al aporte de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. También difieren en cuanto al aporte de ácidos grasos omega-6 y ácidos grasos omega-3, esto varía dependiendo del tipo de aceite, el proceso de maduración del fruto, grado de germinación de las semillas, condiciones ambientales y otros [24]

Los lípidos son pequeñas moléculas hidrófobas o anfipáticas, las cuales se originan completamente o en parte, a través de condensaciones de tioésteres o unidades de isopreno. El sistema de clasificación de los lípidos permite catalogar los lípidos y sus propiedades siguiendo las pautas con otra base de datos. Como se observa en la figura 2, los lípidos de los tejidos biológicos se clasifican en ocho categorías [25]

**Figura 2.**

*Categorías de lípidos y ejemplos típicos*

Categoría	Ejemplo
Ácidos Grasos	Ácido Oleico
Glicerolípidos	Triglicérido
Glicerofosfolípidos	Fotidilcolina
Esfingolípidos	Esfingosina
Esteroles	Colesterol
Isoprenoides	Farnesol
Glucolípidos	UDP-3-O-(3 hidroximéteradecanoil)-N-acetil glucosamina
Policétidos	Aflatoxina

**Nota.** En el cuadro se identifican los tipos de lípidos con sus respectivos ejemplos. Tomada de Fundación Iberoamericana de nutrición, «*Grasas y ácidos grasos en nutrición humana*» Ginebra, 2008.

En este caso, el lípido de mayor importancia en el aceite son los ácidos grasos, los cuales constituyen los principales componentes los lípidos, siendo indispensables en la nutrición humana como fuente de energía y para cumplir con funciones de carácter metabólico y/o estructural.

Los ácidos grasos de la dieta más comunes, se clasifican según el grado de insaturación.

- a. Ácidos grasos saturados (SFA). No poseen dobles enlaces, presentan la fórmula general R-COOH. Se clasifican además en cuatro subgrupos según la longitud de su cadena (corta, media, larga o muy larga)
- b. Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA). Poseen un doble enlace, en la naturaleza existen más de un centenar de MUFA cis, pero la mayoría son componentes poco comunes. El ácido oleico (OA) es el MUFA más común y está presente en cantidades considerables en fuentes tanto de origen animal como vegetal.
- c. Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA). Poseen dos o más dobles enlaces [25].

Por otra parte, a nivel industrial se puede utilizar una variedad de procesos físicos para extraer aceites vegetales de diferentes matrices vegetales, como la extracción mecánica o por solventes.

- a. La extracción sólido-líquido, o extracción con solventes. Es el proceso de separar los compuestos antioxidantes de los residuos sólidos. Para obtener un extracto concentrado, estos residuos deben eliminarse mediante disolventes. Este proceso requiere prensas y tornillos para macerar el material vegetal con el fin de reducir el tamaño de partícula, y un solvente que permita la extracción. Los solventes comunes en este proceso son agua acidificada, etanol, metanol, isopropanol, ciclohexano, tolueno, acetato de etilo, acetona, cloroformo y hexano, que es el más utilizado.

A pesar de que las técnicas de solubilidad aumentan el rendimiento del proceso, este método es inseguro debido a la toxicidad de los solventes utilizados, ya que algunos son derivados del petróleo.

- b. La extracción mecánica. Consiste en el prensado de las semillas la cual se realiza con molinos, martillos, cilindros o espolones. Este método usa presión externa para romper las estructuras de la planta y así obtener no solo el aceite de la semilla sino también el contenido de proteína y algunos carbohidratos complejos. Se considera uno de los métodos más eficientes, especialmente para producir aceites para consumo humano [26].

Además del uso en alimentos, los aceites obtenidos de vegetales también se utilizan en la fabricación de jabones, productos para la piel, velas, producción de biodiesel, perfumes y lubricantes, entre otros.

- a. Proceso de tratamiento para el aceite vegetal. El desgomado, la neutralización y el blanqueo son los procesos unitarios utilizados para purificar y eliminar las impurezas presentes en el aceite usado.
- b. Desgomado. El proceso de desgomado consiste en eliminar los sólidos en suspensión, así como las impurezas insolubles del aceite que al hidratarse se vuelven

solubles y luego pueden ser eliminados, existiendo dos tipos de desgomado. El primer método de desgomado consiste en hidratar las impurezas, que forman geles con una gravedad específica mayor que el aceite, que luego se eliminan por centrifugación o sedimentación; y el segundo enfoque consiste en agregar ácidos concentrados al aceite que ayudan a precipitar las gomas que no se pueden hidratar.

- c. Neutralización: Como resultado de este proceso, se reducen los ácidos grasos libres. La versión más común de este proceso utiliza hidróxido de sodio para neutralizar los ácidos grasos libres mediante la formación de jabones, y luego el jabón se elimina de la solución mediante centrifugación. La cantidad de hidróxido de sodio depende de la cantidad de ácidos grasos libres que el aceite contenga por lo que se emplea la siguiente fórmula.

Ecuación 1.

*Cálculo de tratamiento con hidróxido de sodio*

$$\text{Tratamiento (\% en peso)} = \frac{(0.142 * (\% \text{ácidos grasos libres}) + \text{exceso})}{\left(\frac{\% \text{concentración NaOH}}{100}\right)}$$

- d. Blanqueo. El blanqueo se refiere al proceso de descomponer los compuestos oxidantes de los aceites que pueden promover la oxidación. El método más común de blanqueo es por adsorción, que implica el uso de materiales como arcillas activadas, carbón activado y tierra de diatomeas que adsorben metales traza y partículas coloreadas como la clorofila. [27]

Finalmente, con el paso del tiempo se han ido conociendo nuevas técnicas de aplicación que han convertido al aceite vegetal en un producto que no sólo se utiliza para cocinar sino también para otros fines, además existe una amplia gama de aceites vegetales que presentan diferentes propiedades y beneficios en función de su composición, no obstante, su consumo queda a criterio del consumidor de acuerdo a sus preferencias, necesidades y gustos.

- a. Aceite de oliva. Uno de los aceites más representativos en la gastronomía es el aceite de oliva, conocido por los beneficios nutricionales que aporta. Sus diferentes tipos de aceite de oliva se distinguen por el sabor y proceso de elaboración, que pueden ser utilizados como condimento en ensaladas, cocciones y frituras, embutidos y conservas de pescado.
- b. Aceite de palma. Por su balance entre grasas saturadas e insaturadas el aceite de palma tiene características únicas que lo hacen ideal para cocinar, además de freír alimentos se utiliza para preparar salsas y aderezos, margarinas, manteca de cacao, cremas de avellana, pastelería y repostería.
- c. Aceite de coco. Este aceite es sólido a temperatura ambiente, tiene un gran sabor y aroma, actualmente está de moda por sus beneficios para la salud, a diferencia de muchos otros, se destaca como sustituto de la mantequilla, además de agregar crocancia a galletas, barras y dulces.
- d. Aceite de soja. En el sector alimentario, el aceite de soja es uno de los más consumidos; se usa en frituras, comidas rápidas, mezclas para panadería, mezclas de aceite, productos para hornear y mayonesa, entre otras cosas. [28] [29]

### **1.1.2 Aceite de cocina usado (ACU)**

Actualmente se consumen aproximadamente 850.000 toneladas de aceite, que de acuerdo con los actuales hábitos culinarios y de consumo, se estima que pueden generarse hasta 150 millones de litros anuales de aceite vegetal usado [30]. En la mayoría de los casos, los aceites vegetales se reutilizan después de haber sido utilizados en los procesos de cocción de hogares, restaurantes, hoteles, freidoras, industrias de procesamiento de alimentos, etc.

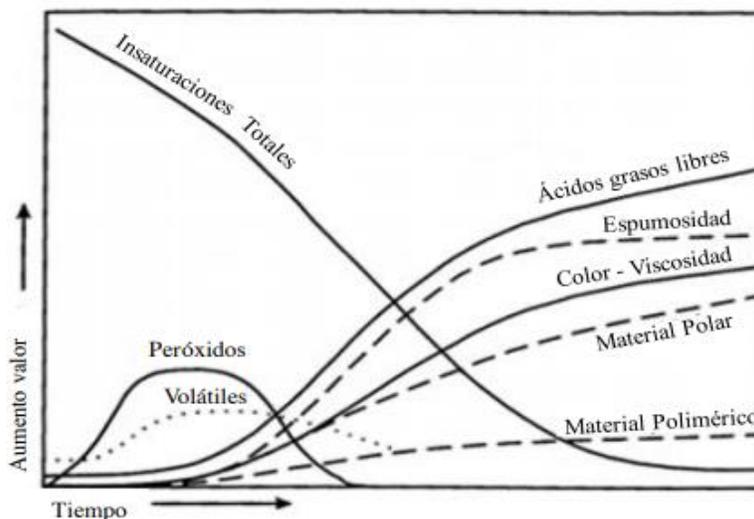
Por lo regular, los aceites se calientan de 160°C a 180°C, esto varía dependiendo el tipo de aceite que se use, ya que depende del tipo y cantidad de ácidos grasos que contengan. Si los aceites se exponen a altas temperaturas, ya no son aptos para ser empleados en procesos de fritura debido a sus condiciones físicas y químicas, debido a que su reutilización no controlada, genera cambios paulatinos tanto en su composición

como en sus propiedades organolépticas que repercuten en la calidad de los alimentos [31].

A diferencia de los aceites con alto contenido de ácidos grasos insaturados como el aceite de oliva o el aceite de soja, los aceites bajos en ácidos grasos insaturados como el aceite de palma son más estables, y la temperatura es un factor clave que influye en las alteraciones que sufre cuando se expone a altas temperaturas y se reutiliza, alteraciones tales como, oxidación del aceite, liberación de ácidos grasos por medio de hidrólisis y descomposición térmica, polimerización y formación de compuestos anillados, como se observa en la figura 3, en la que se puede identificar variación de peróxido, material polimérico, material polar, ácidos grasos libres, espumabilidad, instauraciones, color, viscosidad y demás propiedades que afectan al aceite [15].

**Figura 3.**

*Cambio de propiedades del aceite durante el proceso de fritura*



**Nota.** La grafica establece el cambio de las propiedades del aceite con el paso del tiempo durante los procesos de fritura, tomado de [15].

La degradación química por efecto de reacciones oxidativas, térmicas, e hidrolíticas, se pueden observar en la figura 4, donde, el proceso inicia por reacciones de autooxidación a temperatura ambiente y en condiciones de almacenamiento.

Adicional, se da la termo-oxidación como producto del calentamiento a la temperatura de

fritura y el contacto con el aire. Así mismo, se produce la oligomerización de los compuestos oleaginosos, debido a la presencia de dobles enlaces en las cadenas del ácido graso, favorecido por la presencia del oxígeno y metales.

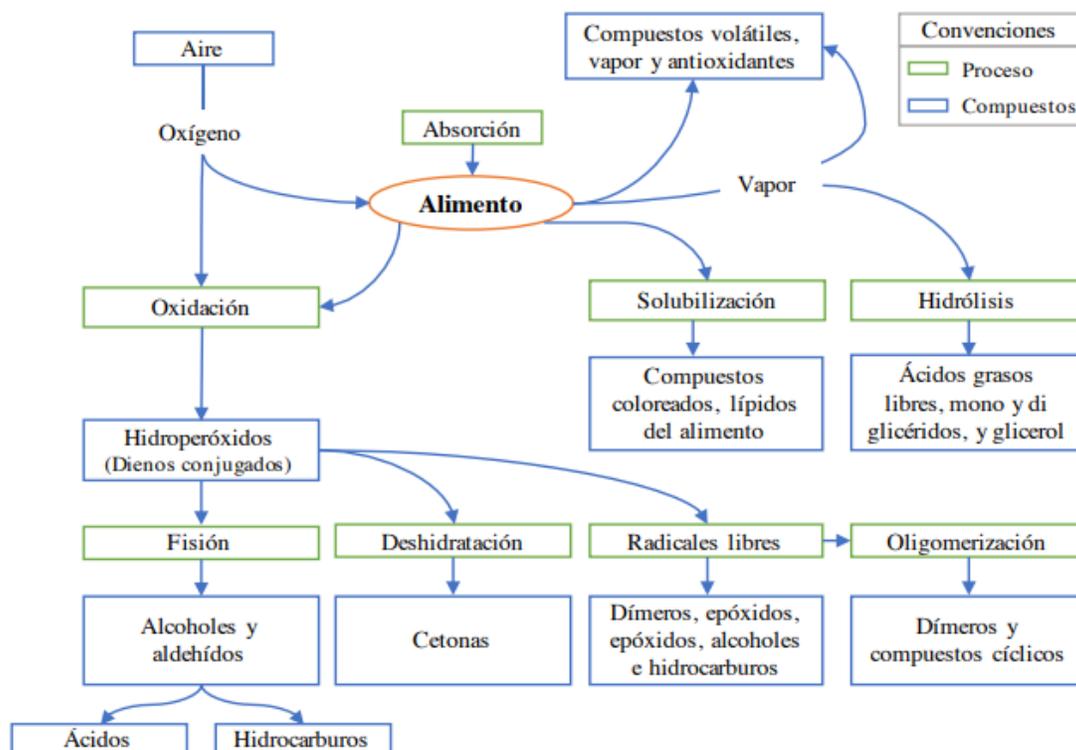
Como consecuencia de la oxidación en las insaturaciones presentes en los triglicéridos, se generan hidroperóxidos, los cuales sufren procesos de fisión, generando la aparición de compuestos polares como, alcoholes, aldehídos, ácidos carboxílicos e hidrocarburos, al tiempo que se generan cetonas por deshidratación.

Por otra parte, durante el proceso de oxidación se forman algunos radicales libres que dan inicio a reacciones de polimerización, produciendo dímeros y oligómeros por la desestabilización del enlace éster de los lípidos. En el caso de presentar oxidación excesiva, se da la formación de dímeros y oligómeros acíclicos y cíclicos.

Finalmente, y debido al contenido de humedad en los alimentos, se presentan reacciones hidrolíticas. Como nucleófilo débil, el agua, ataca el enlace éster de triglicéridos formando ácidos grasos libres, mono y di glicéridos, y glicerol. Estos productos aportan polaridad a la mezcla, lo que aumenta la capacidad para retener agua [16]

**Figura 4.**

*Reacciones de degradación del aceite durante el proceso de fritura*



**Nota.** En el diagrama se establece el tipo de reacciones que se generan en el proceso de fritura con sus respectivos productos. Tomado de L. A. R. Vija, Artist, “Reutilización de aceites de cocina usados en la producción de aceites epoxiados” [Art]. Universidad nacional de Colombia, 2018.

A continuación se exponen, las tres principales reacciones identificadas durante el proceso de degradación del aceite.

- a. Oxidación. Las reacciones se producen por oxidación de los ácidos grasos insaturados de los triglicéridos, donde el oxígeno del aire reacciona con el aceite y ataca sus dobles enlaces creando compuestos intermedios inestables llamados hidroperóxidos y peróxidos que oscurecen, aumentan la viscosidad, forman espuma, producen sabores desagradables y olores. Este proceso de oxidación es un proceso lento sin embargo a altas temperaturas este proceso se hace más rápido [27].

- b. Polimerización. Como resultado de la autooxidación, los hidroperóxidos formados se descomponen y se convierten en compuestos de bajo peso molecular, lo que favorece la formación de compuestos dimétricos para formar oligómeros de mayor peso molecular. Además, la polimerización provoca el espesamiento del aceite y la formación de un residuo marrón en la superficie de la freidora [32].
- c. Hidrólisis. Durante la fritura, el vapor de agua de los alimentos reacciona con los triglicéridos, liberando ácidos grasos libres, monoglicéridos, diglicéridos y glicerol. Además, las metilcetonas y lactonas también pueden aumentar la acidez del aceite, lo que produce olores y sabores desagradables [27]

Por otra parte, existen 5 fases del aceite usado de cocina, que mencionan Ruber y Gutiérrez, como se observa en la tabla 2 [33].

**Tabla 2.**

*Fases del aceite usado de cocina*

No. Fase	Fase	Descripción
1	Aceite inicial	Aceite nuevo, no presenta productos de degradación ni contaminantes
2	Aceite Fresco	La acidez del aceite empieza a incrementarse. Se da en procesos de fritura y dura aproximadamente 5 minutos
3	Aceite Optimo	Se empieza a formar espuma que favorece la oxidación empieza y terminar entre los 5-15 min
4	Aceite degradado	Aparición de sustancias contaminantes, aquí los niveles de hidrolisis y oxidación son elevados
5	Aceite descartado	Aparecen sabores y olores anómalos, disminuye el punto de humo

**Nota.** En la tabla se exponen las cinco fases del aceite de cocina que se pueden identificar en la industria. Elaboración propia de los autores, basado en E. Ruber y G. Juan, Artists, “Formación de hidrocarburos aromaticos policíclicosy del 3.4-benzopireno en aceites comestibles alterados por recalentamiento” [Art]. Universidad nacional mayor de san marcos, 2002.

Finalmente, se analizan diversas aplicaciones de aceite de cocina usado, que se pueden encontrar en la industria, con el objetivo de reutilizar el residuo.

- a. Biodiesel. El biodiesel es un biocombustible o biocarburante líquido derivado de aceites vegetales y grasas animales, siendo la soja, la colza y el girasol las principales materias primas utilizadas a nivel mundial para este fin.

Como parte del proceso de obtención del biodiesel, se combina aceite vegetal con alcohol (metanol), así como un catalizador (NaOH) (KOH), que sirve como acelerador. El proceso químico utilizado para esta producción es la transesterificación, donde los triglicéridos se convierten en diglicéridos, monoglicéridos y glicerina; Se utiliza inicialmente un reactor, antes del cual se deben agitar los fluidos hasta formar una mezcla correcta. Posteriormente, el proceso pasa por fases de separación, purificación y estabilización. Dado que es convencional y simple, el biodiesel generalmente se produce utilizando el método por "batch", también conocido como "por lotes" [34].

- b. Velas. Son las opciones de decoración más usuales y además fantásticas para cualquier espacio, no obstante, la mayoría de ellas están hechas a base de parafina, que es un derivado del petróleo, por lo tanto, es perjudicial para el medio ambiente y para la salud, por ser un combustible fósil cancerígeno [35].

Como resultado de hacer velas con agua y aceite, se produce un humo que afecta no solo a las personas con problemas respiratorios, sino también a las mascotas, el hollín negro es una sustancia peligrosa que puede dañar paredes y muebles, y debido a que estas velas no suelen consumirse por completo, se genera una cantidad considerable de residuos sólidos tóxicos no biodegradables. En comparación con las velas de parafina, las velas de aceite vegetal son más económicas y una mejor alternativa para el medio ambiente, ya que no emiten ningún tóxico al aire, suelen durar entre dos y tres veces más, no generan residuos, no ensucian superficies y son fáciles de limpiar [36].

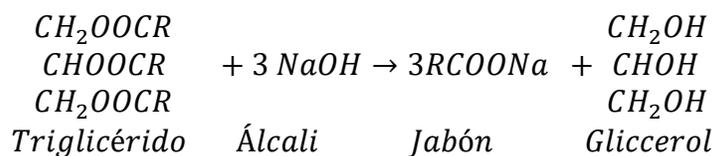
- c. Jabón. Es un agente limpiador o detergente que se fabrica utilizando grasas animales o aceites vegetales además es soluble en agua y es empleado en productos destinados para higiene personal y aseos de determinados objetos.

Como sustancia química, el jabón es la sal sódica o potásica de un ácido graso, que se obtiene por hidrólisis alcalina de ésteres en materiales grasos; si una grasa se

desdobla con un álcali en lugar de agua, entonces se genera glicerina y una sal alcalina o jabón con el ácido graso; este proceso se llama saponificación, dado por la reacción que se observa en la ecuación 2. [37].

**Ecuación 2.**

*Reacción general de saponificación*



El ion base (Na+ o K+) separa los ácidos grasos adheridos al glicerol, y así es como los ácidos grasos libres recién creados se unen al sodio o al potasio para formar la molécula de jabón.

Los álcalis más utilizados en la saponificación, son el hidróxido de sodio (sosa cáustica) y el hidróxido de potasio (potasa cáustica). Ahora bien, si la saponificación se realiza con sosa, se obtienen jabones sódicos (jabones duros), que son sólidos y muy utilizados en el hogar pero si por el contrario, la saponificación se hace con potasa caustica, se obtendrán jabones de potasio (jabones blandos), que son de consistencia líquida. [37]

**1.2 Contexto de industrias recolectoras de aceite usado**

En la actualidad, se presentan varios estudios que nacen de la problemática del uso inadecuado de aceites usados, ya que, trae consigo amenazas de contaminación a las fuentes hídricas y suelos, por lo tanto, se han generado iniciativas sostenibles cuyo objetivo es prever y reducir el impacto ambiental [38].

En el mundo, países como España, Argentina y Colombia, han implementado estrategias que ayuden a disminuir el impacto generado por la mala disposición de aceite, uno de ellos son los diversos sistemas de recolección para su posterior aprovechamiento.

En el continente Europeo, el gobierno de España incluye a través de la “ley 22/2011, del 28 de julio de residuos y suelos contaminados”, la regeneración o reutilización de aceites usados en donde incluyen todos los aceites minerales o sintéticos, industriales o de lubricación que hayan dejado de ser aprovechables para su uso original, impulsando a los ciudadanos a tener compromiso de reciclar aceite usado, con el objeto de normalizar la gestión de los residuos a través de medidas que prevengan su generación y disminuyan el impacto ambiental [38].

Un punto de referencia, es la organización española Getafe, donde un grupo de personas desarrollan proyectos de recolección de aceite usado de cocina de manera gratuita, por medio de dos sistemas. El primer sistema consiste en ir a los hogares de la comunidad puerta a puerta durante la semana, obteniendo resultados de recolección de hasta 10.000 y 12.000 litros de aceite usado en un plazo de dos meses, y un segundo sistema, un proyecto similar al “punto limpio”, el cual consiste en recolectar aceite a por medio de puntos fijos de la ciudad, donde las personas deben acercarse, recibiendo en un año entre 28.000 y 10.000 litros aproximadamente. Con estas iniciativas *“se lograron recoger 35.430 litros en domicilios y 2.387 litros en establecimientos como bares y cafeterías, y, asimismo, Getafe logró rebajar la presencia del aceite y las grasas en su red de saneamiento en un 20%”* [39].

En Argentina, desde el año 2009, el país cuenta con la ley Nro. 1366, “Regulación, Control y Gestión de Aceites Vegetales, Grasas de fritura usados”, en la que se prohíbe totalmente el vertimiento de los aceites y grasas luego de la primera fritura en alcantarillas, sumideros y suelos, con la finalidad de prevenir la contaminación y preservar la salud y ambiente, además de promover el desarrollo de empresas encargadas en reciclar el aceite, para generar productos no alimenticios.

Permitiendo la creación de iniciativas de aprovechamiento, como lo es el caso de la idea que propone la Fundación Social Nest, para el desarrollo de una fábrica de jabón en Argentina, mediante la creación de una máquina ecológica que tiene como finalidad convertir el aceite de cocina usado en jabón. El proceso consiste hacer pasar el aceite

por un filtro para añadir 80gr de soda acústica y medio litro de agua, posterior a esto se debe esperar 75 minutos para que el instrumento lo vierta en el molde y 48 horas para ser desmoldado. La recolección de la materia prima se lleva a cabo a través de diferentes puntos verdes móviles, en los cuales las personas se acercan no sólo para depositar aceite de cocina usado, si no también pilas, baterías, etc. Una vez recolectado el aceite lo transportan y envían a plantas operadoras para su posterior transformación [40].

Por otra parte, a nivel Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible publicó en el año 2018, una nueva normativa para que los ciudadanos encargados de la gestión del aceite usado de cocina, cumplan con los nuevos lineamientos de mantener un orden y establecer puntos de recolección para este residuo [41].

Siendo importante traer como referente a las empresas colombianas dedicadas a esta labor, como es el caso Ecogras, organización ubicada en Medellín, que tiene como propósito realizar campañas que incentiven y cree conciencia a los ciudadanos sobre las consecuencias que genera el desechar el aceite por las tuberías, visitando puerta a puerta a comunidades en Medellín, para incentivar a los habitantes a que lleven en botellas el aceite usado a contenedores de Ecogras ubicados en puntos fijos en la ciudad, y ellos se encargan del proceso de transformación para la producción de biodiesel [42].

En la capital, encontramos a empresas como Recoils S.A.S, encargada de recolectar, almacenar y hacer el correspondiente pre tratamiento al aceite vegetal que recolectan en restaurantes de cadenas e industrias, de esta manera logran implementar un servicio que ayuda a comprender a los usuarios el impacto ambiental que puede causar el inadecuado uso de este.

Cabe resaltar, en el año 2019, nacieron iniciativas similares por parte del acueducto de Bogotá con el apoyo de la secretaria distrital de ambiente, con el objetivo de crear conciencia a los ciudadanos sobre la buena disposición de los residuos, e instalaron contenedores en 23 puntos estratégicos de la ciudad, para que los usuarios puedan

depositar el aceite de cocina usado, utilizado especialmente en supermercados, alcaldías locales y entidades públicas [43].

### 1.3 Contexto industria del jabón

El aislamiento a causa de las restricciones sociales generadas por la pandemia, se tradujo para la sociedad en invertir su tiempo en las labores de limpieza y desinfección, teniendo en cuenta la problemática de bioseguridad existente, reflejándose en un aumento de 11% en el gasto de productos de aseo del hogar, con una factura promedio de compra de \$8.235 versus \$7.426 registrado en el año 2019 [44].

Según la Cámara de Industria y Comercio y aseo Andi de Colombia, las personas redujeron sus visitas a los puntos de venta en 2020, sin embargo, las personas gastaron más dinero y aumentaron en 7% en el número de productos en cada compra, e incentivando el crecimiento del sector como se evidencia en la figura 5.

**Figura 5.**

*Impacto de la pandemia en los productos del hogar.*



**Nota.** Tamaño del mercado de aseo del año 2019 al año 2020. Tomado de S. S. Cardenas, «*Pandemia hizo que gasto en productos de aseo para el hogar aumentara 11% en 2022*» La república, 04 Marzo 2021.

Por ende, genero grandes beneficios económicos a los productores de jabones y detergentes, fabricados principalmente por grandes multinacionales como Colgate-Palmolive, Unilever, Johnson & Johnson, Procter&Gamble, y la única empresa

Colombiana Detergentes Ltda. – Dersa que compite con las multinacionales extranjeras [45].

### **1.3.1 Principales industrias productoras de jabón en Colombia**

- Colgate-Palmolive: Multinacional Estadounidense, es la dueña de populares marcas como Ajax, Fabuloso, Axion, Protex y Palmolive. Nació en 1928 como resultado de la fusión de dos empresas. En el año 1866 aterrizó en Colombia a través de terceros que importaban sus productos, y en 1943 abrió operaciones en Cartagena. A mediados de siglo pasado, instaló en la ciudad de Cali su planta por la cercanía con el puerto de Buenaventura, fabricando en esta planta aproximadamente el 80 % de los productos que se venden en la región. Hace nueve años Colgate-Palmolive le vendió su negocio de detergentes a la inglesa Unilever, quedándose esta con las marcas Fab, Vel y Lavomatic [45].
- Unilever: Fundada en Cali a comienzos del siglo XX, a raíz de la fusión entre la compañía holandesa Margarinas UNIE y la compañía británica Lever Brothers, haciéndose a productos estrella como Coco Varela y Barrigón. En 2017 continuó su expansión en Colombia y adquirió el portafolio de cuidado personal y del hogar de Quila con productos como Savital/Savilé, Bio-Expert, Fortident y Aromatel. Adicional a estos, produce marcas de jabones de lavar como Puro y Elefante, más jabones de cuidado personal como Dove, Lux, Sedal y Rexona [46].
- Johnson & Johnson : Nació en 1886 en New Brunswick, Estados Unidos, como una compañía para el cuidado de la salud. Hoy es la compañía más grande y diversificada del mundo en el campo de la salud con sectores independientes: consumo en cuidado de la salud, equipos médicos y sector farmacéutico [45].

A Colombia llegaron hace más de medio siglo, e instalaron su planta de manufactura en Cali, donde se provee a toda Latinoamérica en el segmento de consumo: cuidado del bebé, salud oral, cuidado de piel y protección femenina. En el sector jabones y anti-bacteriales maneja las marcas Neutrogena, Neko y Johnson.

- Procter&Gamble: La norteamericana, fue fundada en 1837 por inmigrantes del Reino Unido, fabricante de varios productos para la salud, cuidado personal e higiene, en jabones. Sus marcas más conocidas son, Ariel, Tide, Cascade, Salvo, Head & Shoulders, Pantene, jabones Ivory y Olay. En el país cuentan con una planta de producción y exportación de detergentes en Medellín [47].
- Detergentes Ltda – Dersa; Inicio en el año 1964 comercializando jabones en barra para lavar, y con el transcurso de los años, comenzaron a desarrollar productos de limpieza y aseo como detergentes en polvo y líquidos, jabones de tocador, limpiadores abrasivos, crema lavalozza y productos industriales. Su planta principal queda en la ciudad de Bogotá [45].

### **1.3.2 Proceso de elaboración de jabón**

Los principales métodos de obtención de jabón son el proceso en frío o CP (Cold process) y el proceso en caliente o HP (Hot process), los dos presentan saponificación directa como reacción principal, aunque con algunas diferencias. El jabón en frío es más común en la producción de jabón artesanal porque es más fácil de realizar mientras que el jabón en caliente es técnicamente más complicado y requiere temperaturas más altas, pero por otro lado permite recuperar productos que no han sido procesados al fundirlos y reutilizarlos, por lo que es más común en la producción industrial de jabón natural [37].

Se identifica, tres métodos existentes básicos aplicados industrialmente para la producción de jabón, entre ellos se destaca el proceso en frío, proceso en caliente y proceso semi-hervido, a través de cinco pasos principales, tratamiento del aceite, saponificación, eliminación de glicerina, purificación de jabón y acabado.

- a. Proceso en frío. En el proceso en frío el jabón se saponifica a temperatura ambiente, sin embargo, la eliminación de residuos producidos no está incluida en el proceso. El proceso en frío es el proceso por lotes más elemental.

La mayoría de los fabricantes de jabones artesanales, prefieren el proceso de saponificación en frío debido a la estética mejorada del producto terminado, teniendo

en cuenta, el potencial en la retención de antioxidantes, la fragancia de los aceites esenciales y las flexibilidades creativas. Este proceso, utiliza el calor generado por la combinación de los ácidos grasos en los aceites y grasas, derretidos con hidróxido de sodio [48].

En este caso, la mezcla se mantiene en agitación vigorosa durante aproximadamente dos horas, donde generalmente se agregan los colorantes, perfumes y aditivos. Cuando la mayor parte de la mezcla se ha solidificado, se retira el jabón crudo y se vierte en marcos de enfriamiento [49].

- b. Proceso en Caliente. En el proceso en caliente, la reacción de saponificación suele tener lugar a temperaturas de hasta 100 °C, permitiendo la producción de una amplia gama de jabones, desde jabones domésticos básicos hasta jabones de tocador de alta calidad. Cabe resaltar, que es un método perfecto para la fabricación de jabón en lotes grandes de producción [48].

En la figura 6, se realiza un comparativo, entre los dos principales procesos de producción de Jabón.

**Figura 6.**

*Proceso frío vs proceso en caliente*

	<b>Proceso en Frío</b>	<b>Proceso en Caliente</b>
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso rápido</li> <li>- El producto es suave y cremoso</li> <li>- Proceso menos costoso</li> <li>- Fácil de crear jabones elegantes con remolinos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantiene fragancias añadidas</li> <li>- Se puede hacer jabón transparente o líquido</li> <li>- No requiere tiempo de curado</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere varias semanas para curar</li> <li>- Requiere medidas exactas</li> <li>- Se endurece repentinamente</li> <li>- Puede cambiar las fragancias añadidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El jabón no dura mucho</li> <li>- Un proceso más largo que requiere más tiempo que el proceso en frío</li> <li>- Riesgo de burbujas de aire en las barras de jabón</li> </ul>

**Nota.** En el cuadro se describen las ventajas y desventajas del proceso de saponificación en frío vs caliente. Con base en C. School, “*Industrial and Domestic Soap Production and Manufacturing Process*” [En línea]. Disponible: <https://www.chemistryscl.com/industrial/soap-production-manufacturing-process-saponification/index.php>. [Último acceso: 01 Noviembre 2022].

### **1.3.3 Tipos de jabón**

En la actualidad se dispone de una gran variedad de jabones, que son utilizados en el día a día de la sociedad, influenciados no solo por su olor o aspecto, sino también, por las propiedades químicas y físicas que benefician el medio ambiente, la salud de los consumidores, entre otros. A continuación, se enuncian dos tipos de jabones que se pueden encontrar en el sector.

- a. Jabones industriales. Suelen fabricarse con maquinaria automatizada y semiautomatizada con una producción a grande escala, se producen con un proceso de fabricación en línea y utilizan mayoritariamente materiales químicos y pocas fuentes naturales. Suelen ser jabones de baja espuma, que tienen que ser complementados con ingredientes sintéticos y naturales para mejorar su calidad, tales como, la glicerina, el aceite de coco, el aceite mineral, la lanolina y los ácidos grasos libres, la función de este tipo de jabón es proteger la piel y reducir la cantidad de jabón que entra en contacto con la piel. Otra característica es su alto pH.
  
- b. Jabones artesanales. Para ser considerado natural, el jabón debe estar hecho a mano, con productos naturales incluidos, o no contener colorantes u otros químicos que irriten la piel. Adicionalmente, para que el jabón sea considerado natural, el 80% de sus materias primas e insumos deben ser seguros y no tóxicos para el consumidor [50].

Así mismo, los jabones pueden tener diferentes propiedades en función de los insumos utilizados en su fabricación. A continuación, se detallan algunas de las características que pueden tener [51];

- a. Jabones comunes. Estos jabones son sólidos y espumosos están elaborados con sebo oleoso y sodio o potasio, son aptos para todo tipo de pieles y, en algunas situaciones, pueden utilizarse para lavar el cabello.

- b. Jabones humectantes. La mayoría tienen en su composición aceites vegetales mientras que otros tienen cremas hidratantes o grasas enriquecidas con aceite de oliva, avellana y otros, son aptos para pieles secas o pieles dañadas por detergentes.
- c. Jabones suaves. Estos jabones tienen aguas termales en su composición lo que las hacen ideales para pieles sensibles
- e. Jabones líquidos. Si bien se presenta como una loción limpiadora, su efectividad puede variar y no todas son igual de efectivas.
- f. Jabones dermatológicos. Con estos jabones la piel no se descama, fueron diseñados para personas con piel que permanecen con molestias ya sea de manera permanente o estacional, o por apariciones ocasionales de irritaciones. Contienen agentes limpiadores sintéticos muy suaves que están potenciados con vegetales que ayudan a cerrar los poros, aliviando la irritación y previniendo la aparición de acné o puntos negros.
- g. Jabones de glicerina. En general, la glicerina es más duradera que los jabones habituales, son neutros y no suelen hidratar la piel, de hecho, pueden resecarla en alguna ocasión por lo que son recomendables para pieles grasas [51].

#### **1.3.4 Legislación Colombiana**

Cualquier tipo de empresa constituida en Colombia, se encuentra enmarcada en el contexto legal nacional con la normativa legal vigente que rige a la creación de empresas, la producción y comercialización de jabones. Por lo tanto, se expondrán algunas leyes nacionales y regionales que acobijan el presente proyecto.

En primer lugar, en el año 1990, se crea la ley 29 de ciencia y tecnología, modificada por la Ley 1286 de 2009, en la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Proporciona el escenario dentro del cual el estado se puede unir con particulares en los proyectos de investigación científica

y tecnológica. Es importante mencionar, que esta ley se desarrolla por el decreto 393 que dictamina las medidas de acción, el 591 que ajusta los contratos que produzcan las asociaciones y el 585 que crea el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [52]. Esta ley es impórtate, para el desarrollo de propuestas que permitan contribuir a la disminución del impacto ambiental, a través de la investigación científica y aprovechamiento de los residuos generados en la cadena productiva.

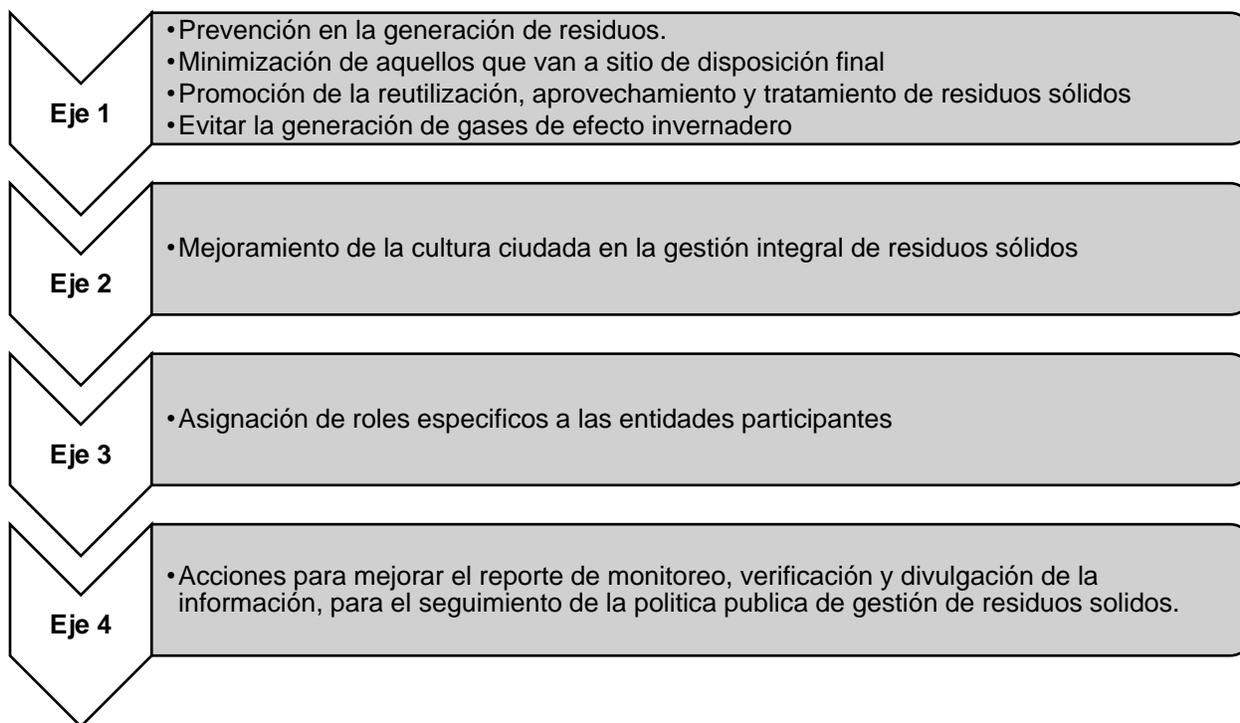
Por otra parte, de acuerdo con estudios técnicos adelantados por el Gobierno Nacional y siguiendo las últimas tendencias a nivel mundial, es necesario minimizar la generación de residuos peligrosos, a través del diseño de estrategias que permitan estabilizar o disminuir el impacto, sustituyendo este tipo de procesos de producción contaminantes, por procesos limpios a través de la innovación tecnológica y reciclaje.

En la normativa Colombiana, se encuentra la ley 2811 de 1974 y la ley 99 de 1993, en relación a la Gestión Integral de Residuos Sólidos, siendo el proceso en el cual, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico, a través del reciclaje, con fines a la generación de energía o cualquier otra modalidad que conlleve a beneficios ambientales y/o sociales [53]. Siendo relevante, para el presente proyecto, ya que se buscar dar alternativas para reutilización de un residuo sólido y de gran impacto ambiental como lo es el aceite usado.

Así mismo, se identifica la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, documento 3874 del 2016 del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) de Colombia, el cual propone el avance hacia la economía circular desde el sector de los residuos sólidos, siendo prioritario en la política pública [54]. El documento esta basado en 4 ejes fundamentales, como se puede observar en la figura 7.

**Figura 7.**

*Ejes estratégicos de la Política Nacional para la GIRS*



**Nota.** Con base en Consejo Nacional de Política Económica y Social, “Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos”, Colombia, 2016.

Es importante mencionar, que la Secretaría de Ambiente de la Alcaldía Mayor de Bogotá, establece las siguientes normativas;

- Acuerdo distrital 634 del 2015, en el cual se determinan las regulaciones para la generación, recolección y tratamiento o aprovechamiento adecuado del aceite vegetal usado. En la figura 8, se puede observar las principales disposiciones del acuerdo en mención [55].

## Figura 8.

*Disposiciones Acuerdo Distrital 631 del 2015*

<b>Disposiciones Acuerdo 634-2015 DE Bogotá D.C</b>
Registrarse ante la Secretaria Distrital de Ambiente
Los establecimientos son responsables del Aceite Vegetal Usado que generen, y tiene la obligación de que el residuo se desechado de manera adecuada.
Se debe entregar el Aceite Vegetal Usado únicamente a Gestores de Aceite, inscritos ante la Secretaria Distrital.
Exigir al transportador de Aceite Vegetal Usado la entrega del respectivo certificado de recolección.
Garantizar la identificación, rotulado y etiquetado del Aceite Vegetal Usado
El gestor debe contar con el certificado de transporte, gestión y aprovechamiento del Aceite Vegetal Usado generado
Los establecimientos deben entregar a la secretaria distrital de ambiente un informe, estableciendo la cantidad de residuos de aceite usado generado y entregado a las empresas recolectoras.

**Nota.** Elaboración propia de los autores, con base en S. J. Distrital, «Acuerdo 634 de 2015 Concejo de Bogotá D.C», 2015.

- Resolución 316 del 2018, en la cual se establece disposiciones sobre el aceite de cocina usado, en el que indica las condiciones de almacenamiento, aprovechamiento, distribución, y comercialización del aceite vegetal cocina (AVC) y aceite de cocina usado(ACU). [56]

Cabe mencionar, que dentro del actual Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2020, se incluyen los programas de residuos orgánicos, aprovechamiento e inclusión a los recicladores, definiendo actividades en resolución 1188.

Además, el aprovechamiento de material reciclable y residuos orgánicos está contemplado dentro de las metas en la Política de Ecurbanismo y Construcción Sostenible y las del Programa Cuidado y Mantenimiento del Ambiente Construido del Plan Distrital de Desarrollo de Bogotá D.C. [57]

Esta medida, se coordina entre las entidades encargadas de garantizar la prestación, coordinación, y control de los servicios de recolección, transporte y aprovechamiento de residuos y las empresas prestadoras de servicios públicos en el Distrito Capital. [57]

Por otra parte, teniendo en cuenta el tipo de producto seleccionado a producir, jabón, es necesario traer a colación la normatividad establecida en Colombia.

Inicialmente, se cuenta con la norma técnica 5131 del 2011, en la que se establece los criterios para productos limpiadores instruccionales, industriales y para uso doméstico, teniendo en cuenta que el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación (ICONTEC), tiene por objetivo brindar soporte, desarrollo al productor y protección al consumidor [58].

Adicional, se identifica la resolución 0689 del 03 de mayo del 2016, en la cual se adopta el reglamento técnico que establece los límites máximos de fosforo y biodegradabilidad permitidos de los tensos activos presentes en detergentes, jabones y se dictan otras disposiciones [59]. La resolución 1974 del 2008, aporta en establecer el reglamento técnico sobre los requisitos que se deben cumplir los detergentes polvos y limpiadores abrasivos de uso doméstico [60].

Es importante mencionar que el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), tiene por objetivo actuar como ente de referencia nacional en materia sanitaria y encargado de ejecutar políticas formuladas por el ministerio de Salud y protección social, establece la Resolución de 2013, en la cual determina el modelo de inspección, vigilancia y control sanitario para los productos de aseo y consumo humano. Sin embargo, el gobierno establece por medio del artículo 4 de la ley 399 de 1997, la lista donde refleja las tarifas para la asignación, seguimiento y renovación de códigos de notificación sanitaria para productos cosméticos y de aseo personal.

Cabe resaltar, que para comercializar cualquier producto cosmético en Colombia, se requiere una notificación sanitaria obligatoria, que es un código alfanúmero expedido por el INVIMA, y cumplir con los requisitos técnicos expedidos por el ente regulatorio, como se puede observar en la figura 9 [61].

**Figura 9.**

*Requisitos técnicos del INVIMA*

<b>Requisitos técnicos para productos nacionales cosméticos INVIMA</b>
Formula cualitativa básica en nomenclatura INCI
Formula cuantitativa para sustancias de uso restringido
Especificaciones organolépticas y fisicoquímicas
Especificaciones microbiológicas
Instrucciones de uso del producto
Precauciones del uso de los productos
Justificación de bondades
Proyecto de arte de etiqueta o rotulado
Material de envase primario

**Nota.** En el cuadro se describen los requisitos establecidos por el INVIMA, para la comercialización de productos cosméticos en el territorio Colombiano.

## 2. CARACTERIZACIÓN

### 2.1 Caracterización puestos de comida

El proceso de fritura es un punto crítico para la salud de las personas, debido a la importancia del manejo del aceite para alargar el tiempo de vida útil, y el criterio de cada uno de los consumidores para desecharlo, teniendo en cuenta que la ingesta de compuestos tóxicos formados durante este proceso, puede causar problemas en la salud como, irritación intestinal, incremento en el tamaño de algunos órganos, cáncer, aterosclerosis y retardo en el crecimiento de niños [22].

Algunos referentes bibliográficos, tenido en sus investigaciones por objeto identificar el tipo de alimentos que suelen fritar, número de veces de reutilización del aceite, tipo instrumento utilizado para la fritura, entre otras, para determinar algunas características en común del tipo de residuo que se puede generar en el sector.

Se ha observado que el tipo de alimentos que más se fritan, son los pre-fritos congelados y en segundo lugar, alimentos en estado fresco que son apanados como productos cárnicos. Sin embargo en Colombia, los buñuelos, empanadas, y plátanos verde o maduro, son unos de los más utilizados.

Los equipos más utilizados, son las freidoras comerciales de acero inoxidable y sartenes profundos de aluminio, en donde el aceite se utiliza hasta 30 veces, con una utilización diaria en promedio de 8 horas, no obstante en algunos casos se utiliza hasta agotar existencia, o se adiciona aceite nuevo sobre el aceite ya utilizado para reponer el consumo. Cabe resaltar, que el material de los recipientes puede generar un alto desprendimiento de hierro y níquel, favoreciendo a la oxidación del aceite por la presencia del metal [22].

Por ende, para el presente proyecto se realiza una breve caracterización de los puestos de comida que van a suministrar el aceite usado. Para ello se seleccionaron cinco

puestos de comida ubicados en la localidad la Candelaria, barrio la cathedral, entre la calle 12 y 12b con carrea 7 (Carrera séptima No. 12-38), como se observa en la figura 10.

**Figura 10.**

*Mapa ubicación puestos de comida*



**Nota.** En la figura se evidencia la zona de los puestos de comida. Tomado de Google Maps.

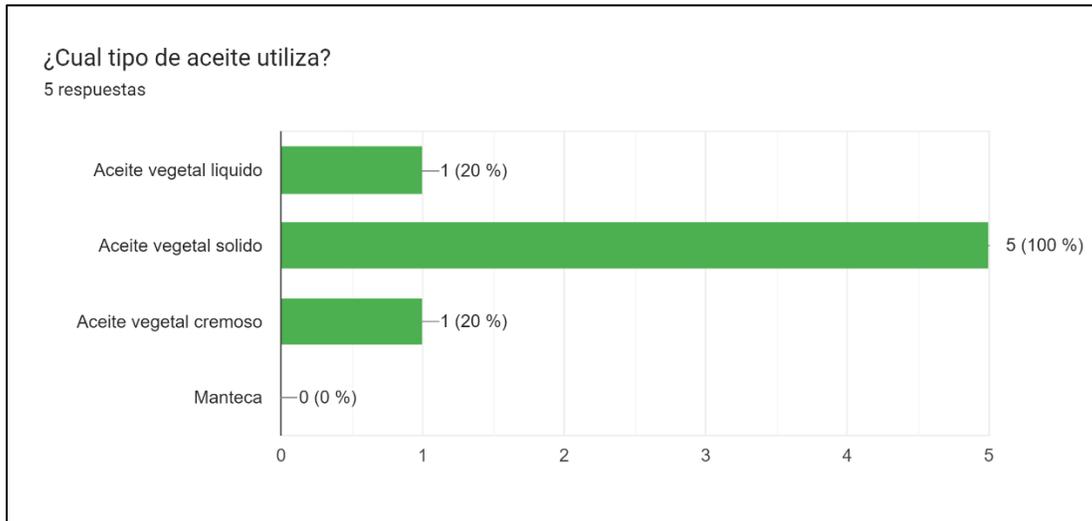
Por medio de entrevistas semiestructuradas con los representantes de los puestos, se logró recopilar la siguiente información, que permite tener un mejor acercamiento sobre el uso de los aceites que se van a recolectar en el presente proyecto.

Como se observa en la figura 11, el 100% de los puestos entrevistados utilizan aceite vegetal sólido. Este tipo de aceite, corresponde a la fracción sólida más saturada, utilizada en la industria alimenticia. Presenta, un alto contenido de glicéridos sólidos, resistente a procesos oxidativos [62].

Sin embargo, algunos puestos de comida llegan a utilizar hasta dos tipos de aceite, como el aceite vegetal líquido y cremoso. El aceite líquido, favorece los procesos de fritura debido a su contenido bajo de ácido linolénico, así como el aceite cremoso, el cual genera buenos rendimientos en el freído sin el habitual deterioro de la calidad como los aceites líquidos [62].

**Figura 11.**

*Grafica tipo de aceite por puesto*

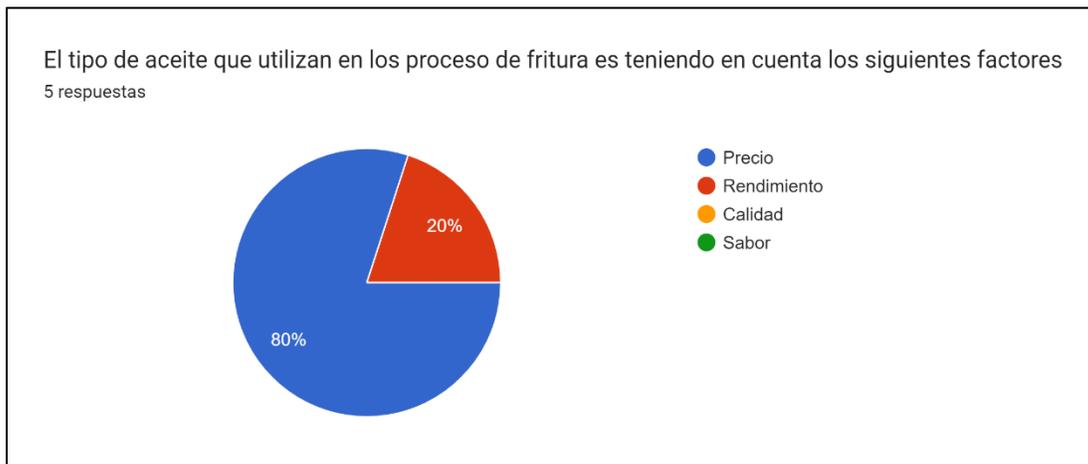


**Nota.** En la gráfica se evidencian las respuestas de puestos de comida seleccionados, ante pregunta ¿Cuál tipo de aceite utiliza? El encuestado tiene la opción de seleccionar varias respuestas.

Cabe resaltar, que la selección del tipo de aceite está dada por la economía del producto, teniendo en cuenta los resultados de la figura 12, donde el 80% de los entrevistados, escogen su selección con base al precio del aceite.

**Figura 12.**

*Grafica factores de selección del tipo de aceite*

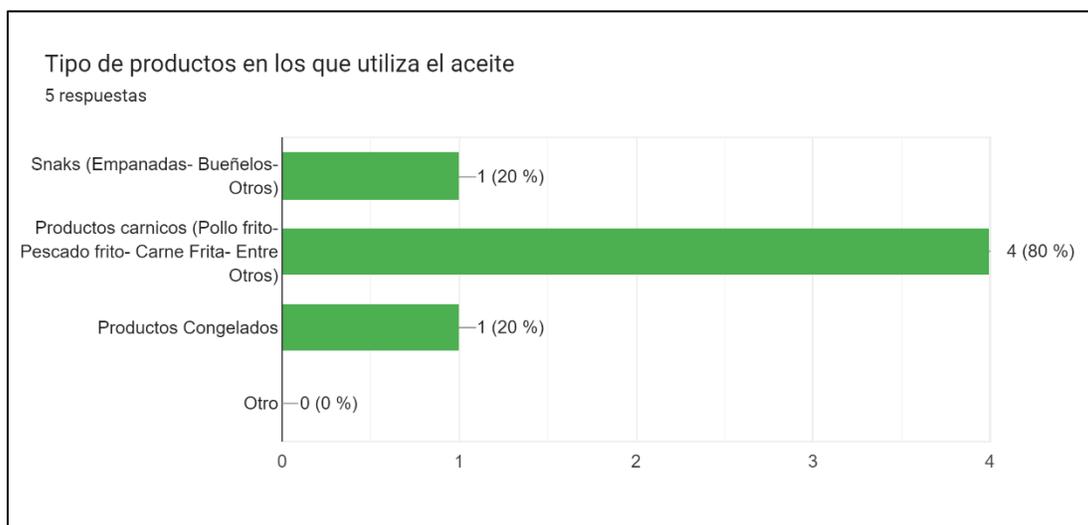


**Nota.** En la gráfica se evidencian las respuestas de puestos de comida seleccionados, ante pregunta ¿Cuáles son los factores a tener en cuenta a la hora de escoger el aceite? El encuestado solo tiene una opción de respuesta.

Por otra parte, se identifica que el 80% de los puestos, utilizan el aceite para la fritura para productos cárnicos, como se observa en la figura 13. No obstante, también es utilizado para alimentos típicos de la región, como empanadas, buñuelos, entre otros, y productos congelados. Por ende, se puede analizar que se presta para diferentes tipos de comida, generando mayores residuos sólidos de comida en el aceite, y por ende de debe identificar el pretratamiento adecuado para la reutilización del aceite.

**Figura 13.**

*Grafica tipo de producto utilizados en los aceites por puestos*



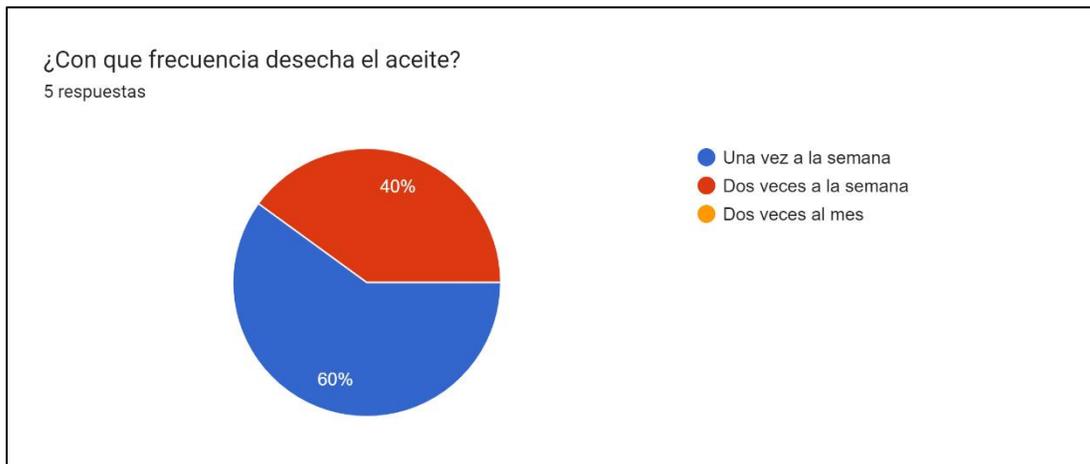
**Nota.** En la gráfica se evidencian las respuestas de puestos de comida seleccionados, ante pregunta ¿Tipos de productos en los que utiliza el aceite? El encuestado tiene la opción de seleccionar varias respuestas.

Así mismo, se obtuvo información sobre la frecuencia de cambio del aceite por parte de cada uno de los entrevistados y el volumen de residuo que generan, donde se evidencia en la figura 14 y 15. El 60% cambia el aceite una vez a la semana y el 40% lo realiza dos veces a la semana, donde el 60% genera un volumen de residuo entre 2 a 6 litros de aceite.

Cabe resaltar, que la periodicidad de cambio del aceite depende de factores como, el tipo de alimento, la temperatura, y el tipo de aceite. Sin embargo, su reutilización no controlada, genera que se desnaturalice tanto el aceite como los alimentos, ya que se genera la pérdida de ácidos grasos esenciales, vitaminas, y sus características organolépticas. Adicional, se pueden generar reacciones de oxidación, polimerización e hidrólisis, que pueden producir sustancias tóxicas para los humanos. Por otra parte, la información permite conocer la frecuencia en la que se puede obtener la materia prima, para un modelo de negocio a largo plazo [22].

**Figura 14.**

*Grafica frecuencia de cambio de aceites*



**Nota.** En la gráfica se evidencian las respuestas de puestos de comida seleccionados, ante pregunta ¿Con que frecuencia desechan el aceite? El encuestado solo tiene una opción de respuesta.

**Figura 15.**

*Grafica volumen de residuo por puesto*



**Nota.** En la gráfica se evidencian las respuestas de puestos de comida seleccionados, ante pregunta ¿Cuánto es el volumen de aceite que desechan? El encuestado solo tiene una opción de respuesta.

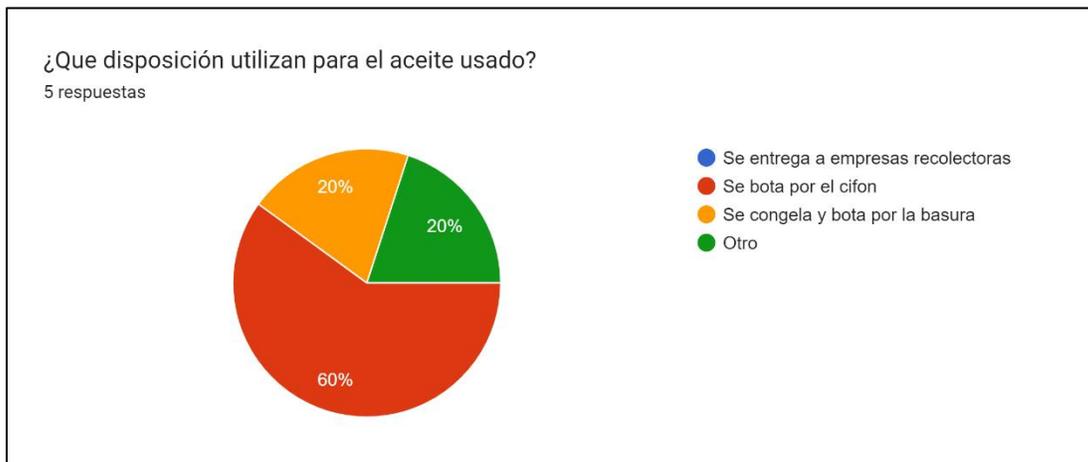
Finalmente, se opta por determinar el grado de concientización de los puestos de comida, sobre el impacto ambiental que genera la incorrecta disposición de los residuos, como se observa en la figura 16,17, y 18 .

El 60% de los puestos bota por el sifón el aceite, impidiendo el aprovechamiento del residuo por recicladores que se pueden encontrar en el sector. Por ejemplo, la empresa Greenfuel Colombia, se dedican a la preservación del medioambiente a través de la gestión de recolección y disposición de aceite vegetal usado (AVU) producido en los establecimientos comerciales y hogares colombianos, para convertirlos en biodiesel de segunda generación [63].

No obstante, para las pymes o puestos de comida informales que no conocen de las herramientas disponibles en el mercado, generan un gran impacto ambiental, no permiten la creación de nuevos productos, y limitan el ciclo de vida del aceite.

**Figura 16.**

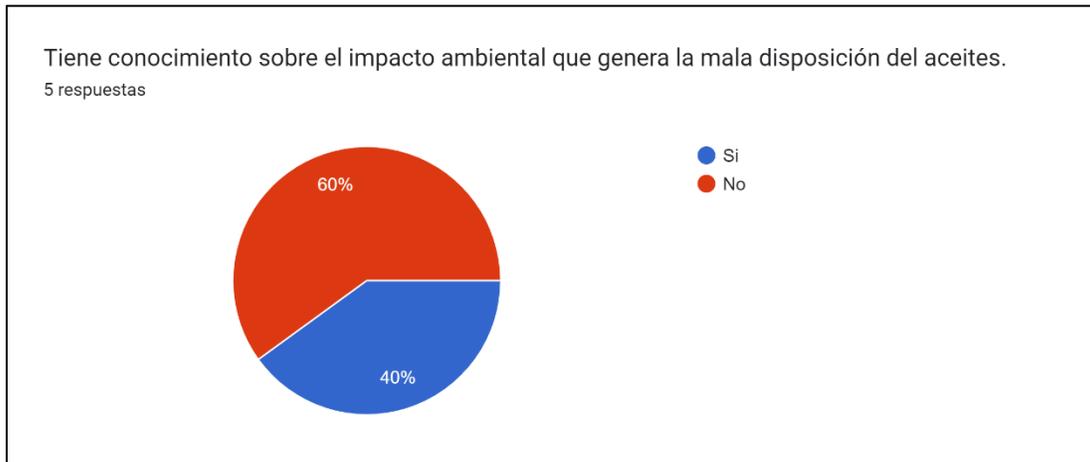
*Grafica tipo de disposición del aceite usado*



**Nota.** En la gráfica se evidencian las respuestas de puestos de comida seleccionados, ante pregunta ¿Qué disposición utilizan para el aceite usado? El encuestado solo tiene una opción de respuesta.

**Figura 17.**

*Grafica conocimiento de impacto ambiental*



**Nota.** En la gráfica se evidencian las respuestas de puestos de comida seleccionados, ante pregunta ¿Si tienen conocimiento sobre el impacto ambiental que genera la mala disposición del aceite? El encuestado solo tiene una opción de respuesta.

**Figura 18.**

*Grafica conocimiento de uso de aceite usado.*



**Nota.** En la gráfica se evidencian las respuestas de puestos de comida seleccionados, ante pregunta ¿Si tienen conocimiento sobre los distintos usos que se le puede dar al aceite utilizado? El encuestado solo tiene una opción de respuesta.

## **2.2 Caracterización muestras de aceite**

Para el presente proyecto se abordarán la caracterización física y química del aceite de cocina usado (ACU), empleado como materia prima. Esta caracterización es de gran importancia, ya que, a partir de los resultados se puede estimar el comportamiento del residuo para el proceso de producción de diferentes tipos de jabón.

Cabe resaltar, que la caracterización de las muestras aceite se van a realizar con base a las normas técnicas colombianas “Grasas y aceites animales y vegetales” teniendo en cuenta, que la materia prima, se trata de un aceite vegetal sólido según las encuestas realizadas a cada uno de los puestos seleccionados.

La investigación y experimentación se llevó a cabo en el laboratorio de la universidad de América, para lo cual se recolectaron muestras de 5 puestos informales del centro de Bogotá. Al realizar la recolección, los aceites fueron transportados al laboratorio para su respectivo análisis, sin embargo, para su evaluación físico química se optó por realizar una mezcla homogénea, teniendo en cuenta que el volumen de residuo lo generan entre 1 a 2 veces por semana.

### **2.2.1 Parámetros Físicos**

A través de los métodos físicos, se identifican propiedades de las sustancias que no están asociadas a un cambio en su composición química, y por lo tanto se pueden medir sin cambiar la identidad de la sustancia. Las propiedades físicas incluyen el color, la densidad, la dureza, entre otros [64] .

- a. Densidad y densidad relativa. En el caso de los aceites, es una constante que se ve afectada por la edad, rancidez y cualquier tratamiento que se le haga.

Este análisis se realizó, teniendo en cuenta la norma técnica colombiana NTC 336 “grasas y aceites vegetales y animales”, la cual especifica un método para determinar la densidad de las ya mencionadas anteriormente. Para tener una mayor precisión

del dato obtenido, se realizan tres ensayos para obtener un promedio acertado del resultado.

En la tabla 3, se especifica los materiales y equipos requeridos para la respectiva medición.

**Tabla 3.**

*Materiales necesarios para determinar la densidad del ACU.*

<b>Reactivos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
N/A	Beaker de 50 mL Picnómetro de Gay Lussac Termómetro	Balanza analítica Plancha de calentamiento

**Nota.** En la tabla se describen los materiales requeridos para la determinación de la densidad del aceite usado.

La densidad se calcula a través de la ecuación expuesta en la ecuación 3, teniendo en cuenta el procedimiento especificado en la figura 19.

**Ecuación 3.**

*Calculo Densidad*

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V_d}$$

**Nota.** Ecuación para el cálculo de la densidad.

Donde:

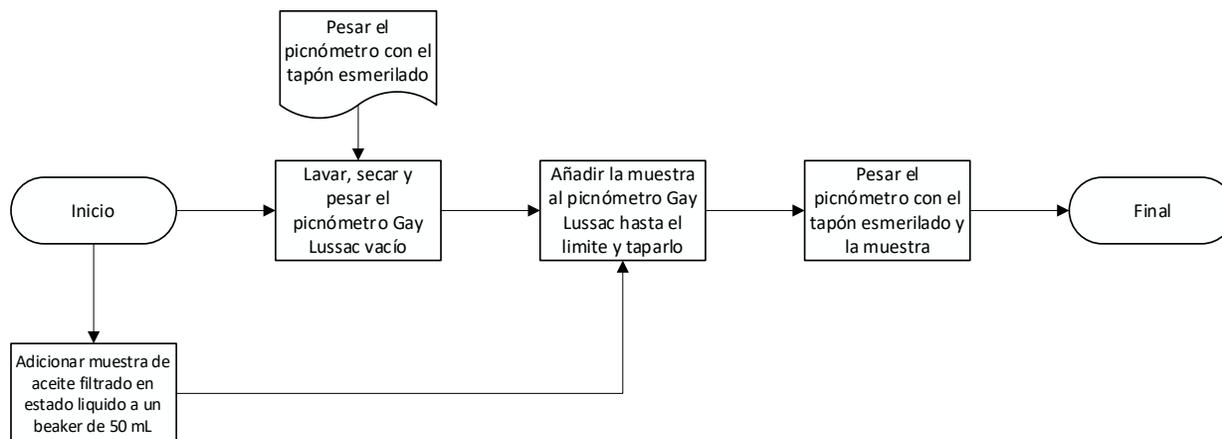
$V_d =$  Volumen del picnómetro a la temperatura  $\theta_d$

$m_1 =$  Masa del picnómetro vacío de agua

$m_2 =$  masa del picnómetro lleno con la muestra de aceite

**Figura 19.**

*Procedimiento determinación densidad*



**Nota.** En la figura se describe el procedimiento para la determinación de la densidad del aceite usado.

A partir de la muestra analizada, se obtienen los resultados de la tabla 4, en el que se calcula un valor de densidad promedio del aceite usa de 0,919 g/ml .

**Tabla 4.**

*Cálculos y resultados de la densidad del ACU*

Ensayos	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$V_d$ (mL)	$\rho$ (g/mL)
Picnómetro 1	100	145,94	50	0,918
Picnómetro 2	100	145,96	50	0,920
Picnómetro 3	100	145,95	50	0,919
<b>Promedio</b>				<b>0,919</b>

**Nota.** En la tabla se evidencian los resultados de la determinación de la densidad del aceite usado.

b. Índice de refracción. El índice de refracción es una de las constantes físicas que permiten la identificación de un compuesto; además los refractómetros permiten determinar el índice con gran precisión, dependiendo este valor de la longitud de onda y de la temperatura.

Este es un número adimensional que describe como la luz, o cualquier otra radiación, se propaga a través de ese medio. Para los aceites, indica el posible nivel de rancidez, entre mayor sea su índice de refracción, mayor son las posibilidades de deterioro debido a la oxidación [15] [65].

El refractómetro universal de abbé, utilizado para el cálculo de este, fue suministrado por la universidad de América, usando como temperatura normal 20°C y la longitud de onda standard es la correspondiente a la línea D del espectro del yodo (589 nm) .

En la tabla 5 y figura 20, se especifican los materiales, equipos y procedimiento utilizado para el cálculo del índice de refracción.

**Tabla 5.**

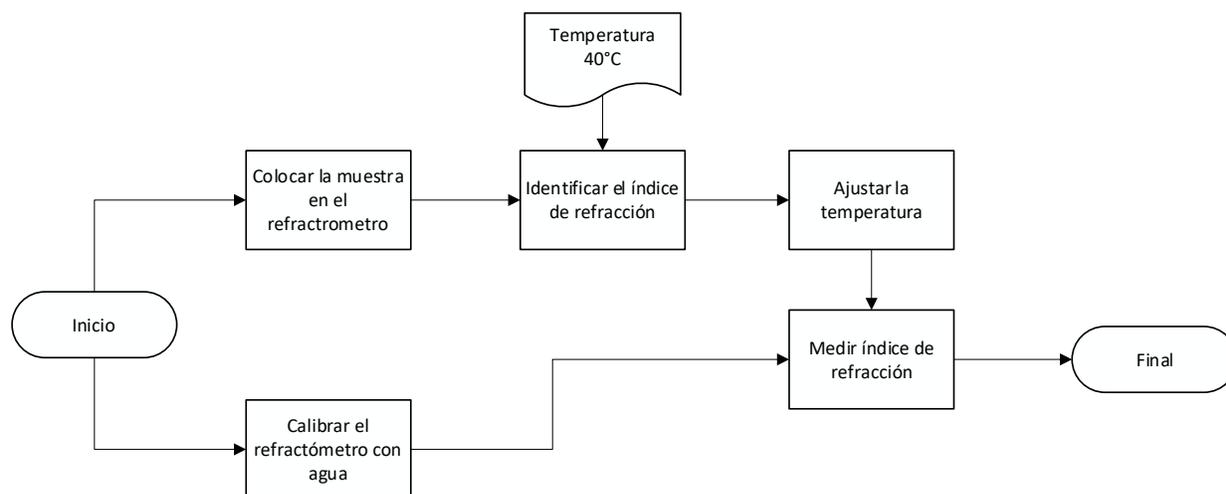
*Materiales para determinar el índice de refracción del ACU*

Reactivos	Materiales	Equipos
Acetona	Termómetro	Refractómetro

**Nota.** En la tabla de describen los materiales requeridos para la determinación del índice de refracción del aceite usado.

**Figura 20.**

*Procedimiento determinación índice de refracción*



**Nota.** En la figura se describe el procedimiento para la determinación del índice de refracción del aceite usado.

Una vez llevado a cabo el procedimiento especificado, se obtiene como resultado un índice de refracción promedio de las muestras de aceite de 1,47, como se evidencia en la tabla 6.

**Tabla 6.***Resultados del índice de refracción del ACU*

Ensayo	Índice de refracción
1	1,48
2	1,46
3	1,47
Promedio	1,47

**Nota.** En la tabla evidencian los resultados en la determinación del índice de refracción del aceite usado.

- c. Contenido de humedad. Se define como la relación de la masa del agua presente en el aceite, o agua libre. Esta se determina por medio de la diferencia de peso, después de haber puesto por tres horas a 100° C un determinado peso de la muestra.

Este parámetro, es importante al momento de analizar los aceites, ya que un alto contenido de humedad ocasiona corrosión y baja transferencia calórica [65] [66].

Tomando como referencia la normal la norma técnica colombiana NTC 287, el cual especifica dos métodos de humedad y material volátil en grasas y aceites animales vegetales [67].

- 1) Método A, emplea un baño de arena o un plato de calentamiento
- 2) Método B, emplea un horno de secado

En la tabla 7, ecuación 4, figura 21, se especifican los materiales, equipos, ecuaciones y procedimientos, implementados para el cálculo del contenido de humedad del aceite usado.

**Tabla 7.***Materiales para terminar el contenido de humedad del ACU.*

Reactivos	Materiales	Equipos
N/A	Capsula de porcelana o de vidrio	Balanza analítica
	Beaker de 100mL	Horno o mufla
	termómetro	

**Nota.** En la tabla se describen los materiales requeridos para determinación del contenido de humedad del aceite usado.

#### Ecuación 4.

Contenido de humedad

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100\%$$

**Nota.** Ecuación tomada de NTC 287 "Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil".

Donde;

$w$  = contenido de humedad %

$m_0$  = Masa de la capsula (g)

$m_1$  = Masa de la capsula y la muestra antes del calentamiento (g)

$m_2$  = masa de la capsula y el residuo despues del calentamiento (g)

#### Figura 21.

Procedimiento determinación del contenido de humedad



**Nota.** En la figura se describe el procedimiento para la determinación del contenido de humedad.

En la tabla 8, se especifican el contenido de humedad obtenido en cada prueba de laboratorio, obteniendo como resultado un promedio de 0,172.

#### Tabla 8.

Resultados del contenido de humedad del ACU

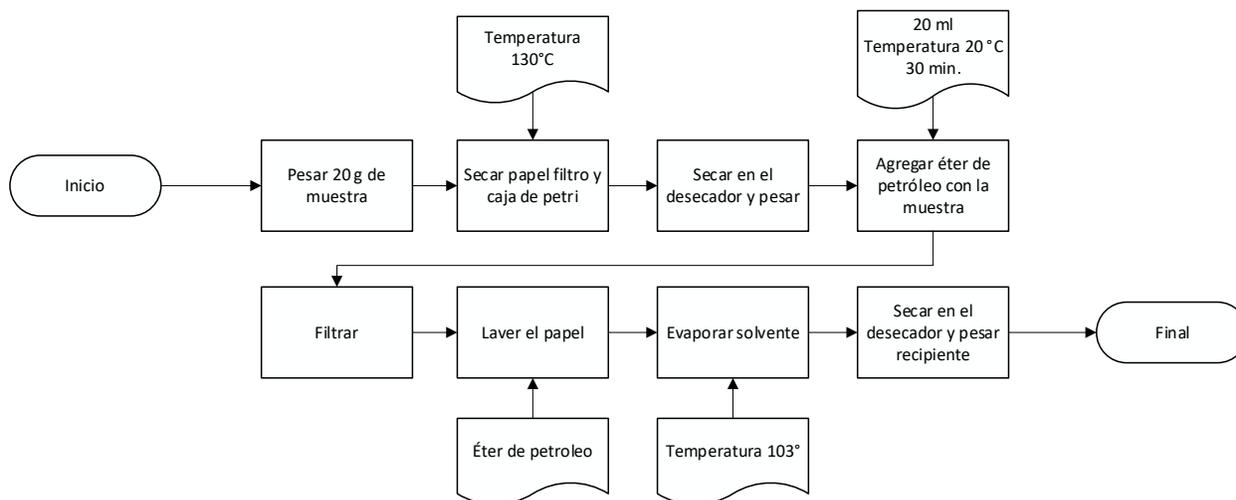
Ensayo	Contenido de humedad
1	0,170
2	0,174
3	0,171
Promedio	0,172

**Nota.** En la tabla se evidencian los resultados obtenidos en la determinación del contenido de humedad del aceite usado.

d. Impurezas insolubles. El aceite usado de cocina adquiere impurezas miscibles e inmiscibles en el proceso de fritura, las cuales se deben retirar por completo o en su mayoría [15]. En la figura 22, se establece el procedimiento llevado a cabo para calcular las impurezas solubles presentes en las muestras de aceite usado.

**Figura 22.**

*Procedimiento para la determinación de impurezas insolubles*



**Nota.** En la figura se describe el procedimiento para la determinación de impurezas insolubles del aceite usado.

En la tabla 9, se especifican los resultados de la determinación de contenido de impurezas insoluble del aceite, obteniendo un resultado de 0,109.

**Tabla 9.**

*Resultados impurezas insolubles*

Ensayo	Impurezas Insolubles
1	0,106
2	0,108
3	0,112
Promedio	0,109

**Nota.** En la tabla se evidencian los resultados de la determinación de impurezas insolubles del aceite usado.

### **2.2.2 Parámetros químicos**

Este parámetro describe la capacidad de una sustancia para sufrir un cambio químico específico, por lo cual es fundamental ya que, por medio de este, se puede determinar el comportamiento y/o alteraciones que pueda sufrir este al momento de transformarlo en un producto terminado, en este caso, diferentes tipos de jabón.

- a. Índice de acidez. De acuerdo con la NTC 218 (segunda actualización) el índice de acidez se describe como el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en 1 gramo de muestra. Este parámetro es muy variable en las sustancias grasas, lo que lo hace una prueba importante [65].

En la tabla 10, 11 , ecuación 5 y 23, se pueden observar los equipos, reactivos, procedimiento y datos requeridos para la determinación del índice de acidez.

**Tabla 10.**

*Materiales para determinar el Índice de acidez del ACU*

Reactivos	Materiales	Equipos
Alcohol etílico al 95%	Bureta	Balanza analítica
Éter etílico	3 Erlenmeyer de 500mL	Plancha de agitación y calentamiento
NaOH 0,1 M	Termómetro	
Fenolftaleína		

**Nota.** En la tabla se describen los materiales requeridos para la determinación del índice de acidez.

**Ecuación 5.**

*Índice de acidez*

$$I_a = \frac{56,1 \times V \times C}{m}$$

Donde;

$I_a$  = Índice de refracción

$V$  = Volumen de solución volumétrica normalizada de hidróxido de sodio o de potasio

$c$  = Concentración de la solución volumétrica de hidróxido de sodio o de potasio

$m$  = masa de la porción de ensayo

**Tabla 11.**

*Determinación de tamaño de la muestra*

Rango de A.G. L	Gramos de muestra	mL de alcohol	N de NaOH
0,2 – 1,0	28,2 ± 0,2	50	0,1
1,0 – 30,0	7,05 ± 0,005	75	0,25

**Nota.** En la tabla se especifica los datos para la determinación del tamaño de la muestra.

En la tabla 12, se puede observar el resultado obtenido a través del procedimiento para la determinación del índice de acidez, obteniendo un valor promedio de 0,382.

**Tabla 12.**

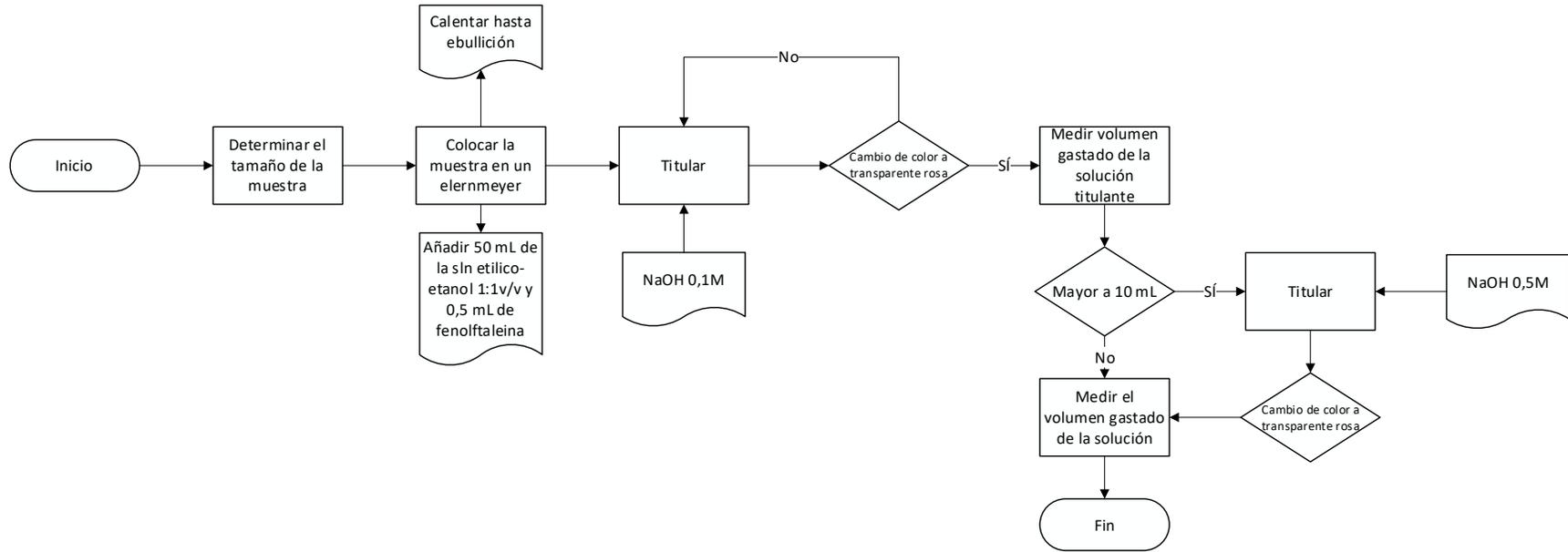
*Resultados del índice de acidez del ACU*

<b>Ensayo</b>	<b>Índice de acidez</b>
1	0,355
2	0,401
3	0,389
Promedio	0,382

**Nota.** En la tabla se evidencian los resultados del índice de acidez del aceite usado.

**Figura 23.**

*Procedimiento determinación del Índice de acidez*



**Nota.** En el diagrama se describe el procedimiento para la determinación del índice de acidez del aceite usado.

- b. Índice de peróxido. Este parámetro es utilizado para cuantificar la alteración del aceite causada por la oxidación del aceite, permitiendo la determinación del grado de oxidación del aceite, siendo el cálculo de la cantidad de peróxidos en la muestra que ocasionan la oxidación del yoduro potásico. Como consecuencia de ello, a mayor índice de peróxidos menor será la capacidad antioxidante de un aceite.

En la tabla 13, ecuación 6 y figura 24, se establecen los reactivos, materiales, equipos requeridos y ecuación para el cálculo del índice de peróxido. La cantidad de muestra de índice de peróxido se presupone, se establece en la tabla 14.

**Tabla 13.**

Materiales para terminar índice de peróxido

Reactivos	Materiales	Equipos
Ácido acético	Erlenmeyer	Balanza
Cloroformo	Bureta	Agitador
Yoduro de potasio	Pipeta	Plancha de calentamiento
Tiosulfato de sodio 0,1N	Probeta	
Tiosulfato de sodio 0,001N		
Solución de almidón		
Yodato de potasio		
Ácido clorhídrico		

**Nota.** En la tabla se describen los materiales requeridos para la determinación del índice de peróxidos del aceite usado.

**Tabla 14.**

*Índice de peróxidos que se presupone*

Índice de peróxido que se supone Meq de O <sub>2</sub> /Kg	Peso de la muestra problema (g)
De 0 a 12	De 5,0 a 2,0
De 12 a 20	De 2,0 a 1,2
De 20 a 30	De 1,2 a 0,8
De 30 a 50	De 0,8 a 0,5
De 50 a 90	De 0,5 a 0,3

**Nota.** En la tabla se establece el índice de peróxido que se supone según peso de la muestra a analizar.

**Ecuación 6.**

*índice de peróxidos.*

$$VP = \frac{(V - V_0) \times C_{tio} \times F \times 1000}{M}$$

Donde;

$VP =$  Índice de peróxidos

$V =$  Volumen de la solución de tiosulfato utilizada para la determinación (mL)

$V_0$

= volumen de la solución normal de tiosulfato de sodio utilizado para el ensayo de blanco (mL).

$C_{tio} =$  concentración de la solución de tiosulfato de sodio (M).

$F =$  factor de solución de tiosulfato de sodio 0.01 N.

$m :$  masa de la porción de ensayo (g).

En la tabla 15, se establecen los resultados del índice de peróxidos según el procedimiento establecido, obteniendo un resultado de 8,00 mEq/kg.

**Tabla 15.**

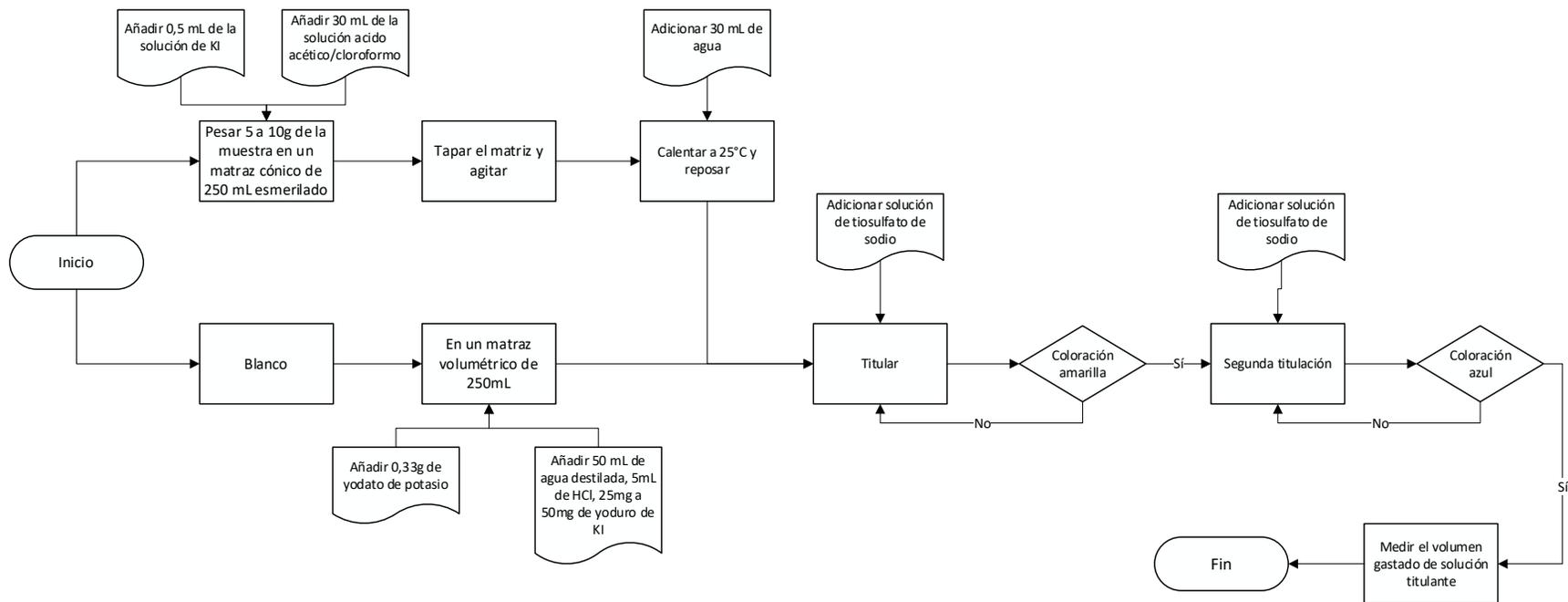
*Resultado índice de peróxidos*

Ensayo	Índice de peróxidos mEq/kg
1	7,00
2	9,00
3	8,00
Promedio	8,00

**Nota.** En la tabla se evidencian los resultados del índice de peróxidos del aceite usado.

**Figura 24.**

*Procedimiento determinación del Índice de peróxidos*



**Nota.** En la figura se describe el procedimiento para la determinación del índice de peróxido del aceite usado.

- c. Índice de yodo. Mide el grado de insaturación de los componentes del aceite, siendo el número de gramos de yodo absorbidos por 100 gramos de aceite o grasa. Tendrá un valor mayor si contiene un número alto de enlaces dobles por unidad de grasa y mayor reactividad química.

En la tabla 16, ecuación 7 y figura 25, se estable los reactivos, equipos, ecuación y procedimientos llevados a cabo para la determinación del índice de yodo.

**Tabla 16.**

*Materiales para determinar índice de yodo*

<b>Reactivos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Cloroformo	Matraz cónico de 500 mL con cuello esmerilado	Balanza analítica
Solución de Wijs	Matraz volumétrico de 100mL	
Acetato de mercurio	Pipeta 25 mL	
Yoduro de potasio al 15%	Probeta	
Tiosulfato de sodio 0,1M	Bureta	
	Beaker 100 mL	
	Soporte universal	
	Pinza	

**Nota.** En la tabla se describen los materiales requeridos para la determinación del índice de yodo.

**Ecuación 7.**

Ecuación Determinación del índice de yodo.

$$I_I = \frac{12,69 \times c \times (V_1 - V_2)}{m}$$

Fuente NTC 283

Donde;

$I_I$  = Índice de yodo

$c$  = Concentración de la solución de tiosulfato de sodio (M)

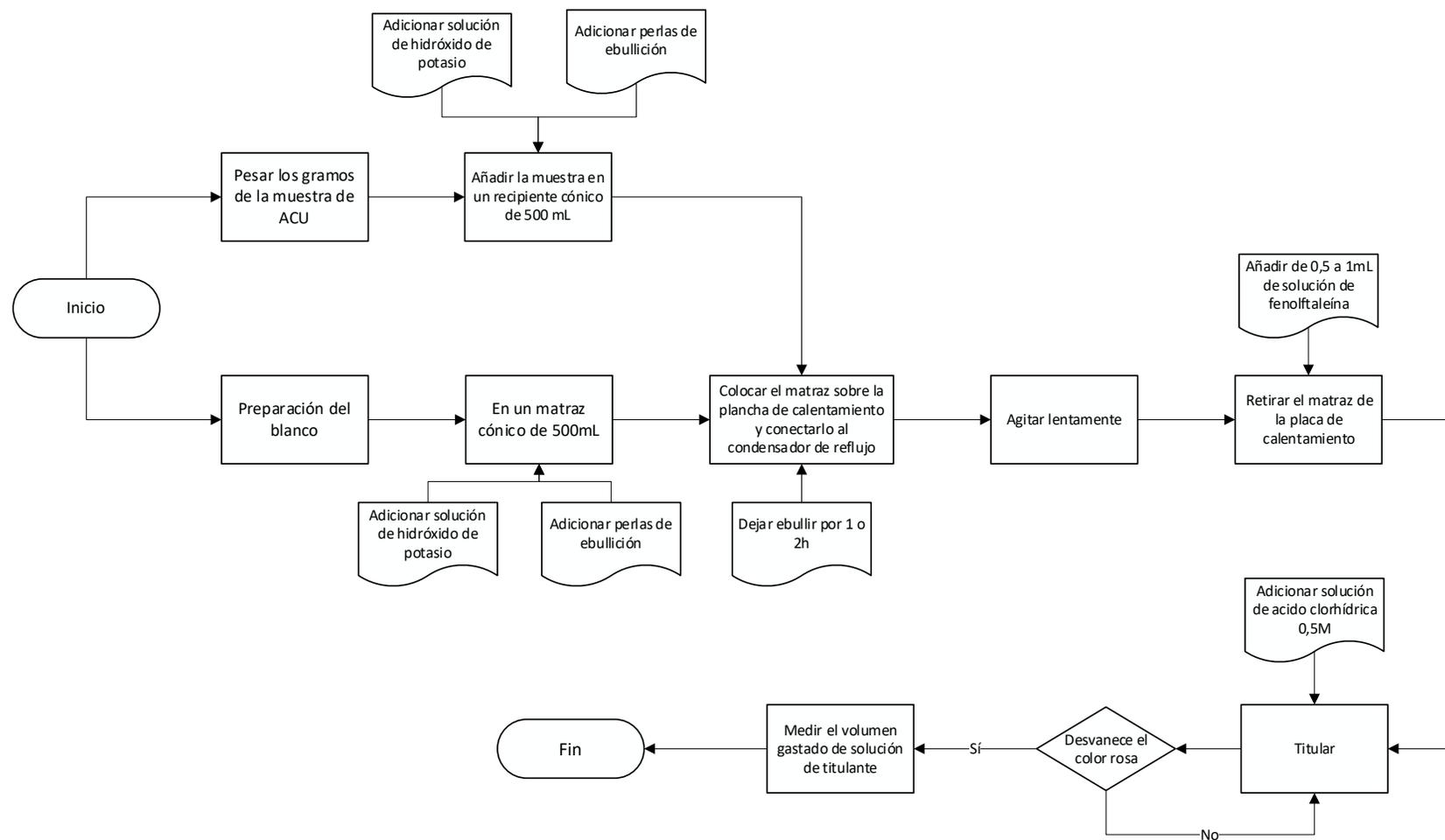
$m$  = masa de la muestra del aceite

$V_1$  = volumen de la solución de tiosulfato de sodio usada en la titulación del blanco

$V_2$  = volumen de la solución en la titulación de la muestra (mL).

**Figura 25.**

*Procedimiento determinación índice de Yodo.*



**Nota.** En el diagrama se describe el procedimiento para la determinación del índice de yodo del aceite usado.

En la tabla 17, se pueden identificar los resultados del índice de yodo por el método Wijs, en el que se obtiene un valor promedio de 50,2, teniendo en cuenta los tres ensayos realizados a la muestra de aceite usado.

**Tabla 17.**

*Resultados índices de yodo*

Ensayo	Índice yodo
1	48,4
2	52,2
3	49,8
Promedio	50,2

**Nota.** En la tabla se evidencia los resultados del índice de yodo del aceite usado.

d. Índice de saponificación. Es el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar un gramo de aceite o grasa, teniendo en cuenta, que los aceites usados contienen un alto porcentaje de triglicéridos, los cuales al mezclarse con una base álcali producen glicerina y jabón [15].

En la tabla 18, ecuación 8, y figura 26, se especifican los equipos, materiales, ecuaciones y procedimiento requeridos para el cálculo del índice de saponificación.

**Tabla 18.**

*Materiales, equipos y reactivos necesarios para determinar índice de saponificación*

Reactivos	Materiales	Equipos
Ácido clorhídrico 0,5M	Matraz cónico de 500 mL, con cuello esmerilado	Balanza analítica
Hidróxido de potasio 0,5M en solución de etanol 95% (v/v)	Condensador de reflujo con junta esmerilada	Plancha calentamiento
Fenolftaleína 10g/L solución en 95%(v/v)	Bureta 50 mL	Agitador
	Pipeta 25mL	
	Probeta de 500 y 100 mL	
	Beaker de 100 mL	
	Soporte universal	
	Pinza	

**Nota.** n la tabla se describe los materiales requeridos para la determinación del índice de saponificación del aceite usado.

**Ecuación 8..**

*índice de saponificación*

$$I_s = \frac{(V_0 - V_1) \times c \times 56,1}{m}$$

Donde;

$I_s$  = Índice de saponificación

$V_0$  = volumen de la solución de tiosulfato de sodio usada en la titulación del blanco

$V_1$  = volumen de la solución en la titulación de la muestra (mL).

$C$  = Concentración de la solución de ácido clorhídrico (M)

$m$  = masa de la muestra del ACU

En la tabla 19, se pueden observar los resultados determinados en los tres ensayos para el cálculo del índice de saponificación, obteniendo un valor promedio de 172.

**Tabla 19.**

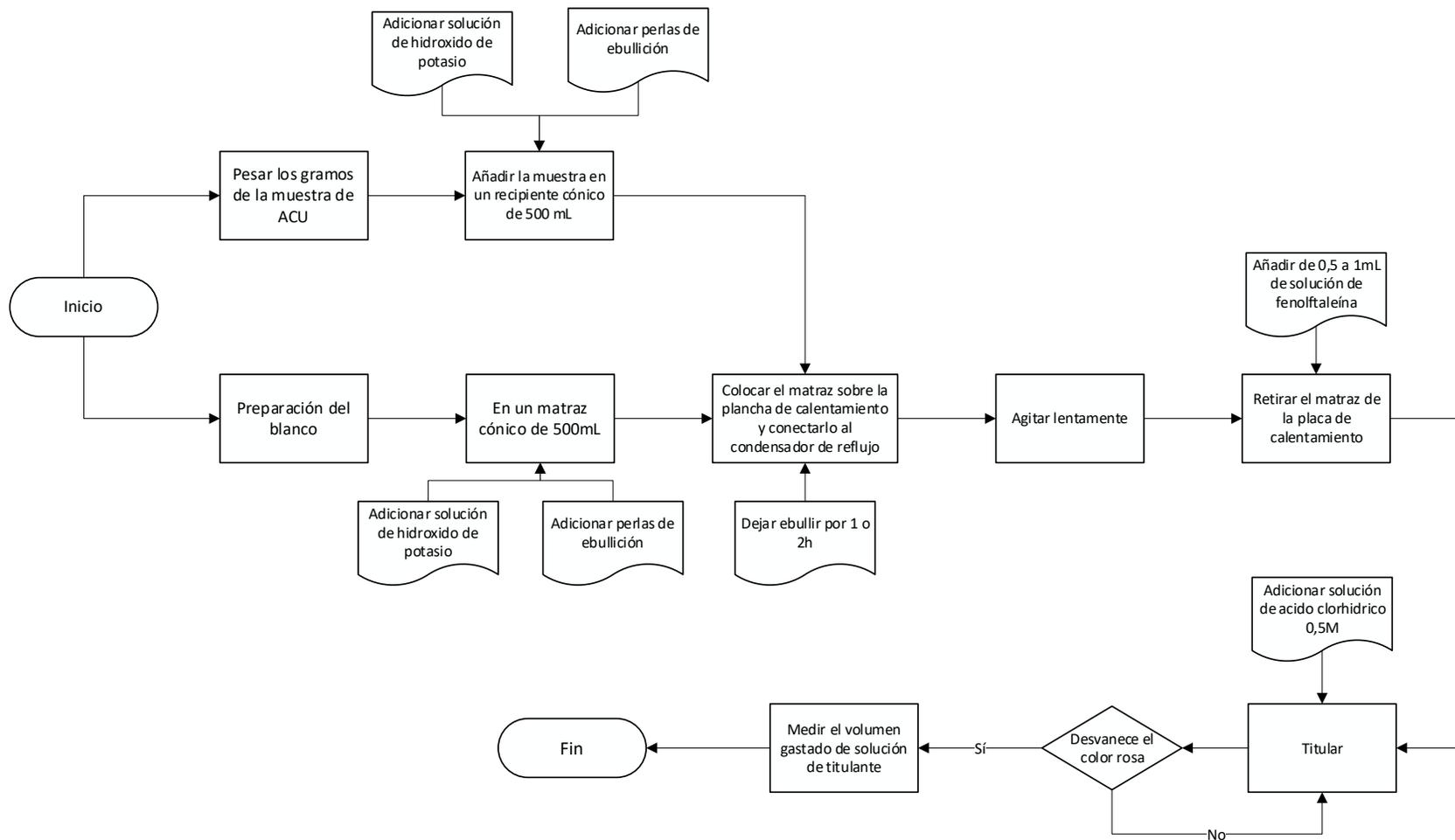
*Resultados índices de saponificación*

<b>Ensayo</b>	<b>Índice de saponificación</b>
1	166
2	172
3	177
Promedio	172

**Nota.** En la tabla se evidencia los resultados del índice de saponificación del aceite usado.

**Figura 26.**

*Procedimiento determinación del Índice de saponificación*



**Nota.** En la figura se describe el procedimiento para la determinación del índice de saponificación del aceite usado.

## 2.3 Análisis de resultados de caracterización

Teniendo en cuenta las pruebas realizadas, tanto físicas como químicas, para el aceite usado de cocina, se hace una comparación de acuerdo a la norma técnica 503 “Grasas y aceites animales y vegetales”, sobre el valor recomendado en el que se debe encontrar el aceite para la elaboración del jabón tomando como referencia el aceite limpio, como se evidencia en la tabla 20.

**Tabla 20.**

*Resultados de caracterización*

Parámetro	Resultado Caracterización	Unidades	Valor recomendado con aceites limpios
Densidad	0,919	g/ml	0,84-0,96
Contenido de Humedad	0,172	g/100 g	No afecta
Impurezas insolubles	0,109	% Solidos insolubles	No afecta
Acidez titulable	0,382	% Acidez	No afecta
Índice de peróxido	8,000	mEq/kg	No afecta
Índice de refracción	1,470		No afecta
Índice de Yodo	50,200	g/100 g	No afecta
Índice de Saponificación	172,000	mg NaOH/ g	>150

**Nota.** En la tabla se realiza un resumen de los resultados obtenidos de los parámetros físico químicos analizados en el aceite usado vs los valores recomendados para el aceite limpio.

Para las pruebas físicas, se tuvo en cuenta la densidad, índice de refracción, impurezas insolubles y humedad. Según los resultados, se puede establecer, a nivel general que no presentan una gran diferencia de los datos obtenidos, versus, los datos de aceite limpio, excepto por el cambio de color y olor que se identifican.

Los factores de estos cambios pueden ser la oxidación, debido a que se expone al proceso de frituras en elevadas temperaturas.

Para la caracterización química, se tuvo en cuenta la determinación del índice de acidez, índice de peróxidos, índice de yodo y índice de saponificación. Se puede observar una variación mayor con respecto a las físicas, esto ocasionado por las reacciones que ocurre

durante el proceso de calentamiento, y las condiciones a las que es sometido el aceite, se identifica las variaciones de los datos de las muestras.

Según comparación de los resultados vs las especificaciones de la norma, el parámetro más importante para establecer si la materia prima es viable, para la elaboración del jabón, es el índice de saponificación, el cual indica la cantidad de aceite que se puede saponificar. Se establece que la materia prima seleccionada, cumple teóricamente con las condiciones para la elaboración de este producto, teniendo en cuenta que el resultado de IS, es mayor a 150.

### 3. PROCESO A NIVEL LABORATORIO

A través de la caracterización de las muestras de aceite usado, se evidencia que aunque los aceites presentan un deterioro avanzado, en comparación del aceite nuevo sus propiedades físico químicas se pueden aprovechar para la fabricación de nuevos productos.

Por ende, se procede a realizar el desarrollo experimental de tres tipos de jabones, teniendo como materia prima el aceite usado de los puestos de comida seleccionados.

Cabe resaltar, que la reacción para llevar a cabo el proceso de producción de jabón es la saponificación, la cual se puede definir como una "reacción de hidratación en la que el hidróxido libre rompe los enlaces de éster entre los ácidos grasos y el glicerol de un triglicérido, lo que da como resultado ácidos grasos libres y glicerol", que son solubles en soluciones acuosas [68].

Según un artículo, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí de la facultad de ciencias químicas la entalpía de reacción de saponificación es de  $-922 \text{ kJ/mol}$ , siendo este dato importante, ya que por medio de él se puede determinar si la reacción es exotérmica o no. Al tener una entalpía por debajo de 0, se determina que la reacción es exotérmica, lo que significa que produce calor, donde el calentamiento suele favorecer la gelificación.

La energía libre de Gibbs de la reacción es de aproximadamente de  $-871 \text{ kJ/mol}$ , lo cual indica que es una reacción espontánea, lo que significa en termodinámica, la evolución en el tiempo de un sistema en el cual se libera energía libre, usualmente en forma de calor, hasta alcanzar un estado energético más estable. Es por esto, que se debe controlar la temperatura durante todo el proceso, ya que se va a ir liberando energía, por lo cual, se va a ir elevando la temperatura de la mezcla y esto puede afectar la reacción.

Adicional, la reacción es de tipo heterogénea, lo que significa que los reactivos están en fases diferentes, esto se comprueba debido a que hay una fase líquida en la reacción, junto con una fase sólida que es el jabón.

En las reacciones heterogéneas, la zona de interfaz (lugar donde ocurre la reacción) es decir, donde entran en contacto los reactivos, juega un papel importante, debido a que la zona de interfaz debe estar lo mejor adecuada posible, por lo cual, es esencial disponer de un área interfacial grande, con el fin de conseguir altas velocidades de reacción, y asegurar que los reactivos entren en contacto para obtener altos rendimientos.

Otra implicación de las reacciones heterogéneas, es que al estar controladas por la transferencia de materia, estas reacciones se hacen más lentas de forma que el modelo de velocidad depende de las etapas determinantes en el mecanismo de los procesos: si el paso controlante es la reacción química (típico en sistemas homogéneos), la cinética viene dada por la ley de acción de masas; mientras que si la etapa lenta está relacionada con el transporte másico (lo que suele ocurrir en los procesos heterogéneos), el modelo estará determinado por la velocidad de transferencia de materia [69].

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se determina analizar experimentalmente jabón líquido orientado al sector de tocador, jabón en barra y pasta lavaplatos para sector de aseo. A continuación se expondrán, los procedimientos y resultados obtenidos a nivel laboratorio. Cabe resaltar, que luego de la recolección del aceite y para empezar con el proceso de producción de jabón, se lleva a cabo el proceso, según la norma técnica colombiana NTC 503 "*Grasas y aceites animales y vegetales*", la preparación de la muestra para ensayo.

Se realiza un proceso de filtrado a vacío y en gravedad, para así eliminar todo tipo de impurezas y sólidos presentes en la muestra, obteniendo así una muestra sin residuos sólidos, ni enturbiamiento como se evidencia en la Figura 27 y 28. Este aceite filtrado se almacenó en recipientes plásticos tipo PET como lo sugiere la norma técnica colombiana 217 "*Grasas y aceites vegetales y animales. Muestreo*".

**Figura 27.**

*Inicio filtración de ACU*



**Nota.** Imagen del inicio del proceso de filtración a nivel laboratorio del aceite usado.

**Figura 28.**

*Sólidos retenidos en la filtración del ACU*



**Nota.** Imagen de los sólidos retenidos en el proceso de filtración a nivel laboratorio del aceite usado.

### **3.1 Jabón en solido**

Para obtener un jabón de buena calidad fue necesario identificar el método óptimo de obtención y a su vez las condiciones ideales para que el producto resultante tuviera la mejor calidad posible.

Teniendo en cuenta esto, se hizo una recopilación de bibliografía de manera que se determinó que el proceso de saponificación en caliente sería el más conveniente, pues los tiempos de producción eran menores con respecto al proceso en frío, ya que este proceso puede durar de 4 a 8 semanas. Para un proceso en caliente, el rango de temperaturas de operación se encuentra entre 60°C y 75°C

Posteriormente, para mejorar las características físicas del jabón que se obtiene, es necesario contar con algunos aditivos como la esencia, el colorante, según literatura la esencia debe ser aplicada entre el 0,2 y 2% respecto al ACU inicial mientras que el colorante no debe exceder el 1% del jabón terminado [37]. En la figura 29, se puede observar las esencias utilizadas en el presente proyecto.

**Figura 29.**

*Esencias*



**Nota.** Imagen de las esencias utilizadas a nivel laboratorio para la elaboración de jabones a partir de aceite usado.

Por último, es necesario obtener un jabón con pH neutro, por lo que con ayuda bibliográfica se identifica que existen varios neutralizadores, entre ellos el ácido bórico, el ácido láctico, el ácido cítrico, entre otros. Para la elaboración del jabón artesanal de interés en el presente proyecto, se decidió usar el ácido cítrico ya que era el más recomendable tanto por costos como por facilidad de operación y control [15].

Es importante mencionar que la temperatura del aceite que se debe mantener en el baño maría es de 60°C (Ya que este es el punto intermedio del aceite), y adicionar lentamente la solución de hidróxido de sodio con el fin de iniciar la reacción de saponificación.

La cantidad de hidróxido de sodio se calculó, teniendo en cuenta el índice de saponificación del aceite usado, utilizando la ecuación de la ecuación 9. Se determina una base inicial de 200g de ACU's para una cantidad mínima de NaOH a utilizar de 25,5g disueltos en 200g de agua destilada, pues en cantidades menores la saponificación no se hará efectiva.

**Ecuación 9.**

*Determinación cantidad de hidróxido de sodio necesaria*

$$\text{Gramos NaOH}_{\text{necesarios}} = IS \times \text{Masa muestra}_g$$

Donde;

*IS = Índice de saponificación del aceite usado*

Al finalizar la adición del hidróxido de sodio, la mezcla se dejó en agitación en una plancha de calentamiento con agitación hasta el final de la reacción de saponificación; controlando visual y constantemente que la temperatura no cambiara y que la agitación no disminuyera mientras más viscosa se ponía la mezcla, este proceso duró aproximadamente 3 horas, como se observa en la figura 30, 31 y 32.

**Figura 30.**

*Inicio proceso de saponificación*



**Nota.** Imagen del inicio del proceso de saponificación a nivel laboratorio del jabón sólido.

**Figura 31.**

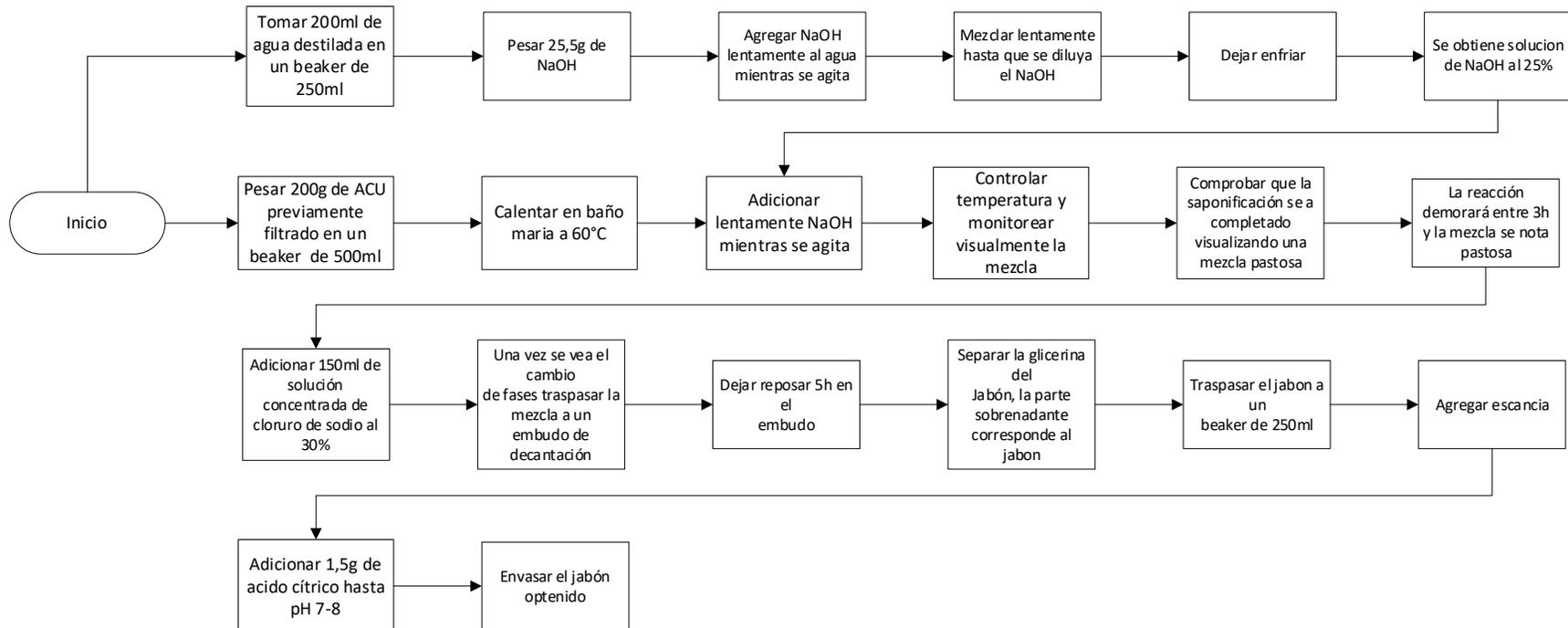
*Saponificación del aceite*



**Nota.** Imagen del proceso de saponificación del aceite usado a nivel laboratorio.

**Figura 32.**

*Procedimiento para la elaboración de jabón sólido*



**Nota.** En la figura se describe el procedimiento para la elaboración de jabón sólido.

Una vez, terminada la saponificación se le agrego a la mezcla la sal de cloruro de sodio al 30% en agua, con el fin de realizar el procedimiento en el que las fases se separan fácilmente identificando el sobrenadante como el jabón. Posterior a esto se procede a separar el jabón de la glicerina con la ayuda de un embudo de decantación transcurridas aproximadamente 5 horas.

Una vez separada la mezcla, se procede a traspasar el jabón a otro recipiente, esto, para añadirle una esencia con olor a lavanda, y mejorar su característica física. Como paso final, se busca neutralizar el jabón agregando a la mezcla ácido cítrico al 25% que fue agregado en pequeñas gotas hasta conseguir un pH de 7-8.

Cabe resaltar, que al hacer reaccionar un hidróxido con los ácidos grasos de un aceite, se obtiene tanto glicerina como jabón para esto es necesario determinar cuanta cantidad se convirtió en el producto que se elaboró.

Se determino, con el peso del embudo vacío y con el peso del embudo, luego de haberlo llenado con la mezcla resultante de la saponificación. Después de la separación del jabón y la glicerina, se repitió el proceso de pesar el embudo. Con estos datos se obtiene el rendimiento en masa de la reacción de saponificación, utilizando la ecuación 10.

#### **Ecuación 10.**

*Rendimiento en masa del jabón obtenido*

$$M_{jabon} = M_{Embudo\ mezcla\ g} - M_{Embudo\ vacio\ g} - (M_{Embudo\ mezcla\ g} - M_{Embudo\ gliserina\ g})$$

Como se evidencia en la tabla 21, se determinó que la cantidad de jabón obtenido supera la cantidad de glicerina obtenida, esto demuestra que, el rendimiento del jabón usando ACU's como materia prima es bueno, a pesar de que posiblemente hubo perdida del material en el traspaso al embudo de decantación.

**Tabla 21.**

*Cantidad de jabón y glicerina obtenida*

Peso embudo vacío (g)	Peso embudo mezcla (g)	Peso embudo sin glicerina (g)	Glicerina obtenida (g)	Jabón obtenido (g)
233,5	332	300	30	66,4

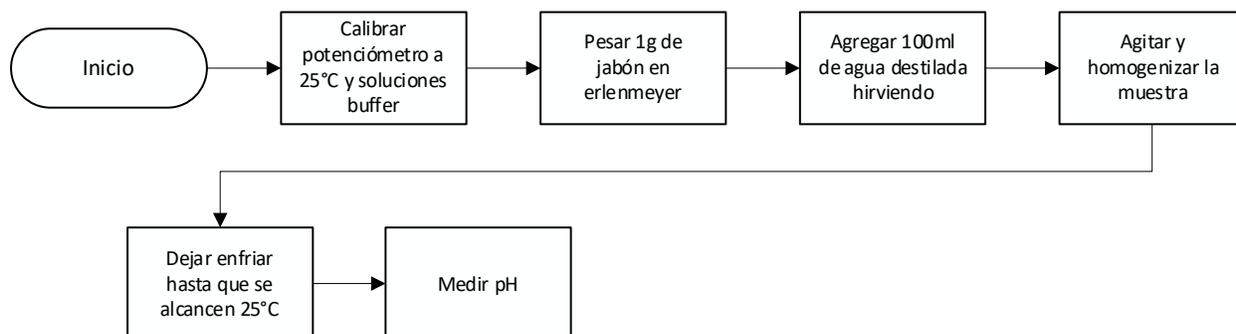
**Nota.** En la tabla se estable los resultados obtenidos del proceso de saponificación, para la elaboración de jabón solido a partir de aceite usado.

Se realizaron una prueba de pH, basado en la NTC (Norma técnica Colombiana) 5604, la cual habla sobre los métodos de ensayo para la toma de muestras y el análisis fisicoquímico de jabones, productos de jabón y detergentes.

Para la medición de pH se hace uso de un potenciómetro suministrado por la universidad de América el cual fue previamente calibrado y su proceso se evidencia en la figura 33.

Figura 33.

*Procedimiento para la determinación de pH del jabón solido*



**Nota.** En la figura se describe el procedimiento para la determinación del pH del jabón sólido.

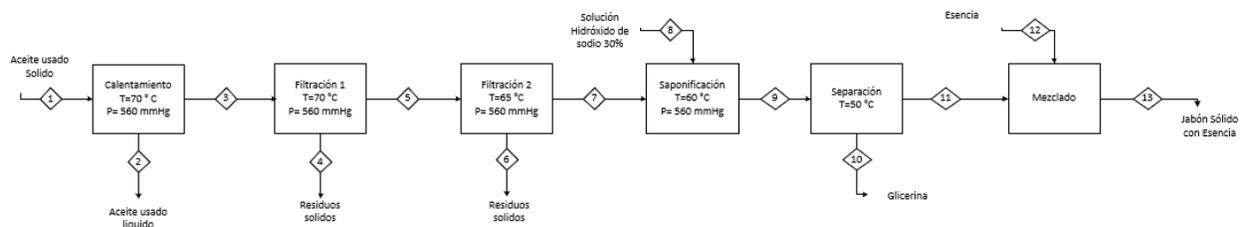
Posterior a esto, también se estableció un valor de pH usando el papel indicador. En el caso del potenciómetro midió un pH de 7,8 y el en papel indicador dio un valor entre 7-8.

Los valores de pH son muy similares, manteniendo prácticamente neutro la calidad del jabón para la cual, se puede determinar tanto para el lavado de las manos, como para lavado de ropa.

En la figura 34 y tabla 22, se puede identificar el balance de masa utilizado a nivel laboratorio para la obtención del jabón sólido.

**Figura 34.**

*Diagrama balance de masa jabón sólido*



**Nota.** En la figura se estable el balance de masa del jabón sólido, realizado a nivel laboratorio.

**Tabla 22.**

*Balance de masa jabón sólido*

Corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Temperatura (°C)</b>	19	70	70	65	65	65	65	20	60	50	50	18	50
<b>Presión (mmHg)</b>	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560
<b>Cantidad (g)</b>	200	1	199	4	195	3	192	190	382	87	295	5	300
<b>Fracción Másica</b>													
<b>Aceite Usado</b>	0,97	0,97	0,98	0,00	0,98	0,00	1,00	0,00	0,03	0,11	0,00	0,00	0,00
<b>Hidróxido de sodio</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Agua</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Jabón</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,89	1,00	0,00	0,98
<b>Glicerina</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Residuos Sólidos</b>	0,04	0,04	0,02	1,00	0,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Esencia</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,02

**Nota.** En la tabla se evidencia el balance de masa, según el proceso empleado para la elaboración de jabón sólido a partir de aceite usado.

### 3.2 Jabón líquido

El jabón líquido es uno de los productos más utilizados no sólo para el lavado de manos e higiene personal, sino también como un producto de limpieza industrial de alta demanda.

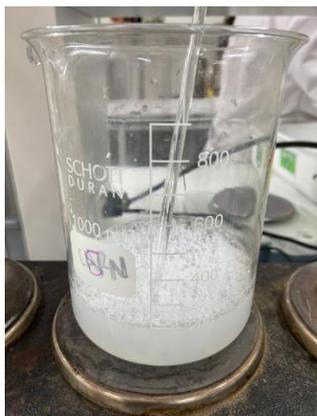
En primera instancia, se hace uso del SLS (Lauril sulfato de sodio) es un agente espumante efectivo que puede ayudar a crear abundante espuma en productos como jabones corporales, para manos e inclusive limpiadores faciales.

Para empezar, se siguió el paso a paso del proceso obtenido en bibliografía previamente estudiada y analizada, en donde nos indica que para empezar, se agregan 2g de carboximetil celulosa que es un agente viscosante a 4ml de ACU previamente filtrado, agitando constantemente hasta obtener una mezcla homogénea.

Por otra parte, se diluyen 10g de lauril sulfato de calcio en 200ml de agua destilada y se calienta a fuego lento hasta disolver, posterior a esto, se mezcla la solución lauril sulfato de calcio con la mezcla de carboximetil y ACU y 120g de cloruro de sodio (sal común) hasta obtener una un gel blando, como se observa en la figura 35 y 36.

**Figura 35.**

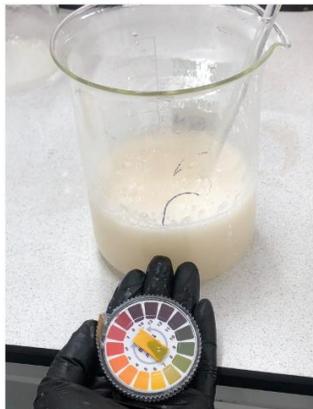
*Dilución lauril sulfato de calcio*



**Nota.** Imagen del proceso de dilución del lauril sulfato de calcio a nivel laboratorio, para la elaboración de jabón líquido.

**Figura 36.**

*Mezcla de la solución lauril sulfato de calcio con carboximetil*



**Nota.** Imagen del resultado de pH de mezcla de la solución lauril sulfato de calcio con carboximetil, realizado a nivel laboratorio.

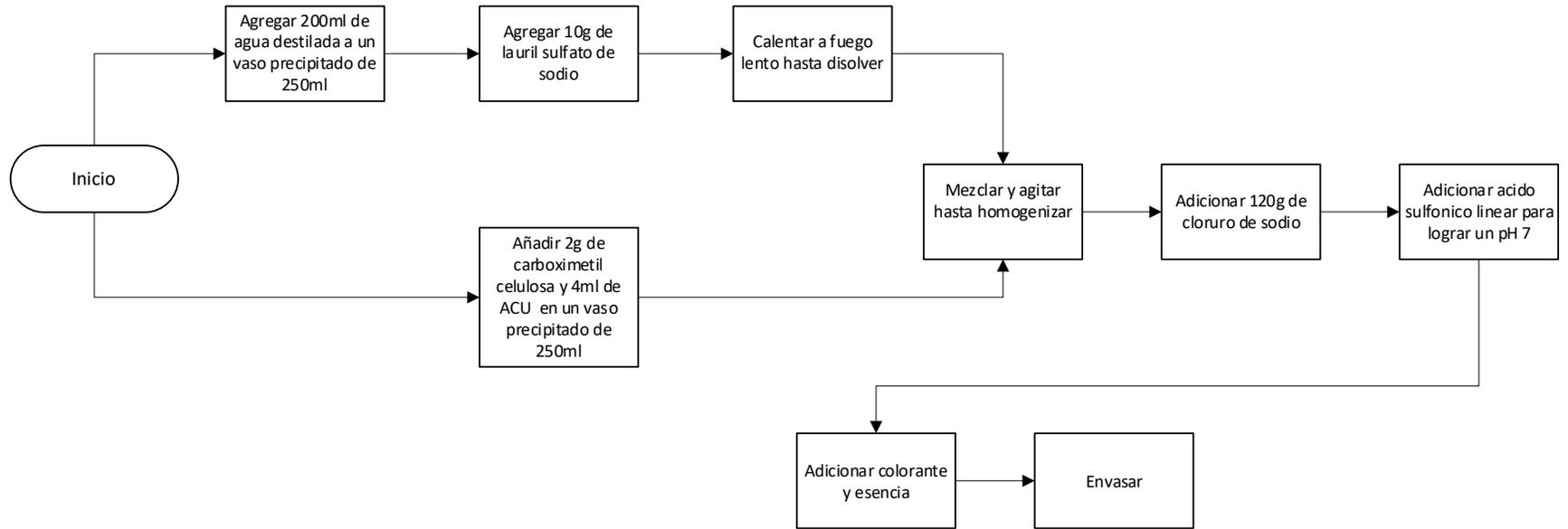
Pasado este tiempo, se midió el pH y se agregó ácido sulfónico lineal necesario para lograr un pH cercano a 7. Esto quiere, decir que la sosa caustica (NaOH) neutralizó los ácidos grasos y se consiguió un equilibrio.

Finalmente se agregó 28g de fragancia y 10g de colorante, y se agitó hasta obtener el producto en las condiciones deseadas.

En la figura 37, se establecer el diagrama con el procedimiento anteriormente expuesto.

**Figura 37.**

*Procedimiento elaboración de jabón líquido*

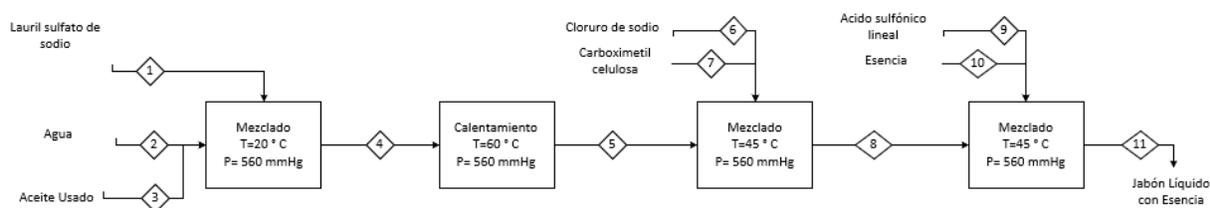


**Nota.** En el diagrama se evidencia el procedimiento para la elaboración de jabón líquido a partir de aceite usado, a nivel laboratorio.

En la figura 38 y tabla 23, se puede identificar el balance de masa utilizado a nivel laboratorio para la obtención del jabón líquido.

**Figura 38.**

*Diagrama balance de masa del jabón líquido*



**Nota.** En la figura se estable el balance de masa del jabón líquido, realizado a nivel laboratorio.

**Tabla 23.**

*Balance de masa del jabón líquido*

Corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Temperatura (°C)</b>	20	20	20	20	60	20	20	45	20	20	40
<b>Presión (mmHg)</b>	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560
<b>Volumen (ml)</b>	10	250	4	264	264	120	2	386	5	2	393
<b>Fracción Volumétrica</b>											
<b>Aceite Usado</b>	0,00	0,00	1,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
<b>Lauril sulfato de sodio</b>	1,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03
<b>Agua</b>	0,00	1,00	0,00	0,95	0,95	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,64
<b>Cloruro de sodio</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,31
<b>Carboximetil celulosa</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,01	0,00	0,00	0,01
<b>Ácido sulfónico lineal</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,01
<b>Esencia</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,01

**Nota.** En la tabla se evidencia el balance de masa, según el proceso empleado para la elaboración de jabón líquido, a partir de aceite usado.

### 3.3 Pasta lava loza

En la actualidad, la humanidad se enfrenta a la realización de tareas de limpieza debido al estilo de vida, exigencia del sector, que llevan al uso de un producto que sea eficaz y que permita realizar las tareas de manera más fácil y rápida.

Entre estos productos de limpieza se encuentran detergentes para lavavajillas o lavaplatos, y por lo general siempre se encuentran en estado líquido, gel, o en crema. También debe generar espuma a largo plazo, incluso con altas cantidades de suciedad, y deben además ser suaves para la piel [70].

Para la elaboración de la pasta, se utiliza carbonato de sodio, debido a que es una base alcalina fuerte, utilizada en productos de limpieza ecológicos. A menudo se encuentra en forma de polvo, se usa en una amplia gama de productos, como productos de limpieza y cuidado personal.

Adicional a esto, el carbonato de sodio es usado para eliminar las manchas difíciles en los tejidos y es un componente esencial en la mayoría de los detergentes caseros ya sean en polvo, líquidos o en pastilla, siendo ideal para este tipo de producto, debido a sus propiedades desinfectantes y su capacidad para eliminar la grasa y ablandar el agua. [71]

Los productos de lavaplatos están formulados para remover y suspender los restos de alimentos de una gran variedad de superficies.

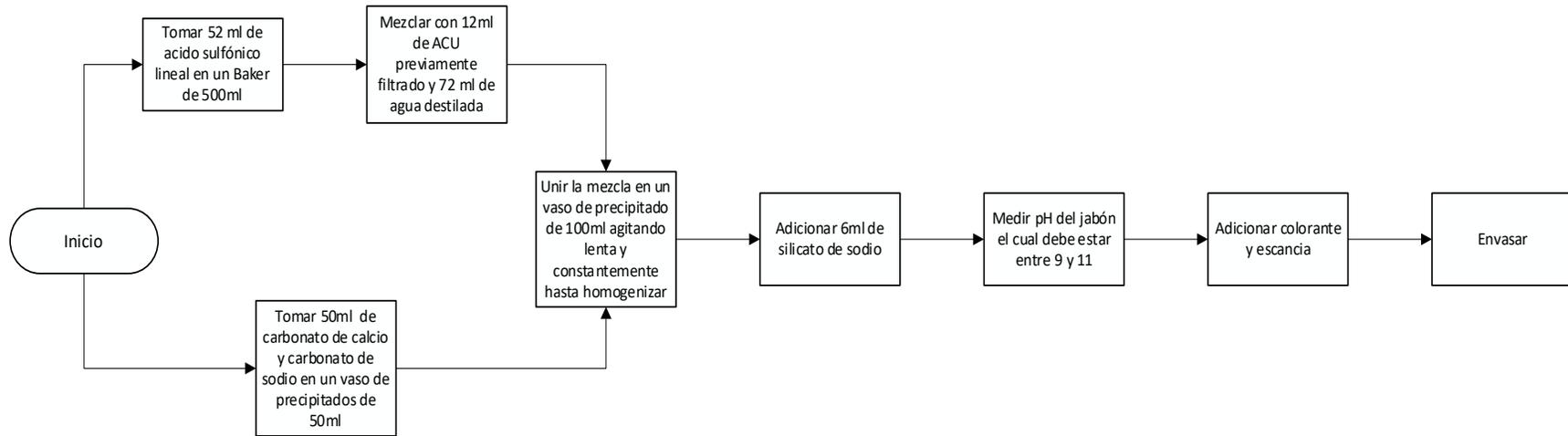
Para la elaboración de la pasta lava loza, como se evidencia en la figura 39, se mezcla 52 mL de ácido sulfónico lineal, con 12 mL de glicerina y 72 mL de agua en un vaso de precipitados.

Paralelamente, en otro vaso de precipitados se añaden 50 g de carbonato de sodio y 50 g de carbonato de calcio. Se unen las dos mezclas agitando constantemente hasta homogenizar. Finalmente, se le añade 6 mL de silicato de sodio y las esencias y colorantes establecidos.

Se toma el pH de la muestra, el cual debe estar entre un intervalo de 9 y 11.

**Figura 39.**

*Procedimiento pasta lava loza*

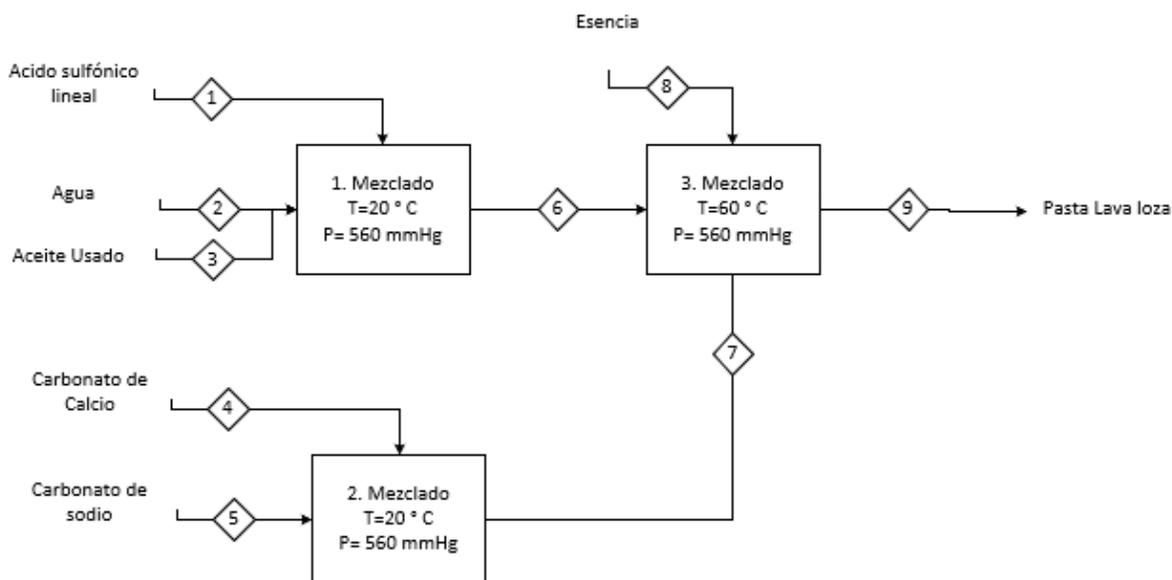


**Nota.** En el diagrama se describe el procedimiento para la elaboración de pasta lava loza a partir de aceite usado, a nivel laboratorio.

En la figura 40 y tabla 24, se puede identificar el balance de masa utilizado a nivel laboratorio para la obtención de la pasta lava loza.

**Figura 40.**

*Diagrama balance de masa pasta lava loza*



**Nota.** En la figura se estable el balance de masa de pasta lava loza, realizado a nivel laboratorio.

**Tabla 24.**

*Balance de masa pasta lava loza*

Corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Temperatura (°C)</b>	20	20	20	20	20	20	20	20	30
<b>Presión (mmHg)</b>	560	560	560	560	560	560	560	560	560
<b>Cantidad (g)</b>	60	12	72	50	50	144	100	5	249
<b>Fracción Másica</b>									
<b>Aceite Usado</b>	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,05
<b>Ácido sulfónico lineal</b>	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,24
<b>Agua</b>	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,29
<b>Carbonato de calcio</b>	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,20
<b>Carbonato de sodio</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,20
<b>Esencia</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,02

**Nota.** En la tabla se evidencia el balance de masa, según el proceso empleado para la elaboración de pasta lava loza, a partir de aceite usado.

Por otra parte, es relevante tener un dato aproximado de la cantidad jabón que se puede producir a futuro, teniendo en cuenta el suministro de aceite usado de los cinco puestos de comida seleccionados. Si se recolectan mínimo 2L de aceite por semana, y que para producir 300 g de jabón se necesitan 0,2 litros, se establece que por 2 L de ACU se pueden producen 3000 g de jabón semanal, es decir 156000 g de jabón al año con 104L de aceite usado.

Finalmente, es importante tener presente los residuos generados en el proceso de producción de jabones, como lo son los residuos sólidos orgánicos que se generan en la filtración del aceite usado. Esto se debe a que luego del proceso de fritura, el aceite puede contener restos de comida, tanto gruesos que pueden ser filtrables, como finos que se separan por decantación.

La materia orgánica presente en los residuos sólidos se degrada formando un líquido contaminante, de color negro y de olor muy penetrante, denominado lixiviado. Este líquido arrastra todo tipo de sustancias nocivas, algunos de ellos tóxicos y hasta cancerígenos. La humedad de los residuos y la lluvia son los dos factores principales que aceleran la generación de lixiviados. Si no se controlan adecuadamente, los lixiviados pueden contaminar los suelos y las aguas superficiales y subterráneas (acuíferos). Como se trata de un proceso contaminante que se produce de manera lenta, sus efectos no suelen percibirse hasta varios años después [72].

De manera que se recomienda hacer un estudio de la composición cualitativa y cuantitativa de los residuos sólidos generados, para determinar cómo podrían ser aprovechados, ya que dependiendo de el origen de los materiales orgánicos se puede saber si son riesgosos, y disponer adecuadamente o aprovechar para cultivo o suelos.

#### 4. ANÁLISIS FINANCIERO

En presente capítulo, se analizarán los costos e indicadores financieros para la producción de los tres tipos de jabones a escala laboratorio, en donde se tuvo en cuenta factores como, los resultados de productos generados a nivel experimental, el costo de los equipos, instrumentos y reactivos implementados para el proceso.

Cabe resaltar, que la información de costos fue suministrada por diferentes proveedores de la ciudad Bogotá, en el mes de Diciembre del 2022. Sin embargo, el precio a futuro se ve influenciado por la variación de la moneda extranjera, para los productos importados.

En la tabla 25, se identifican los costos de los reactivos utilizados para la caracterización físico química de las sustancias, teniendo en cuenta los parámetros analizados y cantidades utilizadas, según lo expuesto en el capítulo 2.

En tabla 26, se establecen los costos de los reactivos para la elaboración de los tres tipos de jabones, jabón en barra, líquido y jabón en pasta. Se reviso los costos de los reactivos a granel de distribuidores, seleccionando como alternativa de suministro principalmente la empresa Ciacomeq S.A.S [73], la cual es una comercializadora de productos químicos ubicada en la ciudad de Bogotá. Se elige, teniendo en cuenta que el análisis financiero se realiza a la escala experimental según alcance del proyecto.

En la tabla 27 y 28, se determinan los costos de los instrumentos y equipos necesarios para la caracterización del aceite usado y la elaboración de los jabones, seleccionado como proveedor principal la empresa Keck y Norquímicos [74] [75], los cuales distribuyen insumos, dotaciones y equipos de laboratorios. Adicional, se especifica los años de vida útil de cada equipo, y se calcula su respectiva depreciación, la cual será utilizada para el cálculo de los indicadores financieros.

**Tabla 25.***Costo de reactivos para la caracterización del aceite ( Pesos Colombianos)*

Reactivos	Función del reactivo	Proveedor	Cantidad	Valor	Cantidad requerida	Valor por g o ml	Valor total
Acetona pureza. 99.5-% No CAS: 67-64-1 AR	Índice de refracción	CIACOMEQ S.A.S	250ml	\$ 56.700	2ml	\$ 227	\$ 454
Alcohol etílico No. CAS 64-17-5	Índice de acidez	CIACOMEQ S.A.S	1L	\$ 115.000	100ml	\$ 115	\$ 11.500
Fenoltaleína CAS 77-09-8	Índice de acidez Índice de saponificación	G&N CHEMICALS	500ml	\$ 138.000	100ml	\$ 276	\$ 27.600
Ácido acético glacial pureza. 99.7-% No CAS: 64-19-7 AR Botella	Índice de peróxido	PanReac AppliChem	1L	\$ 128.250	50ml	\$ 128	\$ 6.400
Potasio yoduro (Potide) pureza. 99-% No CAS: 7681-11-0 Extra puro Frasco	Índice de peróxido Índice de yodo	CIACOMEQ S.A.S	250g	\$ 297.000	5g	\$ 1.188	\$ 5.940
Cloroformo estabilizado con metanol pureza. 99.8-% No CAS: 67-66-3 AR	Índice de peróxido Índice de yodo	A2Z Laboratory-101	1L	\$ 108.000	100ml	\$ 108	\$ 10.800
Sodio tiosulfato solución volumétrica estándar pureza. 0.1N (N / 10) No CAS: 7772-98-7	Índice de peróxido Índice de yodo	PanReac AppliChem	1L	\$ 94.500	200ml	\$ 95	\$ 19.000
Almidón soluble (Ex patata) pureza. No CAS: 9005-84-9	Índice de peróxido	MERCK 9005-84-9	100g	\$ 89.000	20g	\$ 890	\$ 17.800
Potasio yodato pureza. 99.5-% No CAS: :7758-05-06	Índice de peróxido	PanReac AppliChem	500g	\$ 384.500	20g	\$ 769	\$ 15.380
Ácido Clorhídrico 25% Número CAS: 7647-01-0	Índice de peróxido Índice de saponificación	PanReac AppliChem	100ml	\$ 189.418	5ml	\$ 1.894	\$ 9.470

Mercurio (II) acetato pureza. 99-% No CAS: 1600-27-7	Índice de yodo	keck	100g	\$	607.500	2ml	\$	6.075	\$	12.150
Potasio hidróxido perlas pureza. 85-% No CAS: 1310-58-3 AR	Índice de saponificación	MERCK	1kg	\$	154.000	100g	\$	154	\$	15.400
Etanol	Índice de saponificación	keck	1L	\$	133.650	100L	\$	134	\$	13.400
Sodio hidróxido perlas pureza. 98-% No CAS: 1310-73-2 AR	Índice de acidez	keck	1kg	\$	81.000	80g	\$	81	\$	6.480
<b>Total costo caracterización</b>									<b>\$</b>	<b>171.774</b>

**Nota.** En la tabla de se establece el costo de los reactivos, según cotizaciones con proveedor y requerimientos para la caracterización del aceite usado.

**Tabla 26.**

*Costo de reactivos para la elaboración del jabón ( Pesos Colombianos)*

Reactivos	Función del reactivo	Proveedor	Cantidad	Valor	Cantidad requerida	Valor por g o ml	Valor total			
Sodio hidróxido perlas pureza. 98-% No CAS: 1310-73-2 AR	Elaboración de jabón	Keck	1kg	\$	81.000	25,5g	\$	81	\$	2.066
Sodio cloruro pureza. 99.5-% No CAS: 7647-14-5 Extra puro	Elaboración de jabón	PanReac AppliChem	500g	\$	118.072	5g	\$	236	\$	1.180
Sodio lauril sulfato (SDS) pureza. 99-% No CAS: 151-21-3 AR Frasco	Elaboración de jabón	EASTCHEM	1L	\$	125.020	10ml	\$	125	\$	1.250
Carboximetil celulosa sal sódica viscosidad	Elaboración de jabón	Keck	500g	\$	391.500	10g	\$	783	\$	7.830

media (CMC) pureza.  
No CAS: 9004-32-

Acido sulfónico lineal	Elaboración de jabón	Brymar Sas	4kg	\$ 62.000	60ml	\$ 16	\$ 960
Sodio bicarbonato pureza. 99.7-% No CAS: 144-55-8 AR Frasco	Elaboración de jabón	PanReac AppliChem	500g	\$ 56.700	100g	\$ 113	\$ 11.300
Calcio carbonato pureza. 98-% No CAS: 471-34-1 Extra puro	Elaboración de jabón	PanReac AppliChem	500g	\$ 110.535	20g	\$ 221	\$ 4.420
CAS 1344-09-8 Silicato de sodio	Elaboración de jabón	EASTCHEM	1L	\$ 84.911	15ml	\$ 85	\$ 1.275
<b>Total</b>						<b>\$ 30.281</b>	

**Nota.** En la tabla de se establece el costo de los reactivos, según cotizaciones con proveedor y requerimientos para la elaboración de jabones a partir de aceite usado.

**Tabla 27.**

*Costo de instrumentos para la elaboración del jabón ( Pesos Colombianos)*

Instrumento	Marca	Capacidad	Valor unidad	Cantidad requerida	Valor total	Vida útil	Depreciación
Beaker en vidrio o vaso precipitado	LABSCIEN MODELO FORMA BAJA	50ml	\$ 10.000,00	3,0	\$ 30.000,00	2,0	\$ 15.000,00
Beaker en vidrio o vaso precipitado	LABSCIEN MODELO FORMA BAJA	150ml	\$ 12.000,00	3,0	\$ 36.000,00	2,0	\$ 18.000,00
Beaker en vidrio o vaso precipitado	LABSCIEN MODELO FORMA BAJA	200ml	\$ 23.000,00	3,0	\$ 69.000,00	2,0	\$ 34.500,00
Beaker en vidrio o vaso precipitado	LABSCIEN MODELO FORMA BAJA	1000ml	\$ 32.800,00	3,0	\$ 98.400,00	2,0	\$ 49.200,00

Erlenmeyer de vidrio	LABSCIEN MODELO FORMA BAJA	250ml	\$ 16.999,00	3,0	\$ 50.997,00	2,0	\$ 25.498,50
Picnómetro de Gay Lussac	BRAND MODELO 43328-B	10ml	\$ 144.202,00	1,0	\$ 144.202,00	2,0	\$ 72.101,00
Capsula de porcelana o vidrio 165mm	IMP MODELO caps	—	\$ 52.000,00	3,0	\$ 156.000,00	2,0	\$ 78.000,00
Termómetro de laboratorio de 12	Midwest Homebrewing And Winema MODELO DP-1K55-796C	—	\$ 112.900,00	1,0	\$ 112.900,00	2,0	\$ 56.450,00
Vidrio de reloj	FISHER SCIENTIFIC MODELO 702610H	150mm	\$ 29.900,00	3,0	\$ 89.700,00	2,0	\$ 44.850,00
Condensador en vidrio esmerilado	Unbrand modelo Condenser Pipe	—	\$ 117.772,00	1,0	\$ 117.772,00	2,0	\$ 58.886,00
Pipeta graduada	OMNILAB MODELO CERTIFICADA	5ml	\$ 19.000,00	2,0	\$ 38.000,00	2,0	\$ 19.000,00
Pipeta graduada	OMNILAB MODELO CERTIFICADA	10ml	\$ 24.000,00	2,0	\$ 48.000,00	2,0	\$ 24.000,00
Pipeta graduada	OMNILAB MODELO CERTIFICADA	25ml	\$ 32.999,00	2,0	\$ 65.998,00	2,0	\$ 32.999,00
Bureta	OMNILAB MODELO CERTIFICADA	50ml	\$ 208.000,00	2,0	\$ 416.000,00	2,0	\$ 208.000,00
Probeta	GLASSCO	100ml	\$ 34.999,00	2,0	\$ 69.998,00	2,0	\$ 34.999,00
Soporte universal de hierro con varilla roscada	LBATECO MODELO RECTANGULAR	-	\$ 84.999,00	1,0	\$ 84.999,00	4,0	\$ 21.249,75
Aro metalico	LABATECO	-	\$ 32.000,00	1,0	\$ 32.000,00	4,0	\$ 8.000,00
Indicador de pH	MERCK PH 0 A 14	-	\$ 59.999,00	1,0	\$ 59.999,00	0,1	\$ 599.990,00
Embudo de separación en vidrio	R200	20mm diametro	\$ 78.000,00	2,0	\$ 156.000,00	2,0	\$ 78.000,00
Gasa para filtrar	Vital Medic No tejida-No Estéril.	-	\$ 17.000,00	2,0	\$ 34.000,00	0,1	\$ 340.000,00
Barra pescadora de agitador Magnético 5cm	B25cm	-	\$ 59.000,00	4,0	\$ 236.000,00	5,0	\$ 47.200,00

Espátula de laboratorio	AceQ Laboratorios	-	\$ 40.000,00	3,0	\$ 120.000,00	5,0	\$ 24.000,00
<b>Total</b>					<b>\$ 2.265.965,00</b>		<b>\$ 1.889.923,25</b>

**Nota.** En la tabla se estable el costo de los instrumentos, según cotizaciones con los proveedores y requerimientos del proceso de elaboración de jabones establecido.

**Tabla 28.**

*Costo de equipos para la elaboración del jabón (Pesos Colombianos)*

Equipo	Descripción	Valor unidad	Cantidad requerida	Valor total	Vida útil	Depreciación	Salvamento
Balanza analítica	Balanza Para Laboratorio Analítica Digital 500gr X 0,01g	2	\$ 137.000	\$ 274.000	10	\$ 27.400	\$ 137.000
Plancha de calentamiento	Temperatura con placa superior de aluminio para calentamiento	1	\$ 199.900	\$ 199.900	10	\$ 19.990	\$ 99.950
					10		
Agitador magnético con plancha de calentamiento	Agitador magnético con perilla para regular velocidad y temperatura rango de velocidad 250 - 1500	1	\$ 2.199.999	\$ 2.199.999		\$ 220.000	\$ 1.100.000
					10		
potenciómetro ph	Medidor de pH para laboratorios	1	\$ 646.000	\$ 646.000		\$ 64.600	\$ 323.000
<b>Total</b>				<b>\$ 3.319.899</b>		<b>\$ 331.990</b>	<b>\$ 1.659.950</b>

**Nota.** En la tabla se establece el costo de los equipos , según cotizaciones de los proveedores y requerimientos a nivel laboratorio.

Para la determinación de los indicadores, se opta por realizar un flujo de efectivo, a un mes teniendo en cuenta la escala experimental que se manejó.

Para ello, se tuvo en cuenta los rendimientos generados a escala laboratorio en la elaboración de jabón, precio comercial de los jabones y cantidad de aceite que se puede obtener en un año según la información de los puestos de comida seleccionado, para establecer los ingresos de la operación.

Cabe resaltar, que para la elaboración de los tres tipos de jabones, se consumió en general 36 ml de aceite usado. Se decide calcular los indicadores, suponiendo la repetición de seis veces el experimento en una proyección a un mes.

En la tabla 29, se establecen los rendimientos obtenidos por experimento de cada tipo de jabón, con el fin de determinar los ingresos y costo a nivel experimental.

**Tabla 29.**

*Ingreso por tipo de jabón por experimento (Pesos Colombianos)*

Tipo de Jabón	Cantidad Estándar mercado	Ume	Precio /Ume	Cantidad elaborar por experimento	Ingreso por experimento
Jabón sólido	400 g		\$ 5.500	800	\$ 11.000
Pasta de Jabón	450 g		\$ 6.500	700	\$ 9.333
jabón líquido	500 ml		\$ 12.300	1000	\$ 15.600
				<b>Total</b>	<b>\$ 35.933</b>

**Nota.** En la tabla se establece la cantidad de jabón a obtener, según los rendimientos experimentales.

En la tabla 30, se establecen los costos para repetir seis veces el experimento, y eliminar incertidumbre de los datos.

Es relevante mencionar, que para el cálculo del flujo, no se tuvo en cuenta el costo de los equipos, ya que se opta por alquilarlos a nivel laboratorio y tener un mejor acercamiento a los beneficios del experimento.

**Tabla 30.**

Flujo de efectivo para la elaboración de tres tipos de jabones

Descripción	0	Mes 1
Ingresos por Venta Productos		\$ 274.267
Costo de reactivos		\$ 181.683
Costo de Caracterización		\$ 61.839
Depreciación de Equipos		
Inversión de capital de trabajo	-\$ 20.293,47	\$ -
Recuperación de capital de trabajo		
<b>Flujo de caja neto</b>	<b>-\$ 20.293,47</b>	<b>\$ 30.745</b>

**Nota.** En la tabla se establece el flujo de caja neto para el primer mes, en la elaboración de los jabones a nivel experimental.

#### 4.1 WACC

El WACC es el coste promedio ponderado del capital (CPPC), siendo la tasa de descuento que se utiliza para descontar los flujos de caja futuros a la hora de valorar un proyecto de inversión [76].

En este caso, como se identifica en la tabla 31, se obtuvo un WACC de 11,8%, teniendo en cuenta no tenemos tasa de impuesto al crédito, ya que no se va a incurrir en financiación.

Para la tasa de descuento, se tiene en cuenta la proyección de la inflación dada por Bancolombia y la tasa de interés promedio (DTF) 2022, según reporte del banco de la república, como se evidencia en la tabla 32 [77] [78].

**Tabla 31.***Resultados del WACC*

WACC		
KD	tasa de impuesto del crédito- impuesto de renta	10,2%
WD	Deuda Total/ total de la inversión	0%
KP	Tasa de descuento	11,76%
WP	Recursos/ Total de la Inversión	100%

<b>TOTAL WACC</b>	<b>11,8%</b>
-------------------	--------------

**Nota.** En la tabla se estable el cálculo del WACC.

**Tabla 32.**

*Tasa de descuento*

<b>Tasa de descuento</b>	
DTF promedio 2022	8%
Tasa de inflación proyectado 2020-2023	3%
<b>Tasa de descuento</b>	<b>11,8%</b>

**Nota.** En la tabla se establece el calculo de la tasa de descuento, teniendo en cuenta el porcentaje proyectado de inflación y el DTF promedio del año 2022.

#### **4.2 Valor presente neto (VPN)**

El valor presente neto, es el valor de los flujos de efectivo proyectados, descontados al presente, siendo un método para la elaboración de presupuesto de capital, para evaluar la rentabilidad de las inversiones y proyectos propuestos [79].

En este caso, al no incurrir en activos para la elaboración de los jabones, teniendo en cuenta que el análisis se esta realizando a escala experimental, el valor presente neto del primer mes, tomando la tasa del WACC, es un valor de \$7.217 COP.

#### **4.3 Tasa interna de retorno (TIR)**

La tasa interna de retorno (TIR) es la rentabilidad que ofrece una inversión, siendo el porcentaje de beneficio o pérdida de la inversión [80].

Se obtuvo como resultado una TIR del 52%, siendo en este caso un proyecto viable, debido a que la tasa de descuenta es inferior, por ende, cuesta menos financiar el proyecto vs lo que obtenemos a largo plazo por inversión.

#### 4.4 Costo beneficio (C/B)

El costo beneficio se realiza para medir la relación que existe entre los costos de un proyecto y los beneficios que otorga. Como se evidencia en la tabla 33, se calculan los ingresos totales, egresos, costo- inversión, para determinar el costo beneficio, obteniendo como resultado un valor de 1,08 [81].

Como el indicador es cercano al 1, se requiere que el proyecto realice cambios con el objetivo de disminuir los costos para la elaboración de los tres tipos de jabones, sin embargo, se debe tener en cuenta que el estudio es a escala experimental y por ende, no se puede comparar los rendimientos vs procesos industriales.

**Tabla 33.**

*Costo Beneficio*

<b>Ingresos</b>	\$	181.031,63
<b>Egresos</b>	\$	146.862,70
<b>Costo-Inversión</b>	\$	167.156,17
<b>C/B</b>		1,08

**Nota.** En la tabla se estable el resultado del indicador costo-beneficio, teniendo en cuenta los ingresos y egresos del proyecto.

## 5. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la caracterización de los aceites usados de cocina, se determinó que a pesar de someterse a procesos de fritura que elevan la temperatura de tal manera que superan su punto crítico, se encuentra en condiciones adecuadas para elaborar los tres tipos de jabón escogidos, debido a que, aunque poseen una degradación avanzada debido a su uso, aún conservan propiedades útiles para la elaboración de jabones, proporcionando el cumplimiento al objetivo específico número 1.

Los tres tipos de jabón propuestos, solido, líquido y pasta lava loza, se lograron realizar a nivel laboratorio, cumpliendo con las especiaciones de pH establecidos por el mercado, donde el jabón solido se encuentra con pH entre de 7-8, para el jabón líquido con un pH cercano a 7, para la crema lava platos con un pH entre 9 y 11, dando alcance al cumplimiento del objetivo específico número 2.

Los productos propuestos contribuyen a la reducción de la contaminación de aguas residuales, ríos, mares y suelos, generados por la incorrecta disposición de los residuos de aceite de cocina usado, en este caso, enfocado a la problemática de los puestos de comida informales los cuales no tienen acceso a los agentes recolectores de residuos.

En el presente trabajo, se demuestra que es factible la elaboración de jabón utilizando el aceite usado de puestos de comida como materia prima, donde a partir del estudio financiero a escala experimental, se establece que proyecto que resulta beneficioso con una tasa interna de retorno del 53% y un costo beneficio del 8%, lo cual resulta rentable y contribuye con la disminución del impacto ambiental negativo a través de su reutilización, dando alcance al cumplimiento del objetivo específico numero 3.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Esquivel Ramírez, A. Castañeda Ovando y J. R. Godínez, «Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura. Riesgos en la salud,» *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 2012.
- [2] D. Franco, «Aplicaciones de Aceites y Grasas,» 2011.
- [3] F. Sánchez, «Un crítico acercamiento a la normatividad, en el marco del manejo y disposición de aceites Un crítico acercamiento a la normatividad, en el marco del manejo y disposición de aceites,» *Universidad distrital*, 2021.
- [4] «La gestión de residuos en la empresa: motivaciones para su implantación y mejoras asociadas,» *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 18, pp. 216-227, 2012.
- [5] M. d. a. y. d. sostenible, «Colombia ya cuenta con su primer laboratorio de economía circular,» 1 Agsoto 2022.
- [6] G. Petro, «Hacia una sociedad con basura cero,» 2022. [En línea]. Available: <https://gustavopetro.co/basura-cero/>. [Último acceso: 01 Diciembre 2022].
- [7] I. Gonzalez Canal y J. A. Gonzalez, «Aceites usados de cocina. Problematica ambiental, incidencias en redes de sanamiento y coste de tratamiento en depuradoras,» Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia.
- [8] Medioambiente, «Aceite de cocina, otra amenaza para los acuíferos,» *Semana*, 2019.
- [9] Portafolio, «En alza, el aceite industrial en plan de re-refinación,» *Portafolio*, Agosto 2020.
- [10] «En alza, el aceite industrial en plan de re-refinación,» 29 Septiembre 2020.
- [11] «En Bogotá habría 39.620 vendedores informales, según informe del Ipes,» *El tiempo*, 02 Mayo 2020.
- [12] «Concentración de ventas informales junto a estaciones de TransMilenio,» *El tiempo*, 21 Abril 2018.

- [13] A. O. David Ocho Valencia, «Informalidad en Colombia. Causas, efectos, y características de la economía del rebusque.,» *Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas*, 2004.
- [14] «¿Qué Impacto Tiene El Uso De Jabones Y Detergentes En El Medio Ambiente?,» *Revista de negocios sustentables*, 2020.
- [15] A. F. Jaime Alfonso y J. D. Munar Orjuela, Artists, *Desarrollo de una alternativa de producto utilizando aceites de cocina usados tratados por la empresa Greenfuel Colombia*. [Art]. Fundación universidad de America, 2020.
- [16] L. A. R. Vija, Artist, *Reutilización de aceites de cocina usados en la producción de aceites epoxiados*. [Art]. Universidad nacional de Colombia, 2018.
- [17] S. Gomez y J. Morales, Artists, *Aplicación de las reglas heurísticas en la síntesis de procesos*. [Art]. Unalmed, 2008.
- [18] D. Altmajer Vaz, «Formulaciones Detergentes Biodegradables: Ensayos de Lavado,» 2004.
- [19] Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico , «Aceites de cocina Usados,» España, [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/aceites-cocina/>. [Último acceso: 05 Noviembre 2022].
- [20] J. A. H. P. N. S. V. Katerin Hoyos Muñoz, «Alternativas en la utilidad del aceite de cocina usado: una mirada al aprovechamiento de este residuo.,» Universidad nacional de Colombia.
- [21] A. S. Tejedor, «Tecnología de grasas, aceites y ceras,» *Química Orgánica Industrial*.
- [22] A. C. S. Hurtado, «La fritura de los alimentos: el aceite de fritura,» *Perspectivas en nutrición humana*, vol. 11, p. 1, 2009.
- [23] R. Legaz Berbel, Artist, *Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible*. [Art]. E. T. Industrial, especialitat en Química Industrial, 2010.

- [24] S. Durán Agüero, J. Torres García y J. Sanhuesa Catalán, «Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y,» *Nutrición hospitalaria*, p. 11, 19 11 2015.
- [25] Fundación Iberoamericana de nutrición, «Grasas y ácidos grasos en nutrición humana,» Ginebra, 2008.
- [26] D. Tabio García, Y. Díaz Dominguez, M. Rondón Macias, E. Fernandez Santana y R. Piloto Rodriguez, Artists, *Extracción de aceites de origen vegetal*. [Art]. Universidad tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría", 2017.
- [27] J. M. Diaz Camelo, Artist, *Exploración del proceso de tratamiento y limpieza de aceite usado de cocina para la producción de biodiesel*. [Art]. Universidad de los andes/ Facultad de ingeniería, 2005.
- [28] Quminet, «Principales aplicaciones de los aceites vegetales comestibles,» 5 agosto 2012. [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/principales-aplicaciones-de-los-aceites-vegetales-comestibles-2558747.htm>. [Último acceso: 25 Mayo 25].
- [29] V. Garcia, «Guía completa del aceite en la cocina: cuál elegir y cómo usarlo.,» 15 Mayo 2020. [En línea]. Available: [https://www.cuerpomente.com/blogs/gastronomia-consciente/aceites-para-cocinar-como-elegir-como-usar\\_1442](https://www.cuerpomente.com/blogs/gastronomia-consciente/aceites-para-cocinar-como-elegir-como-usar_1442). [Último acceso: 25 05 2022].
- [30] A. N. d. I. E. y. R. d. A. C. –Anierac-, «Ministerio para la transformación ecológica y el reto demografico,» 2009. [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/aceites-cocina/>. [Último acceso: 25 05 2022].
- [31] A. C. O. J. R. G. Anahi Esquivel Ramírez, Artist, *Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura. Riesgos en la salud*. [Art]. Universidad Autonoma del estado Hidalgo.
- [32] M. D. Juárez y N. Sammán, «El deterioro de los aceites durante la fritura,» *Esp Nutr Comunitaria*, pp. 83-88, 2007.

- [33] E. Ruber y G. Juan, Artists, *Formación de hidrocarburos aromaticos policíclicos y del 3.4-benzopireno en aceites comestibles alterados por recalentamiento*. [Art]. Universidad nacional mayor de san marcos, 2002.
- [34] Palermo, «Biodisel,» 2008 Noviembre 19. [En línea]. Available: [https://www.palermo.edu/economicas/pdf\\_economicas/Presentacion\\_biocom\\_Steinberg.pdf](https://www.palermo.edu/economicas/pdf_economicas/Presentacion_biocom_Steinberg.pdf). [Último acceso: 2022 05 25].
- [35] A. G. Preciado, Artist, *Evaluación del Aceite Reciclado de Cocina para su*. [Art]. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, 2017.
- [36] V. consciente, «Estilo de vida consciente, saludable y sostenible,» Noemí Rodríguez Romero , 19 11 2008. [En línea]. Available: <https://viviendoconsciente.com/velas-naturales/>. [Último acceso: 2022 05 25].
- [37] C. Guerrero, Artist, *Diseño de una planta de fabricación de jabon a partir de aceites vegetales*. [Art]. Universidad de Almería, 2014.
- [38] N. jurídicas, «Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados,» *Noticias jurídicas*, 29 julio 2011.
- [39] P. recicla, «Innovación social y ambiental con la recogida de aceite usado en Getafe.,» 01 04 2017. [En línea]. Available: <https://www.ecoembes.com/es/planeta-recicla/blog/innovacion-social-y-ambientalcon-la-recogida-de-aceite-usado-en-getafe>. [Último acceso: 2022 05 25].
- [40] Noti RSE, «Analía Blanco Fabrica Jabones Biodegradables Con Aceite De Cocina Usado,» 2014. [En línea]. Available: <https://noti-rse.com/ambiente/analia-blanco-fabrica-jabones-biodegradables-con-aceite-de-cocina-usado/>. [Último acceso: 03 Octubre 2022].
- [41] «"disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones",» Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 01 marzo 2018. [En línea]. Available: <http://www.andi.com.co/Uploads/Resoluci%C3%B3n%20316%20de%202018-.pdf>.

- [42] «Te contamos dónde llevar tu aceite de cocina usado,» Grupo emp, [En línea]. Available: <https://www.emvarias.com.co/internac-contenido/artmid/2922/articleid/19/te-contamos-d243nde-llevar-tu-aceite-de-cocina-usado>. [Último acceso: 2022 05 25].
- [43] «Acueducto de Bogotá instala contenedor para aceite de cocina usado,» Bogotá te escucha, 17 12 2019. [En línea]. Available: <https://bogota.gov.co/asi-vamos/contenedor-para-depositar-el-aceite-usado>. [Último acceso: 2022 05 25].
- [44] S. S. Cardenas, «Pandemia hizo que gasto en productos de aseo para el hogar aumentara 11% en 2020,» *La republica*, 04 Marzo 2021.
- [45] A. Arcila, «Los reyes de los jabones y detergentes en Colombia,» *Las dos orillas*, 29 Marzo 2020.
- [46] Unilever, «Somo Unilever,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.unilever-northlatam.com/our-company/>. [Último acceso: 01 Diciembre 2022].
- [47] P&G, «Protect and Gamble,» 2022. [En línea]. Available: <https://latam.pg.com/>. [Último acceso: 01 Diciembre 2022].
- [48] C. School, «Industrial and Domestic Soap Production and Manufacturing Process,» [En línea]. Available: <https://www.chemistryscl.com/industrial/soap-production-manufacturing-process-saponification/index.php>. [Último acceso: 01 Noviembre 2022].
- [49] O. A. A. T. H. P. A. M. C. M. G. C. P. S. D. K. R. H. T. Natalia Prieto Vidal, «The Effects of Cold Saponification on the Unsaponified Fatty Acid Composition and Sensory Perception of Commercial Natural Herbal Soaps,» *Molecules*, 2018.
- [50] C. Caisaguano y M. d. Pilar, Artists, *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de jabón de tocador artesanal, ubicada en la provincia de Cotopaxi, en la ciudad de Latacunga..* [Art]. Universidad Politécnica Salesiana.
- [51] R. G. León Alvear y C. E. Barbosa Lanchimba, Artists, *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de jabón*

- artesanal exfoliante de harina de maíz y efervescente en la Ciudad de Quito.* [Art]. Universidad central del Ecuador, 2012.
- [52] Gestor Normativo, *Ley 1286 de 2009*, 2009.
- [53] Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, «Decreto 1713 de 2002 Nivel Nacional,» Bogota D.C, 2002.
- [54] Consejo Nacional de Política Económica y Social, «Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos,» Colombia, 2016.
- [55] S. J. Distrital, «Acuerdo 634 de 2015 Concejo de Bogotá D.C,» 2015.
- [56] M. d. A. y. D. sostenible, «Resolución 0316,» 2018.
- [57] S. d. Ambiente, *Residuos*, Bogota.
- [58] ICONTEC, *Norma técnica Colombiana NTC 5131*, 2011.
- [59] Ministerio de salud y protección social- ambiente y desarrollo sostenible, *Resolución 0689*, 2016.
- [60] Ministerio de Protección Social, *Resolución Numero 1974 de 2008*, 2008.
- [61] Servicio legal, «Registro sanitario de cosméticos en Colombia,» 27 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://serviciolegal.com.co/registro-sanitario-de-cosmeticos-en-colombia/>. [Último acceso: 01 Febrero 2023].
- [62] «Aceite Vegetal Puro del Llano,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.delllano.com/portafolio-productos>. [Último acceso: Noviembre 15 2022].
- [63] Greenfuel Colombia, 2022. [En línea]. Available: <https://greenfuel.com.co/nosotros/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2022].
- [64] Libretexts, «Differences in Matter- Physical and Chemical Properties,» 02 Agosto 2022. [En línea]. Available: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory\\_Chemistry/Map%3A\\_Introductory\\_Chemistry\\_\(Tro\)/03%3A\\_Matter\\_and\\_Energy/3.05%3A\\_Differences\\_in\\_Matter-\\_Physical\\_and\\_Chemical\\_Properties#:~:text=Summary-,A%20physical%20property%20is%20a%20characteristic%2](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Map%3A_Introductory_Chemistry_(Tro)/03%3A_Matter_and_Energy/3.05%3A_Differences_in_Matter-_Physical_and_Chemical_Properties#:~:text=Summary-,A%20physical%20property%20is%20a%20characteristic%2). [Último acceso: 16 Noviembre 2022].

- [65] J. A. V. Juan Alberto Herrera Restrepo, Artist, *Caracterización y aprovechamiento del aceite residual de frituras para la obtención de un combustible (Biodisel)*. [Art]. Universidad tecnológica de Pereira, 2008.
- [66] *Evaluación de los métodos analíticos para la determinación del porcentaje de humedad en aceites de una compañía ecológica*. [Art]. Universidad de Carabobo, 2000.
- [67] Norma Técnica Colombiana 287, Grasas y aceites animales y vegetales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil, 2018.
- [68] L. Prabu y S. Prakash, «Cleaning Validation and Its Regulatory Aspects in the Pharmaceutical Industry,» Department of Pharmaceutical Technology, 2014.
- [69] «Ingeniería de la reacción química».
- [70] G. S. A. S. R. B. José Carrillo, «Elaboración de detergentes lavaplatos líquido,» Merida, 2012.
- [71] Higiaeco, «Qué es y cómo se usa el carbonato sódico para limpiar la casa de forma natural,» [En línea]. Available: <https://www.higiaeco.es/blog/carbonato-sodico-limpieza-natural>. [Último acceso: 30 Noviembre 2022].
- [72] N. Sanchez Moreno y D. Sarmiento Lozano, Artists, *Propuesta de instalación de un punto de acopio de aceite de cocina usado en la zona de comidas de la plaza de mercado de Sogamoso*. [Art]. Universidad distrital Francisco Jose de Caldas, 2016.
- [73] Ciacomeq S.A.S, 2019. [En línea]. Available: <https://ciacomeq.com/>. [Último acceso: 01 Diciembre 2022].
- [74] Keck, 2023. [En línea]. Available: <https://www.keck.com.co/>. [Último acceso: 01 Diciembre 2022].
- [75] «Norquimicos,» 2022. [En línea]. Available: <https://norquimicos.com.co/>. [Último acceso: 01 Diciembre 2022].
- [76] «Qué es el WACC y para qué sirve,» Empresa Actual, [En línea]. Available: <https://www.empresaactual.com/el-wacc/>. [Último acceso: 18 Noviembre 2022].
- [77] B. d. l. r. d. Colombia, «Tasas de captación semanales y mensuales,» 2022.

- [78] Bancolombia, «Proyecciones económicas para Colombia 2021-2025,» 2021.
- [79] S. Gasbarrino, «Valor presente neto: qué es y cómo se calcula (incluye ejemplos),» Marketing, [En línea]. Available: <https://blog.hubspot.es/sales/que-es-valor-presente-neto>. [Último acceso: 01 Diciembre 2022].
- [80] A. S. Arias, «Tasa interna de retorno (TIR),» Economipedia, 2022. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>. [Último acceso: 01 Diciembre 2022].
- [81] N. Rodrigues, «Cómo realizar un análisis de costo-beneficio paso a paso,» Hubspot, [En línea]. Available: <https://blog.hubspot.es/sales/analisis-costo-beneficio>. [Último acceso: 01 Diciembre 2022].
- [82] L. E. Moyano Castillejo , Plan de negocios, Lima, Perú: Edi. Macro , julil, 2015.
- [83] Universidad Católica Sedes Sapientiae, Centro de apoyo al sector empresarial (CEASE), Elaboración de plan de negocio para MYPE, Chincha, Perú, 2011, p. 11.
- [84] B. Bravo, «Plan de negocios empresa de productos panificados congelados,» Mendoza, Argentina, 2014.
- [85] ProInversión. Agencia de promoción de la inversión privada, «Guía para el desarrollo de la micro y pequeña empresa,» Lima, Perú.
- [86] J. Garcia y C. Casanueva , Prácticas de la gestión empresarial, España: McGraw-Hill Interamericana de España, 2000, p. pag. 3.
- [87] Real Academia Española, *Definición de empresa*.
- [88] La empresa y su organización.
- [89] M. Hill, La organización en la empresa, McGraw Hill.
- [90] A. Guzmán Vásquez y M. A. Trujillo Dávila , Emprendimiento social, Bogotá, Colombia, 2008.
- [91] Real Academia Española (RAE), Definición de emprender.
- [92] T. Duarte y M. Ruiz Tibana , «Emprendimiento, una opción para el desarrollo,» Pereira, Colombia, 2009.

- [93] Ley 2069 "Por medio del cual se impulsa el emprendimiento en Colombia", 2020.
- [94] Estrucplan, «Informe Técnico Sobre Aceites Usados Y Sus Usos,» 2011.
- [95] «Diseño de proceso para la elaboración de jabón,» *Universidad de Piura*, Junio 2020.
- [96] Huella Social, «Recicle el aceite usado de cocina y evite riesgos para su mesa». *El tiempo*.
- [97] Negocios, «Cosméticos, un mercado que vale en Colombia 3.280 millones de dólares,» *Portafolio*, 2018.
- [98] ProdColombia, «Oportunidades de Negocio en Sector Cosméticos y aseo personal».
- [99] Gestor Normativo, *Ley 1780 de 2016*, 2016.
- [100] Gestor Normativo, *Ley 590 de 2000*, 2000.
- [101] Gestor Normativo, *Ley 1735 de 2014*, 2014.
- [102] M. D. Juárez y S. Norma, «El deterioro de los aceites durante la fritura,» *Esp Nutr Comunitaria*, 2007.
- [103] A. Cruz y A. Davis, Artists, *Diseño de un sistema de recolección de aceite usado de cocina para la elaboración de jabón artesanal, en el distrito*. [Art]. Universidad de Piura-Facultad de ingeniería, 2021.
- [104] M. P. García Sarmiento y M. A. Ruiz Gaitan, Artists, *plan de negocio para la producción y comercialización de jabón artesanal*. [art]. universidad santo tomás, 2020.
- [105] N. A. Parrado, Artist, *Análisis de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizados en doce frituras sucesivas empleados para freir papa sabanera tipo francesa*. [Art]. Pontificia Universidad Javeriana.
- [106] J. P. P. S. T. K. Anwesa Sarkar, «A novel method of using refractive index as a tool for finding the quality of aqueous enzymatic extracted algae oil,» *Pelagia Research Library*, vol. 4, nº 6, 2015.

- [107] A. P. Alejandraa Aldana, Artist, *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de jabon*. [Art]. Fundación universitaria católica Lumen Gentium , 2015.
- [108] A. G. Preciado, Artist, *Evaluación del Aceite Reciclado de Cocina para su*. [Art]. Evaluación del Aceite Reciclado de Cocina para su, 2017.
- [109] D. A. d. M. Ambiente, *Resolución 1188 DE 2003*, Bogotá, 2003.

## **ANEXOS**

### **RECOMENDACIONES**

Los aceites de cocina usados son sustancias que debido a sus propiedades físico químicas, permite una gran versatilidad para la elaboración de productos después de su uso. Por tal motivo, es necesario ampliar el análisis para la fabricación de otros tipos de productos, con el objetivo de profundizar el área y evaluar las mejores condiciones a utilizar el aceite usado.

Se recomienda, ampliar la caracterización físico química del aceite usado, como la determinación de compuestos polares, con el fin de tener un panorama más amplio del estado del aceite.

Adicional, se recomienda hacer pruebas a los jabones elaborados, tales como el contenido de humedad, contenido de espuma, porcentaje de sólidos, solubilidad, determinación de óxidos, determinación de cloruros y dureza total, siguiendo la Norma técnica colombiana 5131, para garantizar que el producto se encuentra en óptimas condiciones para ser manipulado y utilizado por el consumidor, teniendo en cuenta que por temas de tiempo y alcance del proyecto no son especificadas.

Se sugiere realizar el escalamiento piloto e industrial de los productos propuestos, con el fin de desarrollar un modelo de negocio que permita abarcar los residuos de aceite generados por los puestos de comida informales, los cuales no realizan la correcta disposición de los mismos.