

**DESARROLLO DE UN DESENGRASANTE BIODEGRADABLE A PARTIR DEL
APROVECHAMIENTO DE DESECHOS ORGÁNICOS DE LA CORTEZA DE LA
NARANJA (*Citrus sinensis*)**

**MARÍA CAMILA MUÑOZ OBREGÓN
YURIAN STEPHANNY VANEGAS VILLANUEVA**

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

Director

DAVID LEONARDO SOTELO TOBON

M.Sc. cPh.D

Co-director

LILIAM TERESITA MANRIQUE DELGADO

MEng.

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

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN.

David Leonardo Sotelo Tobon

Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C. Agosto de 2021.

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luís Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. Jose Luis Macias Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Programa de Ingeniería de Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme y darme la sabiduría y capacidades necesarias para culminar mi carrera universitaria. A mis padres, Germán Muñoz y Marilyn Obregón por brindarme su apoyo, compañía, amor y por formarme como persona íntegra, amorosa y dedicada, por darme el mejor ejemplo a seguir. A mis hermanos, Alejandra y Gero por acompañarme en el camino y por ser el mejor regalo que me dieron mis padres.

A mi familia, amigos, mis colegas Sara Vera y Yurian Vanegas, compañeros, conocidos y profesores, que fueron parte de este proceso, les agradezco su apoyo brindado, las palabras de aliento para seguir, las enseñanzas y experiencias vividas en el transcurso de este proceso.

Al director David Sotelo, por guiarnos, apoyarnos y brindarnos su conocimiento a lo largo de nuestro proyecto.

Solo queda decir, ¡Gracias!.

María Camila Muñoz Obregón

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios, por permitirme culminar este logro satisfactoriamente, por los momentos vividos a lo largo de mi carrera profesional, por llenarme de sabiduría, paciencia y perseverancia. Por las bendiciones y por acompañarme en momentos de angustia.

A mis padres Sandra y William gracias por siempre estar conmigo, por apoyarme en todo momento, creer en mis capacidades y por llevarme por el camino correcto. Gracias por confiar en mí de inicio a fin y por impulsarme en ocasiones de dificultad. A mi hermano Diego por ser mi mano derecha, mi mejor amigo y por estar conmigo en todo momento.

Gracias a Jorge por la compañía indispensable a lo largo de este camino, por su apoyo emocional, la confianza, por inspirarme a cumplir mis sueños y por acompañarme en el desarrollo de mi tesis. A mis amigas y colegas Sara y Camila por el trabajo arduo, los momentos de alegría y aquellos momentos difíciles. Por la amistad y por alcanzar este logro en conjunto.

Al director de tesis David Sotelo por el acompañamiento en el desarrollo de la tesis, por las enseñanzas, paciencia y colaboración. Por último, gracias a la Universidad América y el cuerpo directivo por las enseñanzas adquiridas, por su vocación y por permitirme crecer profesionalmente.

Yurian Stephanny Vanegas Villanueva

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 a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	20
1. GENERALIDADES	21
1.1. Planteamiento del problema	21
1.2. Marco referencial	22
<i>1.2.1. Hidrodestilación asistida por microondas</i>	22
<i>1.2.2. Aceite esencial</i>	23
<i>1.2.3. Terpeno</i>	24
<i>1.2.4. D-Limoneno</i>	25
<i>1.2.5. Hidrolato</i>	26
<i>1.2.6. Desengrasante industrial</i>	26
<i>1.2.7. Materia prima básica del desengrasante</i>	26
<i>1.2.8. Biodegradabilidad</i>	26
<i>1.2.9. Hidrodestilación a escala industrial.</i>	27
1.3. Cromatografía de gases	27
<i>1.3.1. Espectrómetro de masas</i>	28
<i>1.3.2. Tiempo de retención</i>	28
1.4. Pruebas fisicoquímicas para determinar biodegradabilidad del desengrasante	28

1.4.1. <i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i>	28
1.4.2. <i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</i>	28
1.5. Marco legal de los productos de limpieza en Colombia	29
2. SELECCIÓN DE PARÁMETROS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA (<i>Citrus sinensis</i>).	29
2.1. Parámetros para la extracción del aceite esencial de naranja por el método de hidrodestilación asistida por microondas	30
3. OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE NARANJA A PARTIR DE HIDRODESTILACIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS Y FORMULACIÓN DE	35
3.1. Obtención del aceite esencial de naranja a partir de la hidrodestilación asistida por microondas.	35
3.2. Metodología empleada para la extracción de AE naranja.	36
3.3. Caracterización de aceite esencial de naranja.	38
3.3.1. <i>Cromatografía de gases.</i>	38
3.4. Determinación de la formulación eficiente del desengrasante, a partir de un diseño de experimentos.	44
3.4.1. <i>Formulación de desengrasante</i>	44
3.4.2. <i>Prueba de remoción de contaminante por el método de gravimetría.</i>	45
3.4.3. <i>Análisis de resultados de la prueba de remoción de contaminante.</i>	48
3.5. Desarrollo de ANOVA.	68
3.6. Prueba fisicoquímica de Demanda química de oxígeno (DQO)	71
3.7. Prueba fisicoquímica de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	73

4. DISEÑO A NIVEL ESCALA DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE DESENGRASANTE.	75
4.1. Generalidades del proceso	75
4.2. Diagrama de bloques	76
4.3. Descripción de proceso	77
4.4. Descripción de equipos	77
4.4.1. <i>Tanque de agua</i>	77
4.4.2. <i>Hidrodestilador o tanque de extracción</i>	79
4.4.3. <i>Condensador</i>	80
4.4.4. <i>Separador tipo florentino</i>	81
4.4.5. <i>Recipiente de almacenamiento AE</i>	82
4.4.6. <i>Mezclador</i>	83
4.5. Capacidad de planta	85
4.6. Diagrama PFD	87
4.7. Balance de materia	89
5. COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL DESENGRASANTE A ESCALA PILOTO.	91
5.1. COSTOS VARIABLES	91
5.1.1. <i>Costos de materia prima</i>	91
5.1.2. <i>Costo de servicio de agua y alcantarillado</i>	93
5.1.4. <i>Costos de mano de obra</i>	94

5.2. COSTOS FIJOS: INVERSIÓN	96
6. CONCLUSIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	103

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Equipo de hidrodestilación asistida por microondas	23
Figura 2. Monoterpeno de interés.	25
Figura 3. Montaje de hidrodestilación a escala industrial	28
Figura 4. Estado de maduración de la naranja (<i>Citrus Sinensis</i>)	36
Figura 5. Diagrama de procedimiento para la extracción de AE de naranja.	38
Figura 6. Representación del hidrodestilador empleado a nivel laboratorio	39
Figura 7. Cromatógrafo de gases acoplado en el espectro de masas.	41
Figura 8. Columna fase 5 del cromatógrafo de gases	42
Figura 9. Cromatograma de gases de la muestra de aceite esencial de naranja disuelto en hexano	42
Figura 10. Tiempos de retención de las señales encontradas en el aceite de naranja	43
Figura 11. Ampliación del cromatograma de aceite de naranja disuelto en hexano	44
Figura 12. Espectro de masas de la señal cromatográfica con tiempo de retención de 14,07 min	44
Figura 13. Espectro de masas encontrado por similitud con el espectro de masas de la señal con tiempo de retención de 14,07 min	45
Figura 14. Diagrama de procedimiento de obtención de las tres formulaciones de desengrasante.	47
Figura 15. Diagrama de procedimiento para determinación del porcentaje de remoción.	47
Figura 16. Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mermelada frente a cada probeta en la 1/15 dilución	51
Figura 17. Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mantequilla frente a cada probeta en la 1/15 dilución	53
Figura 18. Representación gráfica del porcentaje de remoción de la manteca frente a cada	

probeta en la 1/15 dilución	54
Figura 19. Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mermelada frente a cada probeta en la 1/10 dilución	56
Figura 20. Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mantequilla frente a cada probeta en la 1/10 dilución	57
Figura 21. Representación gráfica del porcentaje de remoción de la manteca de cerdo frente a cada probeta en la 1/10 dilución	59
Figura 22. Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mermelada frente a cada probeta en la 1/5 dilución	60
Figura 23. Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mantequilla frente a cada probeta en la 1/5 dilución	62
Figura 24. Representación gráfica del porcentaje de remoción de la manteca frente a cada probeta en la 1/5 dilución	63
Figura 25. Representación gráfica de la media del porcentaje de remoción Vs. Tipo de dilución en la mermelada	65
Figura 26. Representación gráfica de la media del porcentaje de remoción Vs. Tipo de dilución en la manteca	67
Figura 27. Representación gráfica de la media del porcentaje de remoción Vs. Tipo de dilución en la mantequilla	68
Figura 28. Diagrama de bloques del proceso de producción	77
Figura 29. Montaje de arrastre por vapor e hidrodestilador a escala piloto	85
Figura 30. Diagrama PFD del proceso de producción	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Revisión bibliográfica para la obtención del aceite esencial de naranja	32
Tabla 2. Revisión bibliográfica para el tiempo de operación de la extracción del aceite esencial	33
Tabla 3. Rendimiento a partir del tamaño de partícula en la Hidrodestilación asistida por microondas	34
Tabla 4. Parámetros bibliográficos para la extracción del aceite esencial por hidrodestilación	37
Tabla 5. Resultados obtenidos y parámetros establecidos en la extracción del aceite esencial	40
Tabla 6. Descripción del paso a paso de la prueba de gravimetría	48
Tabla 7. Resultados de remoción con la 1/15 dilución en la Mermelada	50
Tabla 8. Resultados de remoción con la 1/15 dilución en la Mantequilla	52
Tabla 9. Resultados de remoción con la 1/15 dilución en la Manteca de cerdo	54
Tabla 10. Resultados de remoción con la 1/10 dilución en la Mermelada	55
Tabla 11. Resultados de remoción con la 1/10 dilución en la mantequilla	57
Tabla 12. Resultados de remoción con la 1/10 dilución en la manteca de cerdo	58
Tabla 13. Resultados de remoción con la 1/5 dilución en la Mermelada	60
Tabla 14. Resultados de remoción con la 1/5 dilución en la Mantequilla	61
Tabla 15. Resultados de remoción con la 1/5 dilución en la Manteca de cerdo	63
Tabla 16. Media del porcentaje de remoción en cada probeta frente a cada dilución en la mermelada	64
Tabla 17. Media del porcentaje de remoción en cada probeta frente a cada dilución en la manteca de cerdo	66
Tabla 18. Media del porcentaje de remoción en cada probeta frente a cada dilución en la mantequilla	68
Tabla 19. Diseño del planteamiento del ANOVA.	70
Tabla 20. Factores Inter sujetos del ANOVA	70
Tabla 21. Pruebas de efectos inter-sujetos del ANOVA	71

Tabla 22. Determinación DQO de las diluciones estudiadas del desengrasante	73
Tabla 23. Determinación DQO en las aguas residuales del proceso de remoción de contaminante	74
Tabla 24. Resultados de la DBO del desengrasante	75
Tabla 25. Características del depósito de agua	79
Tabla 26. Características del hidroddestilador	81
Tabla 27. Características del condensador	82
Tabla 28. Características del separador florentino	83
Tabla 29. Características físicas del recipiente de almacenamiento AE	84
Tabla 30. Características del mezclador.	85
Tabla 31. Resultados de estudio preliminar a las posibles competencias.	86
Tabla 32. Balance de materia a escala piloto	90
Tabla 33. Especificaciones de la producción	91
Tabla 34. Costos mensuales de la materia prima	92
Tabla 35. Costos del servicio de agua y Alcantarillado	93
Tabla 36. Consumo energético al mes	94
Tabla 37. Costos de mano de obra mensual	94
Tabla 38. Margen operacional del proyecto	96
Tabla 39. Costos fijos	97
Tabla 40. Flujo general de fondos de proyecto	98
Tabla 41. Flujo de caja proyectado a 6 meses	99
Tabla 42. Indicadores financieros del proyecto	100

LISTA DE ABREVIATURAS

NPEO: Nonilfenol etoxilado.

AE: Aceite esencial.

DQO: Demanda química de oxígeno.

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.

M/Z: Masa atómica.

MS: Espectro de masa.

PVC: Cloruro de polivinilo.

SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje.

COP: Peso colombiano.

AU: Unidad de absorbancia.

RESUMEN

Este proyecto busca reemplazar la sustancia nonil etoxilado como materia prima de desengrasantes industriales debido a su alto impacto ambiental y nocividad, que ha generado disminución significativa en su producción y comercialización mundial. Esta situación impacta a la compañía colombiana Asenix S.A, la cual busca una alternativa económicamente viable para sustituir dicho compuesto.

Por esta razón, se tiene como objetivo principal desarrollar un desengrasante con propiedades biodegradables, donde una de las principales materias primas es el aceite esencial de naranja, que se obtiene por el método de hidrodestilación de las cortezas de naranja (*Citrus sinensis*). Para el desarrollo experimental se realiza una revisión bibliográfica con el fin de establecer los parámetros adecuados de la extracción del AE de naranja. Se realiza una cromatografía de gases del AE extraído en la experimentación con el fin de conocer la composición y/o presencia del monoterpeno D-Limoneno.

Posteriormente, se ejecutaron tres pruebas de formulación de desengrasantes tomando tres diferentes alícuotas del desengrasante y tener tres diferentes diluciones en concentraciones de AE de naranja, las cuales fueron a la 5ta, 10ma y 15ava parte. Para conocer la mejor formulación se desarrolló un diseño factorial 3^3 con dos réplicas de las pruebas de eficiencia empleando tres tipos diferentes de contaminantes (manteca de cerdo, mantequilla y mermelada comercial como fuente de contaminante tipo carbohidrato) evaluado en tres superficies comunes (metal, plástico y acrílico). La capacidad desengrasante se evaluó por prueba de inmersión en función del tiempo encontrando que la formulación a la 10ma parte arroja un comportamiento eficiente de remoción, por tal razón, se decide dicha dilución debido a su efectividad y al ser económicamente viable. Finalmente, se llevan a cabo las pruebas de DQO a las tres propuestas de desengrasante para determinar sus propiedades biodegradables.

Después de establecer la mejor formulación del desengrasante mediante un análisis estadístico, se decide que la 1/10 dilución obtiene una eficiencia mayor al 80% en la mayoría de probetas y grasas evaluadas, por otra parte, se establecen los equipos necesarios para el proceso de producción, donde se realiza el escalamiento a nivel planta piloto con los respectivos balances de materia respecto a la capacidad mensual establecida, esta es de 2000 L/mes a partir de un estudio

previo de diferentes empresas consideradas como competencias directas e indirectas. Finalmente, se plantea los diagramas de bloques y PFD del proceso. Por último, se realiza una estimación de costos de operación, un margen operacional de \$8'467.718 COP, un costo fijo de inversión de \$59'618.086 COP y un costo de venta del desengrasante de \$5.000 COP/L, así, obteniendo una TIR del 10% y un VPN de \$101'162.067 COP.

Palabras clave: Desengrasante biodegradable, aceite esencial, D-Limoneno, DQO.

INTRODUCCIÓN

La venta y consumo de productos de forma masiva, así como actividades humanas en zonas comerciales, han generado alrededor de 15 a 25 ton semanales de residuos sólidos orgánicos de las cascaras de naranja (*Citrus sinensis*) [1], debido a que el manejo inadecuado de estos ocasiona contaminación ambiental, afectando las fuentes hídricas y en general los recursos naturales. La generación de este tipo de residuos conlleva a implementar nuevas técnicas de aprovechamiento de cortezas de naranja, sin embargo, implica un alto costo llevar a cabo esta reutilización, por tal motivo el destino de estos finaliza junto a contenedores de basura, en los rellenos sanitarios y por último en vertederos no autorizados.

La existencia de residuos orgánicos causa efectos negativos en el medio ambiente, entre estos las emisiones de metano, el cual es considerado un gas de efecto invernadero, contaminación de acuíferos y olores desagradables en territorios habitados. De acuerdo a lo anterior, la piel de naranja compone el elemento fundamental para el desarrollo del presente trabajo gracias a los componentes que posee, entre los que se destacan un metabolito secundario ampliamente utilizado en la industria, el D-limoneno.

Mediante técnicas de destilación se logra la extracción del aceite esencial de naranja y con esto la obtención del terpeno D-limoneno, el compuesto más abundante en esta corteza vegetal con más del 90% en concentración del terpeno mencionado que presenta una gran variedad de aplicaciones en procesos industriales, farmacéuticos y alimenticios, sin embargo, el uso como agente de limpieza ha incrementado durante la última década gracias a su biodegradabilidad. Por este motivo, es posible su implementación para el desarrollo de biodesengrasantes.

Con relación a lo anterior, se busca formular y desarrollar un desengrasante biodegradable, sustituyendo una de las materias primas que ha generado controversia al presentar altos niveles de toxicidad, el nonil fenol etoxilado, generando un riesgo no solamente para el medio ambiente, sino para el ser humano. Así, las cascaras de naranja de acuerdo a las propiedades que posee enunciadas anteriormente, son un residuo orgánico elemental para reemplazar el compuesto tóxico, debido a que es un producto de la industria alimenticia que genera altas toneladas anuales en nuestro país.

Por otra parte, se resalta la importancia del D-limoneno al poseer una propiedad invaluable en la elaboración de agentes de limpieza, puesto a que forma una emulsión con el agua y las partículas de grasa son arrastradas, así es posible considerar este monoterpeno cíclico como una alternativa para eliminar el uso de solventes altamente tóxicos y de esta forma evaluar una nueva técnica de aprovechamiento de este tipo de residuos, siendo amigable con el medio ambiente e impactando de forma positiva el ecosistema.

Por último, el proyecto de investigación consiste en realizar una hidrodestilación asistida por microondas a partir de la corteza de naranja con el fin de obtener aceite esencial de naranja, específicamente el monoterpeno D-Limoneno, el cual se identificará su presencia en el aceite esencial de naranja por medio de una cromatografía de gases. De esta manera, se busca formular un desengrasante con propiedades biodegradables, donde serán determinadas mediante pruebas fisicoquímicas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar una propuesta para la producción de un desengrasante a partir del aprovechamiento de desechos orgánicos de la corteza de la naranja (*Citrus sinensis*).

Objetivos específicos

1. Establecer parámetros para el proceso de extracción de aceite esencial de cortezas de naranja (D-Limoneno) por el método de hidrodestilación asistida por microondas.
2. Determinar la biodegradabilidad y efectividad del desengrasante a partir de la composición del aceite esencial de naranja como materia prima.
3. Establecer el diseño a nivel escala de una planta piloto para la producción de un desengrasante.
4. Determinar los costos de producción para un desengrasante a partir de D-limoneno obtenido de cáscaras de naranja a escala planta piloto.

1. GENERALIDADES

En el siguiente capítulo se presenta el desarrollo teórico de los factores relevantes para ejecutar el proyecto planteado, como, la definición de un desengrasante, su principal materia prima, biodegradabilidad, extracto, aceites esenciales, D-Limoneno, método de hidrodestilación asistida por microondas y demás, para finalizar las pruebas fisicoquímicas respectivas en la investigación.

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente, la empresa Asenix S.A.S es una compañía dedicada a la fabricación de productos especializados para la limpieza y desinfección industrial, produce un desengrasante utilizando como materia prima el nonil fenol etoxilado, compuesto considerado altamente contaminante debido a su baja biodegradabilidad y al ser un disruptor endócrino puede causar la muerte de la fauna si es consumido [2]. Este tipo de compuestos están entrando en desuso debido a que la comisión del parlamento europeo presentó el apartado 2 del artículo 251 y el artículo 95 del tratado CE, la propuesta donde limita la comercialización y el uso del nonilfenol y nonilfenol etoxilado, allí se especifica un límite estándar para la producción de producto de limpieza del 0,1% [3]. Por tal razón, se recurre a alternativas que permitan continuar con la fabricación de productos de esta clase.

En ese contexto, industrialmente el D-limoneno, es un metabolito secundario presente en el aceite esencial y que confiere el olor característico a los frutos cítricos como la naranja y el limón, tiene capacidades desengrasantes cuando se encuentra en las concentraciones necesarias; presentándose como una alternativa natural para reemplazar al nonil fenol etoxilado [4]. Por otra parte, en Colombia las empresas productoras de jugos cítricos desechan semanalmente cerca de 25 toneladas de cáscaras de naranja, considerándose un problema ambiental, por la alta fermentabilidad que representan como resultado del alto contenido de carbohidratos, que aceleran su degradación y generan mal olor, adicionalmente, su alto contenido de materia orgánica restringe su eliminación directa, ya que afecta la flora microbiana natural y beneficiosa del suelo. Los residuos orgánicos de la naranja por lo general son depositados en vertederos y/o en sitios no

autorizados en donde se generan riesgos significativos en ciertos cuerpos de agua, donde producen gases de efecto invernadero aportando al calentamiento global [5].

Con relación a lo anterior, si la investigación de reemplazar la sustancia química nonil fenol etoxilado no se lleva a cabo o no se efectúa el estudio pertinente, la oportunidad de aprovechar las cortezas de naranja como materia prima se estaría desperdiciando y, por tanto, la reutilización de residuos orgánicos.

En este contexto, se realiza una hidrodestilación asistida por microondas donde se utiliza las cáscaras de naranja como materia prima para la obtención del aceite esencial de naranja, específicamente la obtención del metabolito secundario D-limoneno presente en este para sustituir el nonil fenol etoxilado, buscando aprovechar este residuo orgánico y que a su vez permitiría elaborar un producto biodegradable que reduzca el impacto ambiental donde se minimiza el uso de reactivos nocivos para el medio ambiente y la salud del ser humano. Por las razones mencionadas, se busca una alternativa para modificar o reemplazar el uso de este compuesto químico y generar un producto a base de desechos orgánicos, biodegradable y con bajo o nulo impacto medioambiental.

Finalmente, el aceite esencial de naranja se caracteriza por tener un alto porcentaje de terpenos en especial el D-limoneno, por esto, es de gran interés estudiar a fondo las propiedades de este para desarrollar y evaluar la actividad de remoción; generando un beneficio al medio ambiente y mitigando los efectos nocivos en la salud, así como, el aprovechamiento de los residuos orgánicos y específicamente, el uso de cáscaras de naranja.

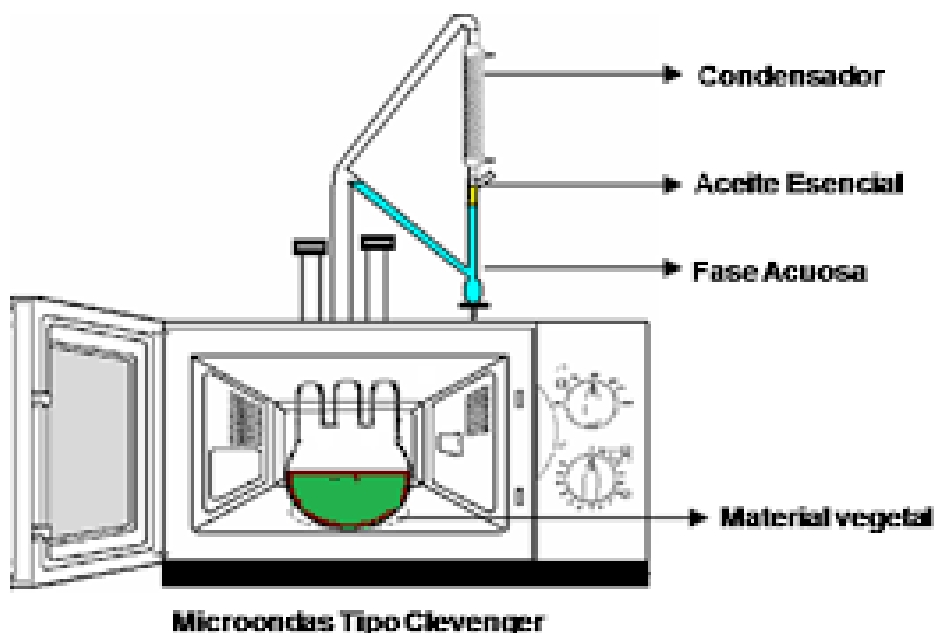
1.2. Marco referencial

1.2.1. Hidrodestilación asistida por microondas

Es un método de extracción usado comúnmente en la extracción de aceites esenciales, el cual consiste en llevar agua a su punto de ebullición y hacer inmersión del material vegetal, de tal manera que el vapor producido arrastre los aceites esenciales presentes en las plantas, a través de un conducto (cuello de cisne), hasta otro recipiente donde se condensan el vapor de agua con el aceite como se observa en la figura 2. El aceite, que es inmiscible en agua, se separa del hidrolato [6]

Figura 1.

Equipo de hidrodestilación asistida por microondas.



Nota. La figura demuestra el equipo de hidrodestilación asistida por microondas a escalalaboratorio y además se evidencia cada una de las partes principales del equipo. Tomado de: C. G. M. M. O. y G. L. Miladys E. Torrenegra, «Universidad de Pamplona,» 26 Agosto 2014. [En línea]. Available: <https://xdocs.cz/doc/comparacion-de-la-hidro-destilacion-asistida-por-radiacion-de-microondas-mwhd-con-hidro-destilacion-convencional-hd-en-la-extraccion-de-aceite-esencial-de-minthostachys-mollis-3nrex9r32d8j>.

1.2.1. Aceite esencial

Son fracciones líquidas volátiles destilables por distintos métodos, como lo son la destilación simple, arrastre con vapor de agua u otro disolvente o extracción Soxhlet, hidrodestilación asistida por microondas, entre otros. Estas contienen sustancias características como el aroma de ciertas plantas, son el producto del metabolismo secundario de las plantas cuya composición interviene una porción de hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos, junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, ésteres, éteres, aldehídos y compuestos fenólicos) que son los que transmiten a los aceites el aroma que los caracteriza [7].

Los aceites esenciales se clasifican a partir de diferentes criterios como son, la consistencia, origen y naturaleza química de los componentes. La consistencia se clasifica en líquidos volátiles a temperatura ambiente a estos se les denominan esencias fluidas, los bálsamos, son de consistencia más espesa, pocos volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización y las oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada, tienden a ser líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas, otro criterio es a partir de su origen, se clasifican como naturales cuando se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, los artificiales se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, y por último, los sintéticos son compuestos producidos por procesos de síntesis química. Otro criterio importante es a través de su composición química, estos se clasifican de acuerdo con el tipo de sustancias que predominan, es decir, los ricos en monoterpenos se denominan aceites esenciales monoterpenoides, los ricos en sesquiterpenos son aceites esenciales sesquiterpenoides y los ricos en fenilpropanos son aceites esenciales fenilpropanoides [8].

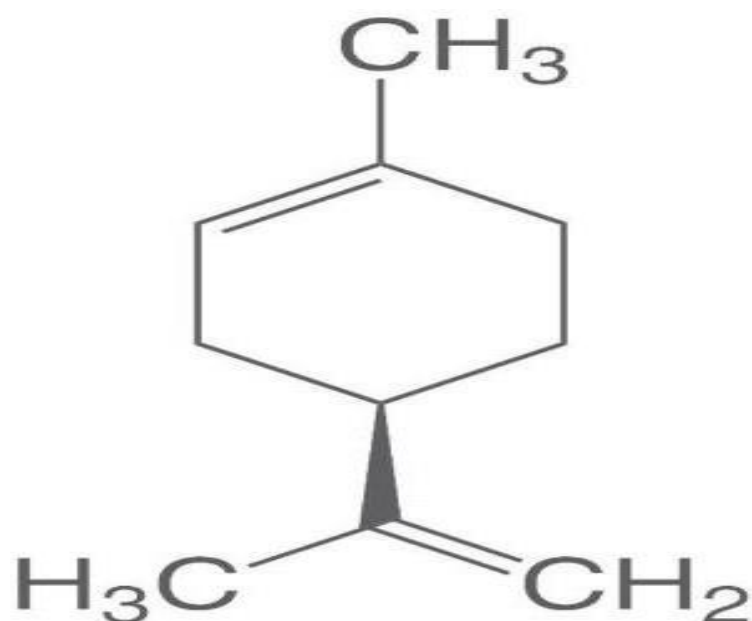
1.2.2. Terpeno

Los terpenos son hidrocarburos complejos de forma general C_nH_{2n-4} , de la serie del isopreno, el que está formado por dos dobles enlaces y que unidos por cadenas orgánicas forman un grupo de compuestos con características propias. Además, son compuestos orgánicos aromáticos y volátiles que están conformados por cinco átomos de carbono, los cuales constituyen la mayor parte del aceite esencial producido por las plantas aromáticas, este metabolito secundario aporta las propiedades organolépticas a las frutas, alimentos y demás, las cuales son las responsables del olor y sabor. A continuación, se presenta la clasificación:

1.2. 3.a. Monoterpeno. Son los compuestos más pequeños y volátiles, están biosintetizados por la unión de dos moléculas de isopreno. De acuerdo con la figura 1 es un tipo carbono que posee 10 carbonos, incluye un número importante de aceites esenciales extraído de plantas, frutas, verduras y demás. Se separan en varios tipos, regulares (acíclicos, monocíclicos, bicíclicos) e irregulares (piretrinas, heterósidos), así mismo pueden presentar isomería. El aceite esencial de limón y naranja contiene más del 90 % de d-limoneno, componente mayoritario en su composición normal y, además, en menor proporción poseen una gran cantidad de terpenos.

Figura 2.

Monoterpeno de interés.



Nota. La siguiente figura muestra uno de los monoterpenos de interés del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis*), de acuerdo con lo anterior se puede observar la estructura del principal monoterpene (D-Limoneno) empleado en el desarrollo del producto. Tomado de: Carl Roth, «Roth,» [En línea]. Available: <https://www.carlroth.com/com/en/reference-substances-for-gc/d-%28%2B%29-limonene/p/5198.2>.

1.2.3. D-Limoneno

Es un compuesto orgánico de la clasificación de monoterpenos debido a que posee dos unidades de isopreno, es uno de los principales compuestos de la fracción terpénica del aceite esencial de la corteza de naranja (*Citrus sinensis*). El D-limoneno es un subproducto de la industria de los cítricos, derivado en varias cantidades de las cáscaras o cáscaras de naranjas, pomelos y otras frutas cítricas [9]. Industrialmente es conocido como un solvente hidrocarburo, tiene como función de tensoactivo, por tal razón se emplea como un ingrediente activo en los productos de aseo. Por otro lado, se resalta la importancia del D-limoneno al poseer una propiedad invaluable en la elaboración de agentes de limpieza, puesto a que forma una emulsión con el agua y las partículas de grasa son arrastradas.

1.2.4. Hidrolato

Es un subproducto acuoso obtenido en el proceso de destilación por el método de arrastre por vapor o hidrodestilación, se conoce comercialmente como agua floral.

1.2.5. Desengrasante industrial

Estos están formulados específicamente para actuar sobre la suciedad que se encuentra más persistente y difícil de eliminar, así como una capacidad de limpieza para eliminar o retirar el total de contaminantes. Como uso industrial el desengrasante, debe efectuar la eliminación total y completa de las suciedades de una superficie [10].

1.2.6. Materia prima básica del desengrasante

1.2.6.a. Agentes tensoactivos. Son sustancia que presentan actividad en las superficies reduciendo la superficie del líquido en el que esta disuelto o bien la tensión superficial de la intercara si es que hubiera otra fase presente. Para que una sustancia sea tensoactiva se requiere que tenga dos grupos: uno polar (hidrófilo) y otro no polar (hidrófobo) [11]

1.2.6.b. Nonil fenol etoxilado. Son tensoactivos no iónicos, los cuales pertenecen a la familia de los etoxilatos de alquilfenol y son usados en su mayoría en la producción de detergentes, emulsionantes, agentes humectantes, agentes dispersantes y en formulaciones de pesticidas. La biodegradación de NPEO en el medio ambiente se da en la formación de nonilfenol, NPEO-1, NPEO-2, ácido nonil fenoxi acético y ácido nonilfenol oxietil acético, y estos son metabolitos mucho más tóxicos en comparación con el NPEO original. Estos son disruptores endocrinos y son causantes de distintas enfermedades en los seres vivos, así como la carcinogénesis en los organismos [12].

1.2.6.c. Surfactante. Son aquellos compuestos que son usados en su mayoría en los productos de limpieza, por su capacidad para reducir la dureza superficial del agua. Lo anterior implica que las moléculas presenten una probabilidad nula de que se adhieran entre sí y presenta una probabilidad más alta de que interactúe con el aceite y la grasa [13]

1.2.7. Biodegradabilidad

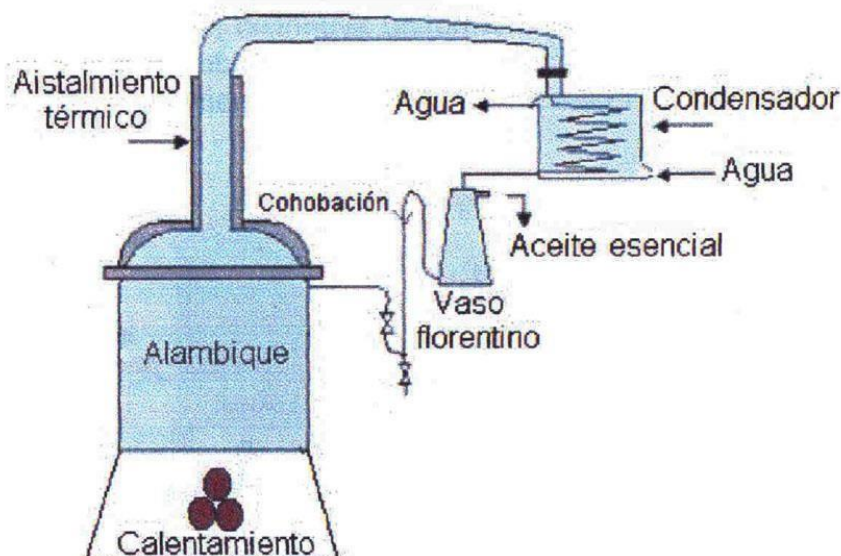
Es la capacidad que tienen las sustancias y los materiales orgánicos de descomponerse en sustancias más sencillas debido a la actividad enzimática de microorganismos. Cuando se completa el proceso biológico, se obtiene la transformación total de las sustancias orgánicas iniciales en moléculas inorgánicas simples como agua, dióxido de carbono y metano [14].

1.2.8. Hidrodestilación a escala industrial

La hidrodestilación a escala piloto tiene una capacidad de 30 a 500L, está conformado por un hidrodestilador cilíndrico, puede tener un generador externo o acoplado a este como se observa en la figura 3. El vapor de agua es inyectado por los fondos del equipo y la materia prima suele estar almacenada en una malla interna del equipo. También, se caracteriza por tener condensadores de tipo coraza o serpentín sumergido en un tanque de agua, por último, se emplea un separador tipo florentino y un decantador, el cual se encarga de separar el agua-aceite esencial [15]

Figura 3.

Montaje de hidrodestilación a escala industrial.



Nota. Se presenta el montaje de hidrodestilación a nivel industrial, donde se evidencia los equipos que intervienen en el proceso y el orden consecutivo de estos. Tomado de: SENA, «Introducción a la industria de aceites esenciales extraídos de las plantas medicinales y aromáticas,» SENA, p. 87, 2015.

1.3. Cromatografía de gases

Es una técnica analítica empleada para determinar la composición de una mezcla de productos químicos en una muestra, esta se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil que es un gas inerte. El cromatógrafo de gases consiste en varios módulos básicos ensamblados para proporcionar un gasto

constante del gas transportador permitiendo la introducción de vapores de la muestra y así contener la longitud apropiada de la fase estacionaria manteniendo la temperatura apropiada de la columna, por último, se detecta los componentes de la muestra conforme eluyen de la columna y se provee una señal legible proporcional en magnitud a la cantidad de cada componente [16].

1.3.1. Espectrómetro de masas

Es un detector que convierte el haz de iones en una señal eléctrica que puede ser procesada y almacenada, es empleado para la identificación de compuestos puros.

1.3.2. Tiempo de retención

En cromatografía líquida y cromatografía de gases, el tiempo de retención, TR, se define como el tiempo transcurrido entre la inyección de la muestra y la aparición de la respuesta máxima. Se puede usar TR como un parámetro para identificación [17].

1.4. Pruebas fisicoquímicas para determinar biodegradabilidad del desengrasante

1.4.1. Demanda química de oxígeno (DQO)

Es una propiedad para estimar el grado de polución de los desechos industriales líquidos. Durante la determinación de DQO, la materia orgánica es convertida en dióxido de carbono y agua, independiente de la estabilidad de la sustancia, como por ejemplo la glucosa y la lignina son ambos oxidados completamente. El valor de DQO comprende todo lo que puede tener una demanda de oxígeno, especialmente las sales minerales oxidables (sulfuros, sales de metal de valencia inferior) y la mayor parte de los compuestos orgánicos biodegradables [18].

1.4.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos como las bacterias, hongos y demás, consumen durante la degradación de sustancias orgánicas contenidas en una muestra determinada, esta cantidad se expresa en mg/L. Es un parámetro empleado para determinar el estado, calidad del agua de ríos, lagos, lagunas y también para determinar la biodegradabilidad de una muestra, se indica que, a mayor cantidad de materia orgánica presente en la muestra, mayor oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla. Este proceso de descomposición varía según el ambiente y la temperatura al que este expuesto la muestra [19].

1.5. Marco legal de los productos de limpieza en Colombia

Decisión 706 “Armonización de legislaciones en materia de productos de higiene doméstica y productos absorbentes de higiene personal”. Artículo 3. Los productos bajo el alcance de la presente Decisión que se comercialicen dentro de la subregión no deberán perjudicar la salud humana cuando se apliquen en las condiciones normales o razonablemente previsibles de uso, teniendo presentes particularmente, la presentación del producto, su etiquetado y las eventuales instrucciones de uso y eliminación, así como cualquier otra indicación o información que proceda del fabricante o del responsable de comercialización del producto. No obstante, la presencia de tales advertencias no exime del cumplimiento de las demás obligaciones previstas en la presente decisión [20].

Norma Técnica NTC Colombiana 5131 “Etiquetas ambientales tipo I. Sello ambiental colombiano. Criterios para productos limpiadores institucionales, industriales y para uso doméstico”.

Numeral 3.4.16.4

“Criterios ecológicos, aptitud para el uso”. Respecto a los productos de limpieza de uso general y los productos de limpieza de cocinas, se debe documentar el efecto desengrasante.

Numeral E.2.1.3.6

“Pruebas de laboratorio, requisitos de las pruebas de laboratorio”. La prueba tiene que poder dar unos resultados que proporcionen una medida de la limpieza (efectos desengrasantes y desincrustantes) según el producto de ensayo. La limpieza puede medirse visualmente, fotométricamente (por ejemplo, medición de la reflectancia), gravimétricamente o por medio de cualquier otro método pertinente. El método de medición, incluido un posible sistema de puntuación, tiene que decidirse de antemano.

Numeral E.2.1.3.7

“Pruebas de laboratorio, requisitos de las pruebas de laboratorio”. La prueba de los efectos desengrasantes y desincrustantes puede realizarse conjuntamente o por separado [21].

2. SELECCIÓN DE PARÁMETROS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE NARANJA (*Citrus sinensis*)

En el siguiente capítulo se delimitan los parámetros adecuados para llevar a cabo la extracción del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis*) por el método de hidrodestilación asistido por microondas, a partir de la revisión bibliográfica descrita en las tablas 1 y 2.

La hidrodestilación asistida por microondas se caracteriza por ser uno de los métodos más eficientes, debido a la acción que ejerce el microondas sobre las paredes glandulares, hace que el material vegetal se rompa más rápido y de manera eficiente. También, se emplea el agua como solvente que permite penetrar de manera eficaz a la materia prima ingresando al interior de las células, calentando y rompiendo los tejidos del material vegetal liberando más sustancias. Respecto a lo anterior, se afirma que el aceite esencial a obtener será de un alto grado de pureza y no presenta propiedades tóxicas que puedan afectar al medio ambiente y la salud del ser humano [22].

Los factores más importantes para tener en cuenta para la selección del método de extracción son el rendimiento, debido a que el producto de interés en la hidrodestilación presenta un alto porcentaje del monoterpeno D-Limoneno, siendo una de las principales materias primas a emplear para el desarrollo del desengrasante con propiedades biodegradables. Además, se caracteriza por lograr un porcentaje de rendimiento superior frente a los otros métodos de extracción tradicionales como hidrodestilación convencional y/o Soxhlet [23].

Otro factor para tener en cuenta es el tiempo de operación que está directamente relacionado con el rendimiento que se desea obtener, sin embargo, este es proporcional a la cantidad de materia prima (cáscaras de naranja) que se va a utilizar y teniendo en cuenta la infraestructura del equipo. Por último, se obtiene un subproducto de gran interés (hidrolato) debido a que presenta una alta demanda en el mercado, por consiguiente, se puede obtener una segunda utilidad generando ingresos económicos.

2.1. Parámetros para la extracción del aceite esencial de naranja por el método de hidrodestilación asistida por microondas

Realizando un análisis bibliográfico, se evidencia los diferentes parámetros a evaluar a partir de las distintas experimentaciones ejecutadas para este método. A continuación, se describen los parámetros de mayor importancia en las tablas 1, 2 y 3, teniendo en cuenta el método a emplear y la relación que tiene en términos de eficiencia.

Tabla 1.

Revisión bibliográfica del AE obtenido respecto a la cantidad de materia prima empleado en la hidrodestilación asistida por microondas.

Variable	Artículo			
	Título	Autores	Año	AE obtenido (mL) por cantidad de materia prima (g)
Rendimiento/ Cantidad de materia prima	Estudio comparativo de dos métodos de extracción para el aceite esencial presente en la cáscara de pomelo (<i>Citrus Sinensis</i>).	Escarleth del Carmen Contreras Puentes, Juan Diego Ruiz Pérez.	2012	Se obtienen 0,5 mL de aceite esencial por 100 g de materia prima.
	Estudio del aceite esencial de la cáscara de la naranja (<i>Citrus sinensis</i> , variedad valenciana).	Yáñez Rueda X, Lugo Mancilla L. L, Parada Parada D. Y	2007	Se obtiene 2 mL de aceite esencial por 1000 g de materia prima.
	Obtención de aceite esencial y pectinas de la cascara de naranja y diseño de la unidad de extracción.	Jinerson Jonary Pérez González	2019	Se obtiene 1,5 mL por cada 300 g de material prima (cáscaras de naranja).
	Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de <i>Citrus sinensis L.</i>	Grupo de investigación de Tecnología Farmacéutica, Cosmética y de Alimentos.	2015	Se obtiene 2,04mL de aceite esencial por cada 500 g de material vegetal.

Nota. La anterior tabla muestra la revisión de cuatro (4) fuentes bibliográficas para determinar los parámetros para la hidrodestilación para la obtención del aceite teniendo en cuenta la cantidad de materia prima empleada respecto al aceite esencial obtenido.

A partir de la revisión bibliográfica, se evidencia que el tercer artículo descrito “Obtención del aceite esencial y pectinas de la cascara de naranja y diseño de la unidad de extracción” en la tabla

1, arroja un aporte conveniente para el proyecto de investigación, en donde se define que por cada 300g de material vegetal (Cortezas de naranja) se obtiene un aproximado de 1,5 mL, teniendo en cuenta que se tiene un balón de capacidad de 1L. Por tal razón, se decide realizar la experimentación a partir de estos datos.

Tabla 2.

Revisión bibliográfica para el tiempo de operación de la extracción del aceite esencial.

Variable	Artículo			
	Título	Autores	Año	AE obtenido (mL) por el tiempo empleado
Tiempo de operación	Estudio comparativo de dos métodos de extracción para el aceite esencial presente en la cáscara de pomelo.	Escarleth del Carmen Contreras Puentes, Juan Diego Ruiz Pérez.	2012	Se requiere de 150 minutos para extraer 1,5mL g de aceite esencial de naranja.
	Estudio del aceite esencial de la cáscara de la naranja (Citrus sinensis, variedad valenciana).	Yáñez Rueda X, Lugo Mancilla L. L, Parada Parada D. Y	2007	Se requiere 60 minutos para extraer 2mL de aceite esencial de naranja.
	Obtención de aceite esencial y pectinas de la cascara de naranja y diseño de la unidad de extracción.	Jinerson Jonary Pérez González	2019	Se requiere de 150 minutos para obtener 1,5 mL de aceite esencial de naranja.

	Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de <i>Citrus sinensis</i> .	Grupo de investigación de Tecnología Farmacéutica, Cosmética y de Alimentos.	de 2015	Se requiere de 60 minutos para obtener un 2,04 mL de aceite esencial de naranja.
--	--	--	---------	--

Nota. Esta tabla muestra la revisión de cuatro (4) fuentes bibliográficas para determinar los parámetros de la hidrodestilación del aceite esencial de naranja teniendo en cuenta el tiempo de operación y el rendimiento de AE obtenido.

Tabla 3.

Rendimiento a partir del tamaño de partícula en la Hidrodestilación asistida por microondas.

Experimento	Tamaño de partícula (cm)	Tiempo de extracción (min)	Rendimiento (%)
1		30,0	0,0099
2	1,0	30,0	0,0108
3	3,0	60,0	0,0200
4	3,0	45,0	0,0000
5	3,4	45,0	0,0259
6	0,6	60,0	0,0124
7	1,0	45,0	0,0251
8	2,0	23,8	0,0048
9	2,0	45,0	0,0372
10	2,0	66,0	0,0258

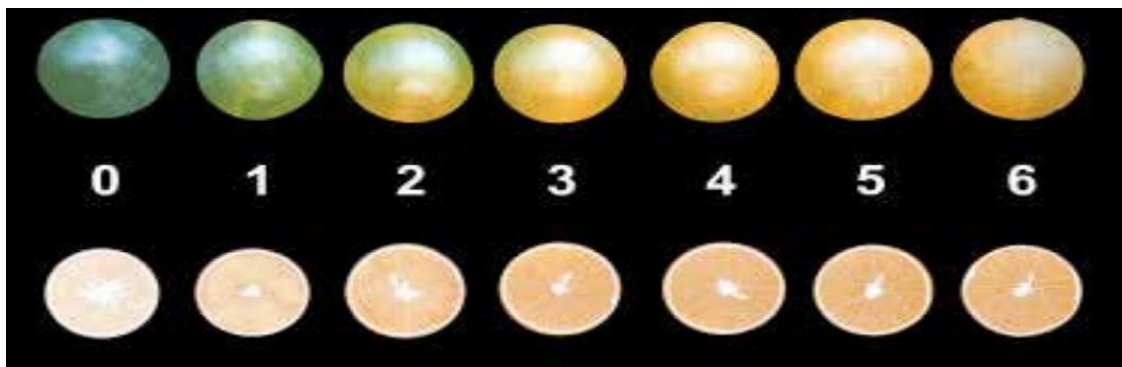
Nota. Esta tabla describe el comportamiento del porcentaje del rendimiento de la extracción del aceite esencial a partir del tamaño de partícula (cm) y el tiempo de operación (min). Tomado de: Escarleth del Carmen Contreras Puentes; Juan Diego Ruiz Pérez, «Estudio comparativo de dos métodos de extracción para el aceite esencial (Citrus).,» Universidad de Cartagena, 2012.

A partir de la tabla 3 se determina el tamaño de partícula más conveniente para la extracción, también, se puede evidenciar mayor incidencia en el porcentaje del rendimiento al tener un comportamiento inverso, es decir, un tamaño de partícula menor se obtiene un mayor porcentaje de rendimiento, por esta razón, se determina que el tamaño de partícula adecuado es de 2 cm.

Por último, otros de los parámetros que influyen en la extracción de aceite esencial de naranja, es la humedad de la cáscara a utilizar, la cual varía entre 70 y 73 %, por consiguiente, el estado de maduración del naranja apropiado es medio, por esto, el grado de maduración adecuado según la Figura 4 es de 3 a 4. Finalmente, la cascara de naranja se compone por dos partes principales las cuales son, el flavedo y el albedo. El flavedo es donde se encuentran las glándulas oleíferas, es decir, tiene contenido oleoso, en cambio el albedo (mesocarpio o parte blanca de la piel que es insípida) de la cáscara de naranja se caracteriza por absorber agua y aumenta su grosor, oponiendo resistencia a la extracción del aceite. Por tal razón, el albedo juega un papel fundamental respecto al rendimiento de la extracción, así mismo, se recomienda retirar esta parte de la cáscara de naranja para alcanza un rendimiento superior [24]. Así, para desarrollar la extracción de aceite esencial de naranja por el método de hidrodestilación asistida por microondas, se tendrá en cuenta todos los aspectos y parámetros anteriormente mencionados.

Figura 4.

Estado de maduración de la naranja (Citrus Sinensis).



Nota. En la siguiente figura se observa la escala de estado de maduración de la naranja Valenciy las características físicas que presenta. Tomado de: DANE. (2016). El cultivo de la naranja Valencia (Citrus sinensis [L .] Osbeck) y su producción como respuesta a la aplicación de correctivos y fertilizantes y al efecto de la polinización dirigida con abeja Apis mellifera. Insumos y Factores Asociados a La Producción Agropecuria, 52, 1–12.

3. OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE NARANJA A PARTIR DE HIDRODESTILACIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS Y FORMULACIÓN DE DESENGRASANTE

En el siguiente capítulo se describe el proceso de obtención del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis*) por el método de hidroddestilación asistida por microondas, donde se tuvieron en cuenta los parámetros establecidos a partir de la bibliografía recopilada en el anterior capítulo. También, se desarrolla el diseño de experimentos estableciendo la formulación final del producto a desarrollar.

3.1. Obtención del aceite esencial de naranja a partir de la hidroddestilación asistida por microondas

Para la obtención del aceite esencial de naranja se tuvo en cuenta los parámetros descritos en la tabla 4, los cuales fueron definidos en el anterior capítulo a partir de una revisión bibliográfica para una extracción por método de hidroddestilación asistida por microondas con capacidad de 1L.

Tabla 4.

Parámetros bibliográficos para la extracción del aceite esencial por hidroddestilación.

Parámetro	Valor
Cantidad de materia prima (g)	300
Tiempo de operación (min)	150
Rendimiento esperado (%)	0,7% equivalente a 1,8 mL
Tamaño de partícula (cm)	2

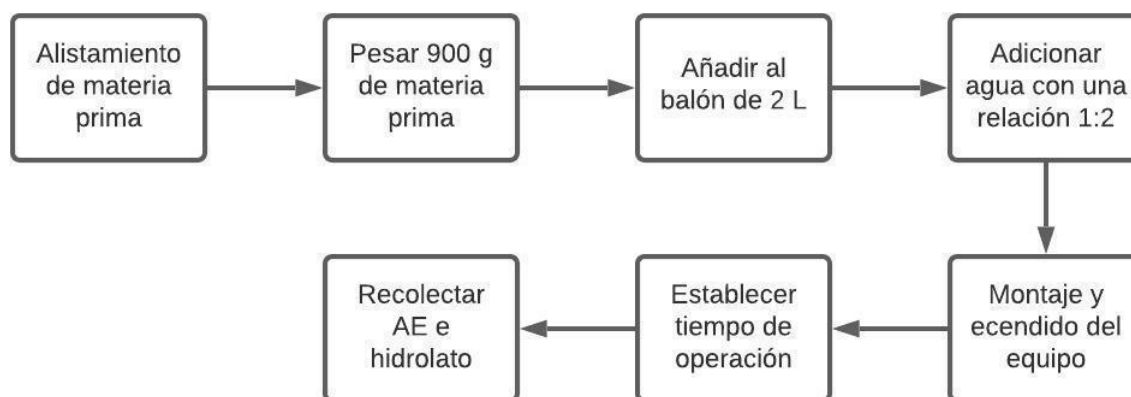
Porcentaje de humedad (%)	70-73
---------------------------	-------

Nota. Esta tabla muestra los parámetros encontrados bibliográficamente descritos en el anterior capítulo para obtener una cantidad aceptable de aceite esencial de naranja en la extracción por el método de la hidrodestilación asistida por microondas.

3.2. Metodología empleada para la extracción de AE naranja.

Figura 5.

Diagrama de procedimiento para la extracción de AE de naranja.



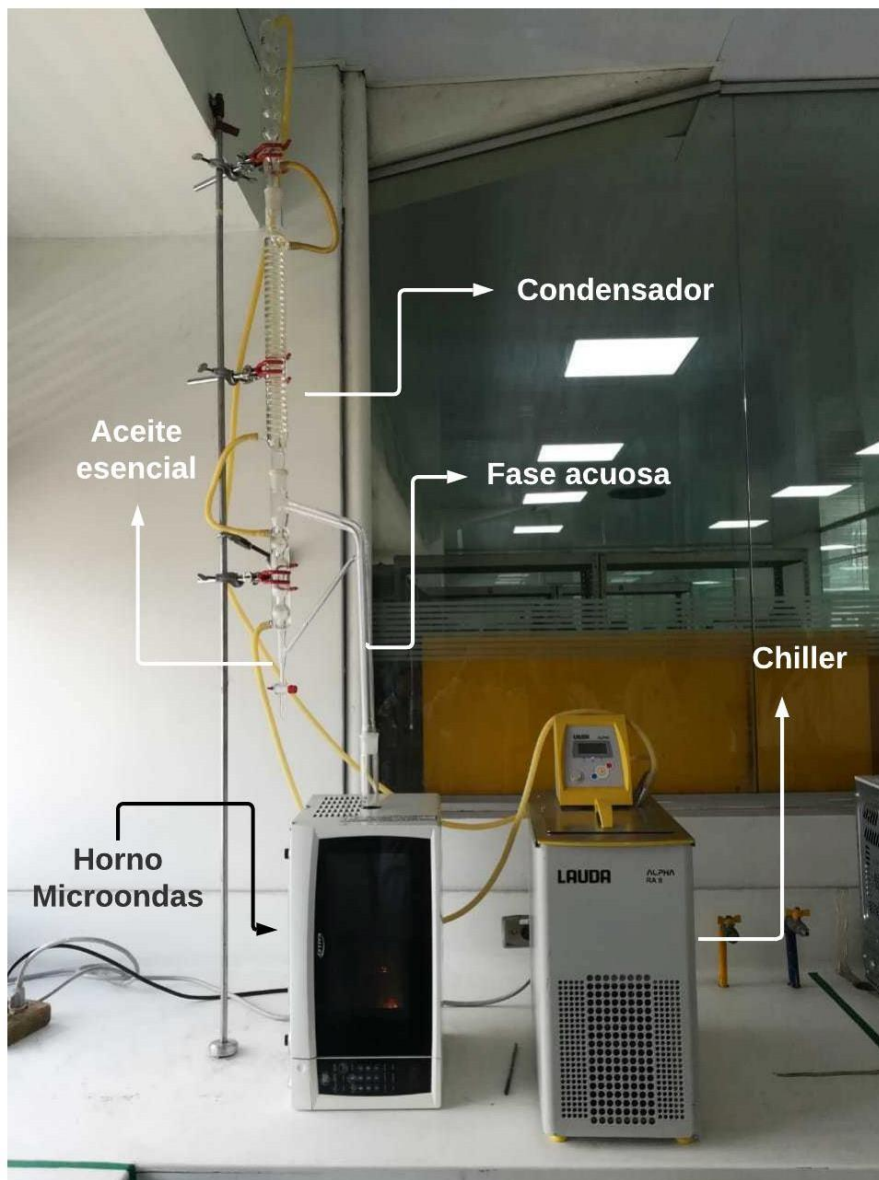
Nota. El siguiente diagrama representa los pasos a seguir para extraer el AE de naranja por el método de hidrodestilación asistida por microondas teniendo en cuenta los parámetros establecidos anteriormente.

La experimentación realizada en el Centro de Gestión Industrial CGI del SENA se empleó un montaje de hidrodestilación asistida por microondas tipo Clevenger, consta de un balón de 2 L, donde se añaden 900 g de material vegetal previamente alistado, es decir, reduciendo el tamaño de partícula a 2 cm, como se puede evidenciar en la tabla 3 a menor tamaño de partícula existe una mayor transferencia de masa, obteniendo un rendimiento del 0,0258 al 0,0048% de AE y retirando el alveolo, manejando una relación 1 a 2 respecto al material vegetal y el agua, según lo evidenciado en el diagrama 1. Este equipo se calienta constantemente durante el proceso, donde el horno microondas es quien cumple con esta función, además, cuenta con un condensador acoplado al balón

y una conexión en forma de D que permite acumular y separar el aceite esencial de la mezcla condensada. El montaje empleado se puede visualizar en la figura 5 con sus respectivas partes.

Figura 6.

Representación del hidrodestilador empleado a nivel laboratorio.



Nota. La figura representa el hidrodestilador asistido por microondas del Centro de gestión industrial CGI SENA, empleado en la experimentación y extracción del aceite esencial de naranja.

En la tabla 5 se puede evidenciar los parámetros empleados y los resultados obtenidos en la experimentación. Cabe aclarar que los datos descritos en la tabla 5 se duplicaron frente a los valores establecidos en la tabla 4, esto se debe a que la capacidad del balón del Centro de Gestión Industrial SENA es de 2L, por tal razón se aprovecha al máximo con el fin de obtener una mayor cantidad de AE por corrida.

Tabla 5.

Resultados obtenidos en la extracción del aceite esencial.

Parámetro	Valor
Cantidad de materia prima (g)	900
Tiempo de operación (min)	450
Aceite esencial obtenido (mL)	4
Tamaño de partícula (cm)	2
Porcentaje de humedad (%)	70-73

Nota. Esta tabla muestra los parámetros que se establecieron en la extracción del aceite esencial y los valores obtenidos en la misma.

3.3. Caracterización de aceite esencial de naranja.

3.3.1. Cromatografía de gases.

El análisis de cromatografía de gases se desarrolló en el Centro de Gestión Industrial del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), empleando un cromatógrafo marca Shimadzu, modelo 2010 con un espectrómetro de masas (MS) como detector. Las condiciones cromatográficas corresponden a una columna fase 5 de 30 m x 0,25 mm x 0,25 mm con modo de inyección splitless de 1L. El inyector

se programó a 200 °C y la temperatura del horno inició a 120 °C sostenidos por 4 min, posteriormente se trabajó una rampa constante de 5 °C/min hasta alcanzar 300 °C mantenidos por 3 min. La muestra se preparó disolviendo 0,5 mL de aceite de naranja obtenido por hidrodestilación de las cáscaras en 10 mL de hexano. A continuación, en la figura 6 se muestra el cromatograma de gases.

Figura 7.

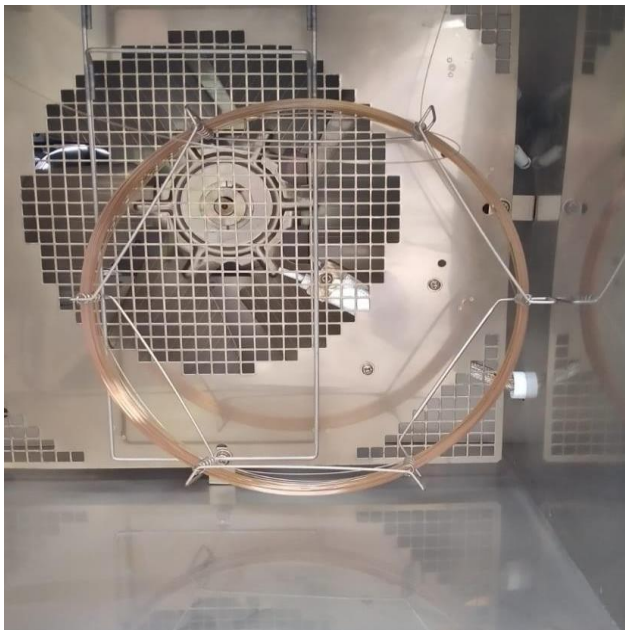
Cromatógrafo de gases acoplado con el espectro de masas



Nota. La siguiente imagen demuestra el cromatógrafo de gases acoplado a un espectro de masas empleado en la caracterización de materia prima (Aceite esencial de naranja), este equipo se encuentra ubicado en el Centro de Gestión Industrial SENA.

Figura 8.

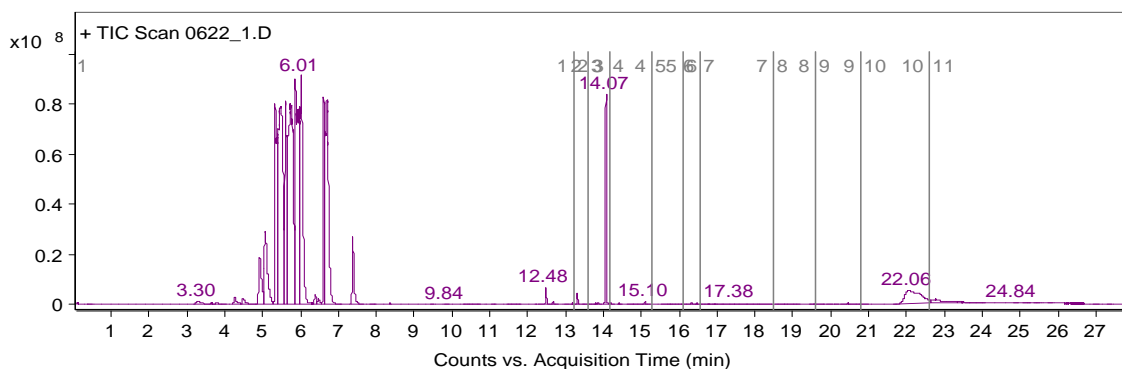
Columna fase 5 del cromatógrafo de gases



Nota. La siguiente figura demuestra la columna fase 5 de 30 m x 0,25 mm x 0,25 mm con modo de inyección splitless de 1L insertada en el cromatógrafo de gases para realizar la separación de las moléculas de la muestra analizada actuando como un filtro.

Figura 9.

Cromatograma de gases de la muestra de aceite de naranja disuelta en hexano.



Nota. La figura se evidencian las señales simétricas, de acuerdo con el tiempo de retención en minutos frente a la cantidad absorbida por cada molécula presentes en la muestra de AE de naranja.

El resultado mostró varias señales cromatográficas, pero en particular, una de ellas se pudo apreciar simétrica y separada de las demás con tiempo de retención de 14,07 min, como se observa en la figura 8, este se obtiene en el pico 10 e inicia en el minuto 14 de la corrida arrojado un área de pico de 185'242.463 AU.

Figura 10.

Tiempos de retención de las señales encontradas en el aceite de naranja.

Integration Peak List

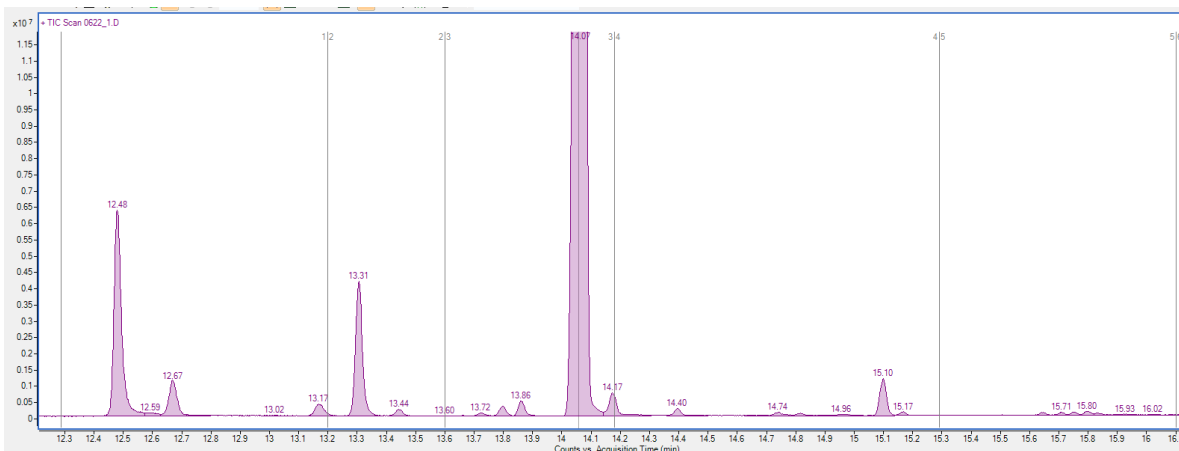
Peak	Start	RT	End	Height	Area
1	5.01	5.07	5.28	28839315	172760517
2	5.28	5.33	5.38	79623863	278612641
3	5.38	5.47	5.57	78743649	755595655
4	5.57	5.6	5.65	80127629	306844045
5	5.65	5.75	5.83	79489942	749289758
6	5.83	5.86	5.96	89991972	556424297
7	5.96	6.01	6.33	91441796	519442087
8	6.56	6.61	6.65	81454375	267803691
9	6.65	6.69	7.1	81518507	446079790
10	14	14.07	14.14	84009639	185242463

Nota: En la figura se observa la lista de integración de picos, registradas de acuerdo con la respuesta del detector, junto con los tiempos de retención, altura y área del pico.

En la figura 11 se muestra una ampliación de la zona correspondiente al tiempo de retención mencionado anteriormente, el cual se considera que corresponde a D-limoneno:

Figura 11.

Ampliación del cromatograma de aceite de naranja disuelto en hexano.

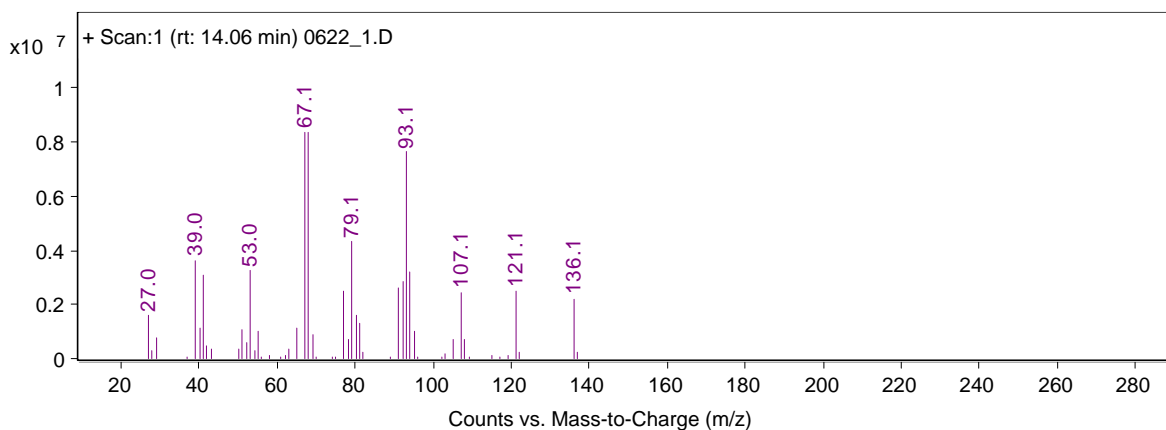


Nota: En la presente figura se aprecia que la señal de interés no presenta interferencias ni solapamientos con ninguna otra, lo que corresponde a una resolución aceptable.

Gracias al detector de espectrometría de masas (MS) con el que cuenta el equipo de cromatografía de gases, fue posible identificar la señal de interés mediante su espectro de masas, como se muestra en la figura 12.

Figura 12.

Espectro de masas de la señal cromatográfica con tiempo de retención de 14,07 min.

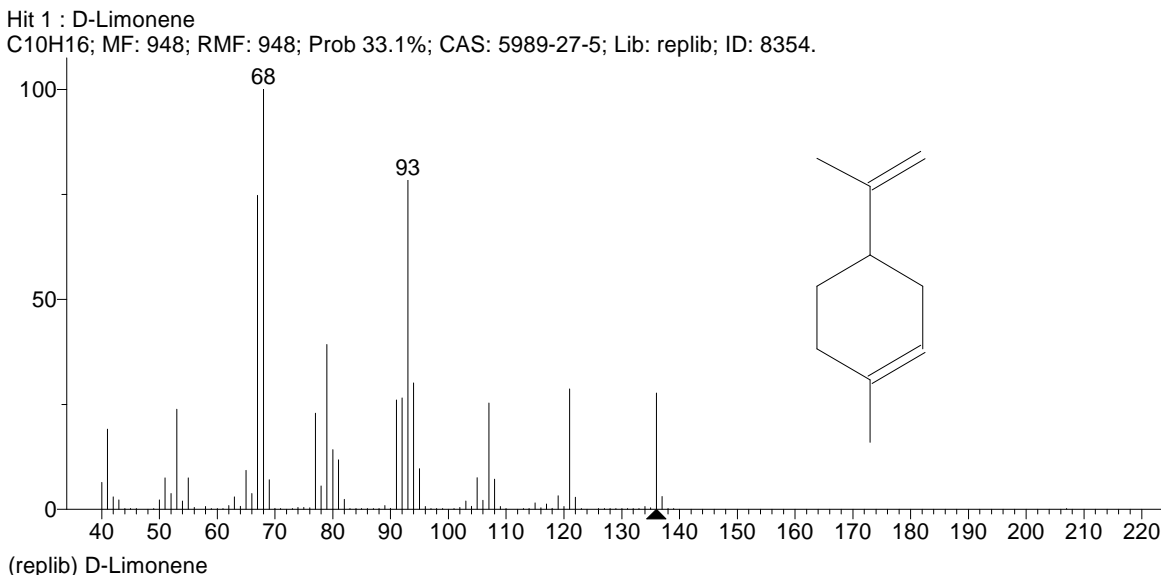


Nota: En la siguiente figura se puede apreciar la distribución de las moléculas presentes en el AE de naranja a partir del tiempo de retención Vs. La cantidad absorbida de cada molécula del monoterpeno D-Limoneno.

La biblioteca de identificación de moléculas con la que cuenta el software del cromatógrafo permite hacer una comparación directa, donde es posible apreciar la similitud entre el espectro de la muestra y el espectro de la biblioteca, de acuerdo con la figura 13.

Figura 13.

Espectro de masas encontrado por similitud con el espectro de masas de la señal con tiempo de retención de 14,07 min.



Nota. En la figura se observa que el compuesto presente, de acuerdo con la biblioteca de identificación de moléculas es el D-limoneno.

Los resultados de la comparación muestran un ion molecular en 136 m/z en ambos espectros, lo que corresponde al peso molecular del D-limoneno. También es posible encontrar similitud en las señales de las masas de 93 y 79, difiriendo apenas en una unidad m/z en las señales de 67 y 68 (muestra Vs biblioteca), lo cual se puede explicar debido a la ionización de ese fragmento con masa de 68 m/z dando como resultado 67 m/z.

El resultado de este experimento permite confirmar la presencia de D-limoneno en el aceite extraído por hidrodestilación asistida por microondas y que fue empleado para la fabricación del producto estudiado en este trabajo de grado. Sin embargo, no es posible cuantificar la cantidad de analito debido a la carencia de un patrón de aceite de naranja con contenido establecido de D-limoneno.

3.4. Determinación de la formulación eficiente del desengrasante, a partir de un diseño de experimentos

La formulación de desengrasante empleada es de propiedad intelectual de la empresa Asenix S.A. Solo se especifican los cambios realizados, en donde se establece la concentración de AE de naranja en el producto final y las pruebas realizadas para determinar la concentración más efectiva.

Se realizó un diseño de experimentos con un diseño factorial 3^3 con 2 réplicas, el objetivo principal es evaluar el efecto de remoción del desengrasante en tres diferentes contaminantes, las cuales son: Mermelada, manteca de cerdo y mantequilla, donde, se colocó una muestra conocida en tres diferentes probetas de 15x15cm de diferente material, los cuales son: acrílico, metal y plástico. Para el desarrollo de este objetivo principal se empleó la prueba de gravimetría.

3.4.1. Formulación del desengrasante

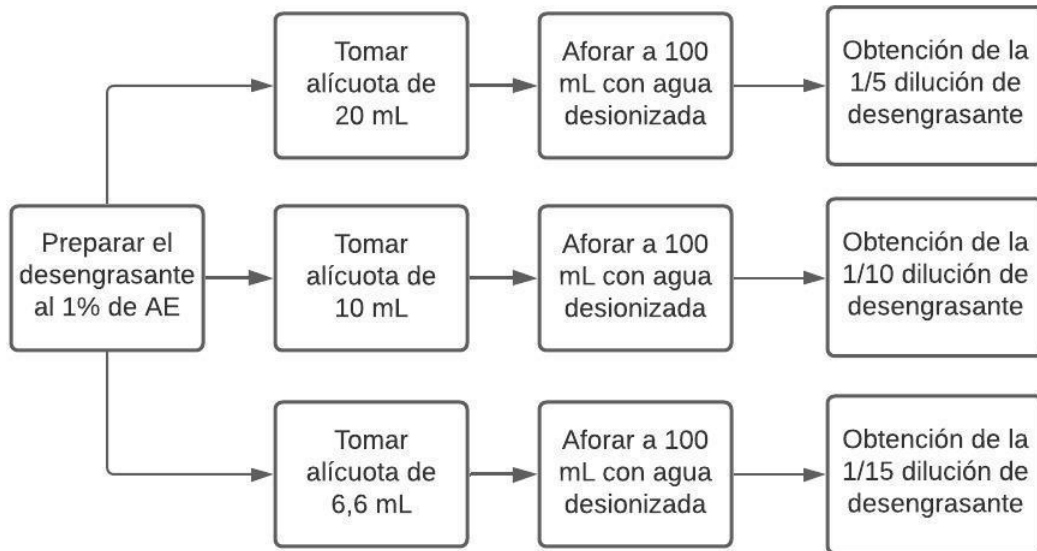
La formulación del desengrasante se realiza a partir de una solución del desengrasante concentrado, donde se tiene al 1% de concentración de aceite esencial de naranja, caracterizándose por contener un mayor porcentaje del monoterpeno D-limoneno, posteriormente, se realiza tres diferentes alícuotas con el fin de obtener tres (3) productos con diferentes concentraciones de aceite esencial de naranja, como se observa en el diagrama 2. Esto tiene como finalidad conocer la efectividad que presenta y cómo se comporta una concentración o dilución frente a la otra.

Para el desarrollo del desengrasante industrial y la respectiva evaluación de la influencia que tiene el aceite esencial de naranja y en específico la forma en la que actúa el D-limoneno sobre los tipos de grasas empleados, se tendrán en cuenta las siguientes diluciones para 1 Litro de preparación de desengrasante biodegradable industrial. Por otra parte, se realiza la preparación de un blanco con el cual se analizará el comportamiento de cada una de las diluciones enunciadas:

- Dilución 1/15 del desengrasante biodegradable industrial a concentración de 0,06 % de AE de naranja.
- Dilución 1/10 del desengrasante biodegradable industrial a concentración de 0,1 % de AE de naranja.
- Dilución 1/5 del desengrasante biodegradable industrial a concentración 0,2 % de AE de naranja.
- Blanco: La formulación se realizó para cada dilución 1/5, 1/10 y 1/15 a diferencia de que no contiene AE.

Figura 14.

Diagrama de procedimiento de obtención de las tres formulaciones de desengrasante.

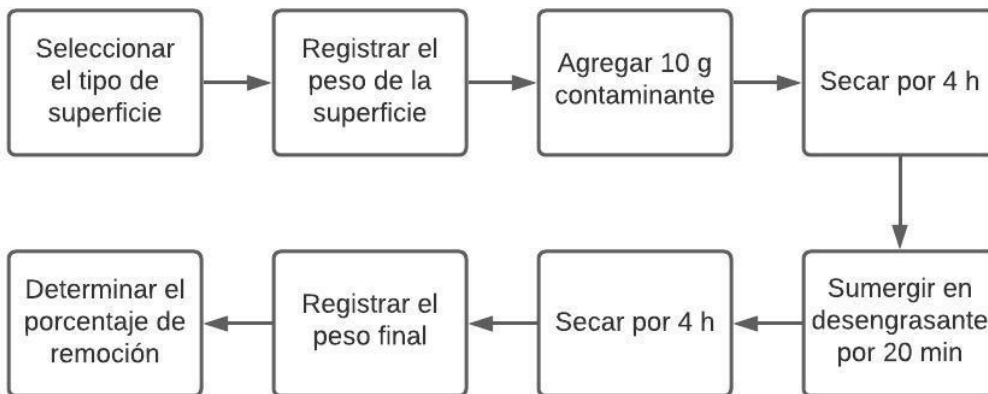


Nota. En el siguiente diagrama se presentan los pasos a seguir para obtener la formulación de tres desengrasantes a diferentes concentraciones de AE de naranja.

3.4.2. Prueba de remoción de contaminante por el método de gravimetría.

Figura 15.

Diagrama de procedimiento para determinación del porcentaje de remoción.



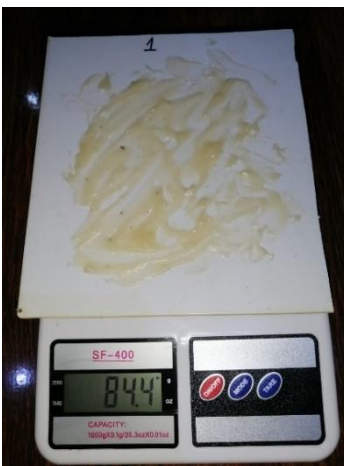
Nota. El siguiente diagrama presenta los pasos a seguir para desarrollar la prueba de gravimetría, con el fin de determinar el porcentaje de remoción de contaminante.



La prueba consiste en aplicar una masa conocida del tipo de contaminante a emplear (mermelada, manteca de cerdo y mantequilla), en este caso 10 g sobre cada una de las superficies (metal, acrílico y plástico) y dejar en reposo por cuatro horas de tal forma que exista una buena adherencia de la grasa a la superficie. Posteriormente, las superficies con grasa impregnada son sumergidas en el desengrasante a concentración conocida por un tiempo de 20 minutos, al finalizar, estas se dejan secar por 4 horas para determinar el peso final de la grasa que queda adherida a la superficie al cabo de este tiempo. De esta manera, se conoce los gramos de grasa removidos y por consiguiente el porcentaje de remoción de cada grasa, en cada superficie y mediante la acción del desengrasante a diferentes concentraciones; lo anterior demuestra la efectividad que el desengrasante industrial presenta.

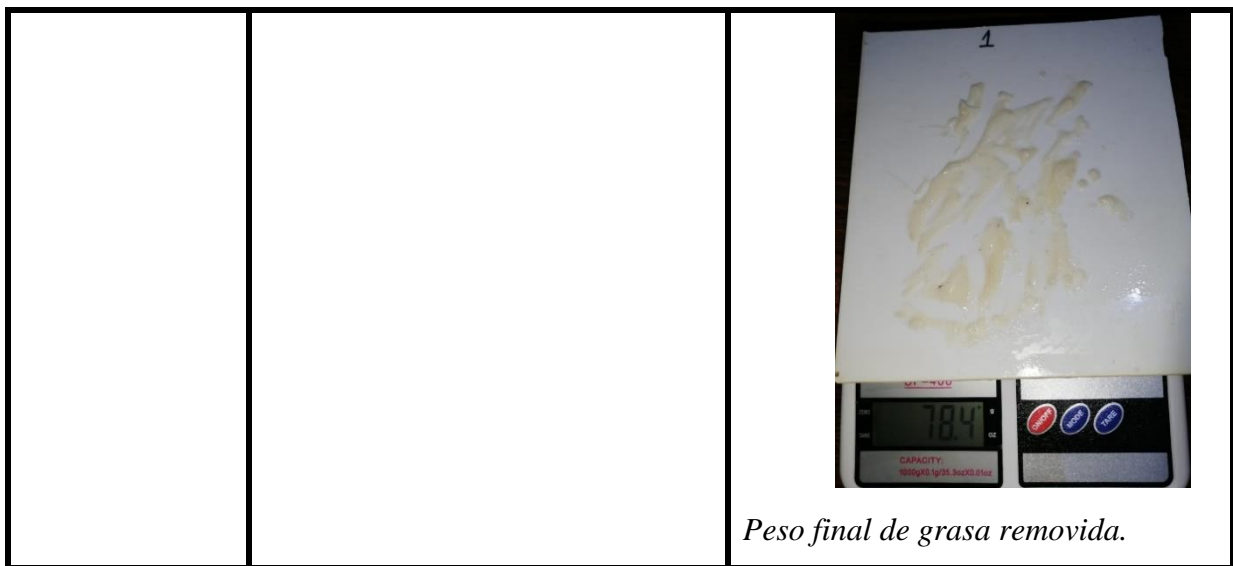
A continuación, se presentan los pasos empleados para efectuar la prueba de gravimetría en el caso de la grasa manteca de cerdo en la superficie de acrílico.

Tabla 6.

Descripción del paso a paso de la prueba de gravimetría.

Número de paso	Descripción	Evidencia fotográfica
1	Se registra el peso de la superficie, en este caso es de 74,4 gramos, luego aplicar sobre la superficie de acrílico la manteca de cerdo, obteniendo un peso de 10 gramos sobre esta.	 <p><i>Peso inicial de muestra de Manteca de cerdo.</i></p>

2	<p>Introducir en un recipiente la superficie impregnada con grasa de manteca de cerdo y aplicar el desengrasante industrial biodegradable a la dilución correspondiente, en este caso la dilución empleada es 1/10.</p>	 <p><i>Probeta de acrílico impregnada en manteca de cerdo sumergida en desengrasante.</i></p>
3	<p>La superficie con la manteca de cerdo adherida se deja sumergida en el detergente industrial biodegradable por un tiempo de 20 minutos.</p>	 <p><i>Reposo de 20min de la probeta sumergida.</i></p>
4	<p>Después de los 20 minutos mencionados, se deja la superficie secar para eliminar el error en el pesaje final por un tiempo de 4 horas. Finalmente se pesa la grasa que quedó adherida a la superficie.</p>	



Nota. Esta tabla describe los pasos a seguir para realizar la prueba de gravimetría, como ejemplo de esta se describe y se evidencia el caso para la primera réplica con la grasa de manteca de cerca en la superficie acrílico para la dilución 1/10 del desengrasante industrial biodegradable.

Se realiza una muestra de cálculo de la obtención de los gramos removidos. Para el anterior caso, el peso final de la grasa junto con la superficie es de 78,4 gramos.

Ecuación de peso final de grasa estándar:

$$Peso (g) = Peso\ final_{superficie\ y\ grasa}(g) - Peso_{superficie}(g)$$

$$Peso (g) = 78,4\ g - 74,4\ g = 4\ g$$

3.4.3. *Análisis de resultados de la prueba de remoción de contaminante*

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la prueba de remoción por el método de gravimetría para cada una de las diluciones, en cada una de las superficies y tipo de grasa empleada.

3.4.3.a. Resultados de la dilución 1/15.

Tabla 1.

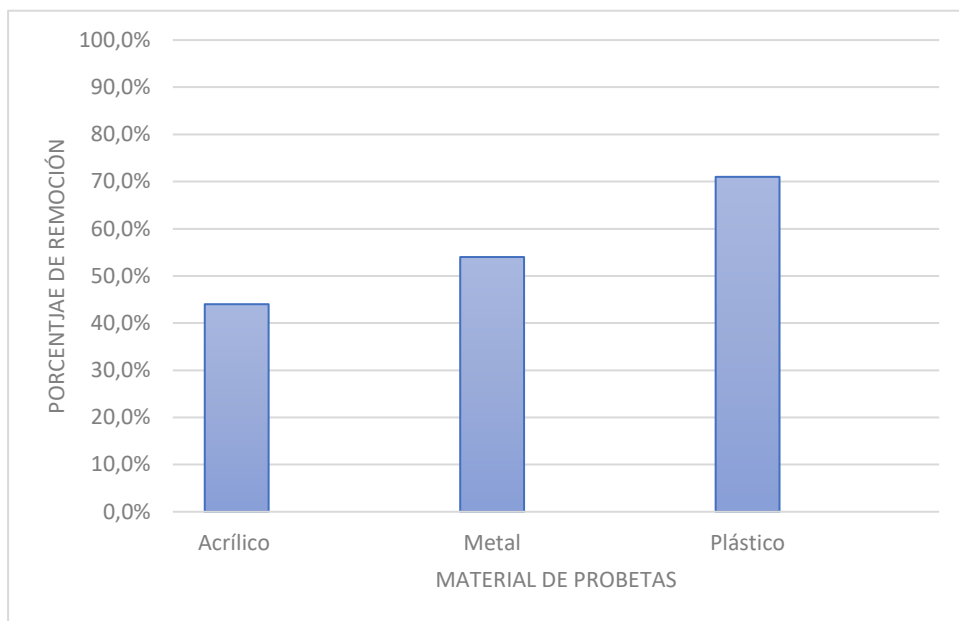
Resultados de remoción con la 1/15 dilución en la Mermelada.

Tipo de material	# Replica	Gramos de remoción	% Remoción	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Acrílico	1	2,1	42	0,1	6,4%
	2	2,3	46		
Metal	1	2,6	52	0,1	5,2%
	2	2,8	56		
Plástico	1	3,7	74	0,2	6,0%
	2	3,4	68		

Nota. Esta tabla muestra los resultados de remoción en la experimentación de la 1/15 dilución en la mermelada como tipo de grasa donde se evalúa la cantidad de grasa removida en cada superficie por acción del desengrasante durante veinte (20) minutos.

Figura 16.

Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mermelada frente a cada probeta en la 1/15 dilución.



Nota. La figura representa gráficamente el comportamiento porcentual de la remoción de mermelada en cada probeta sumergida en la dilución 1/15 del desengrasante durante el tiempo establecido.

A partir de la tabla 7 se puede evidenciar una mayor incidencia de remoción en la probeta de plástico, obteniendo un porcentaje alrededor del 68-74% de remoción, el cual es mayor frente a los otros dos tipos de materiales. Sin embargo, al observar la desviación estándar entre cada replica se determina que se removió 0,1g de diferencia entre sí, donde se obtiene un coeficiente de variación inferior al 10% considerándose una baja variabilidad entre los datos, es decir, se evidencia que no hay una dispersión entre los factores evaluados en la experimentación. También, se evidencia en la figura 16 que el plástico fue la probeta en donde la mermelada se removió de manera eficiente, en cambio, el metal y acrílico tuvo un porcentaje de remoción similar entre sí, como se describió anteriormente esto se debe a las propiedades de cada material y al tipo de grasa, como bien se sabe la mermelada contiene bajo contenido de grasa pero un alto contenido de azúcar, el cual puede afectar la acción del desengrasante, debido a que el azúcar tiende a absorber el agua, la cual hace parte en un 90% del desengrasante, por consiguiente, absorbe el producto evitando

que este pueda cumplir con la acción de remoción. Por otro lado, al ser una dilución con menor concentración contiene una mayor proporción de agua, haciendo menos efectivo el desengrasante.

Tabla 2.

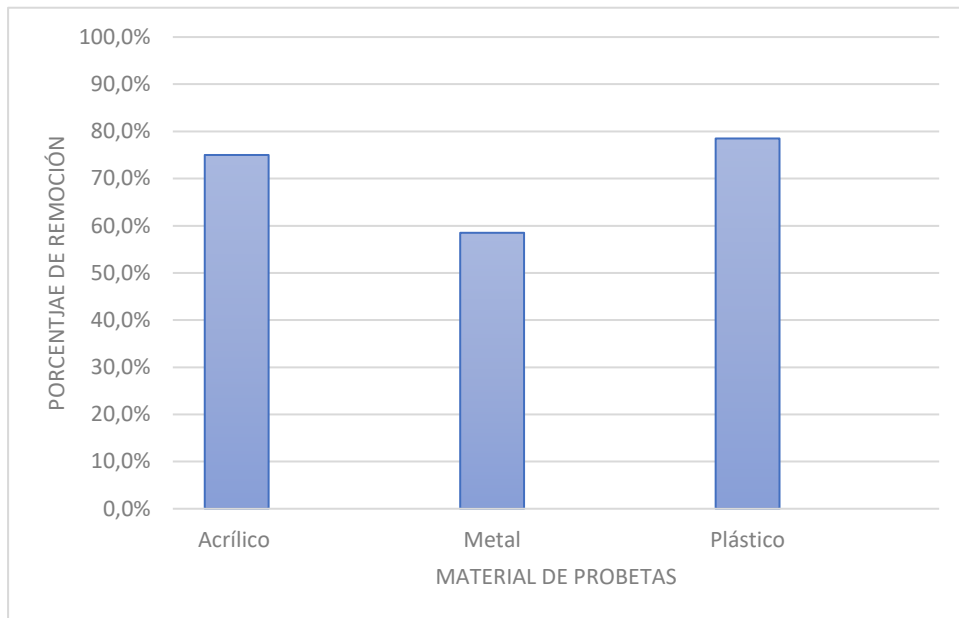
Resultados de remoción con la 1/15 dilución en la Mantequilla.

Tipo de material	# Replica	Gramos de remoción	% Remoción	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Acrílico	1	7,6	76	0,1	1,9%
	2	7,4	74		
Metal	1	5,7	57	0,2	3,6%
	2	6	60		
Plástico	1	7,5	75	0,5	6,3%
	2	8,2	82		

Nota. Esta tabla muestra los resultados de remoción en la experimentación de la 1/15 dilución en la mantequilla como tipo de grasa donde se evalúa la cantidad de material graso removido en cada superficie por acción del desengrasante durante veinte (20) minutos.

Figura 17.

Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mantequilla frente a cada probeta en la 1/15 dilución.



Nota. La figura representa los valores promedio de remoción para cada superficie evaluada en la dilución 1/15 teniendo como tipo de grasa a la mantequilla.

En la figura 17 se observa que la probeta de plástico y acrílico presentan un porcentaje de remoción alrededor del 82-76%, siendo superior a la probeta de metal. De igual manera, se comprueba la acción del desengrasante, ya que, en comparación con la mermelada, la mantequilla contiene un porcentaje de un 80% de grasa, lo cual confirma la efectividad del desengrasante frente a la remoción de grasas como los triglicéridos. Por otro lado, en la tabla 8 al observar la desviación estándar entre cada replica se determina que se removió entre 0,1-0,5g de diferencia entre sí, por tal razón se obtiene un coeficiente de variación inferior al 10%, donde se puede considerar una baja variabilidad entre los datos, es decir, se evidencia que no hay una dispersión entre los factores evaluados en la experimentación.

Tabla 3.

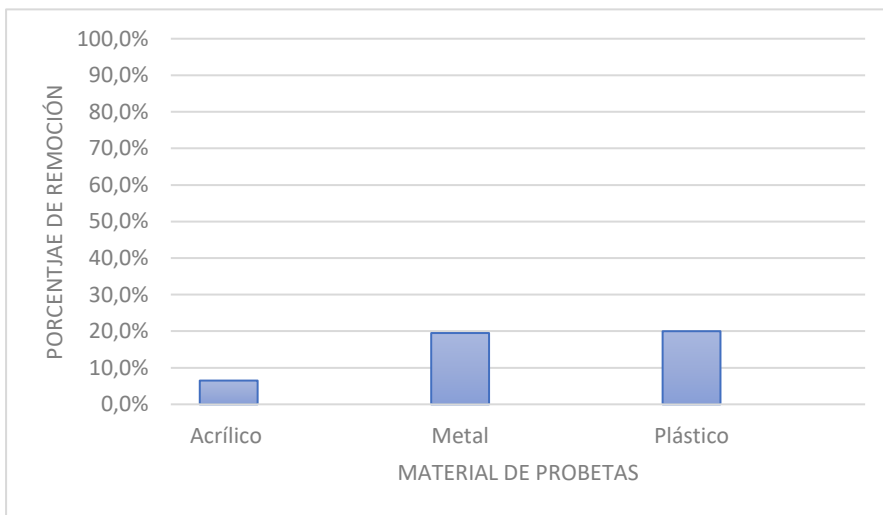
Resultados de remoción con la 1/15 dilución en la Manteca de cerdo.

Tipo de material	# Replica	Gramos de remoción	% Remoción	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Acrílico	1	0,5	5	0,2	32,6%
	2	0,8	8		
Metal	1	1,9	19	0,1	3,6%
	2	2	20		
Plástico	1	1,9	19	0,1	7,1%
	2	2,1	21		

Nota. Esta tabla muestra los resultados de remoción en la experimentación de la 1/15 dilución en la manteca de cerdo como tipo de grasa donde se evalúa la cantidad de grasa removida en cada superficie por acción del desengrasante durante veinte (20) minutos.

Figura 18.

Representación gráfica del porcentaje de remoción de la manteca frente a cada probeta en la 1/15 dilución.



Nota. La figura representa los valores promedio de remoción para cada superficie evaluada en la dilución 1/15 teniendo como tipo de grasa a la manteca de cerdo.

A partir de la figura 15 se puede observar que el metal y el plástico tuvieron un comportamiento similar, el coeficiente de variación es inferior al 10%, es decir que, se obtiene una baja dispersión de los datos, a diferencia del acrílico se obtuvo un coeficiente de variación mayor al 10% indicando que se obtuvo una varianza en los datos debido a que al tener una dilución con una concentración baja se considera que no demuestra unos datos consistentes para tener unas replicas reproducibles.

3.4.3.b. Resultados de la dilución 1/10

Tabla 4.

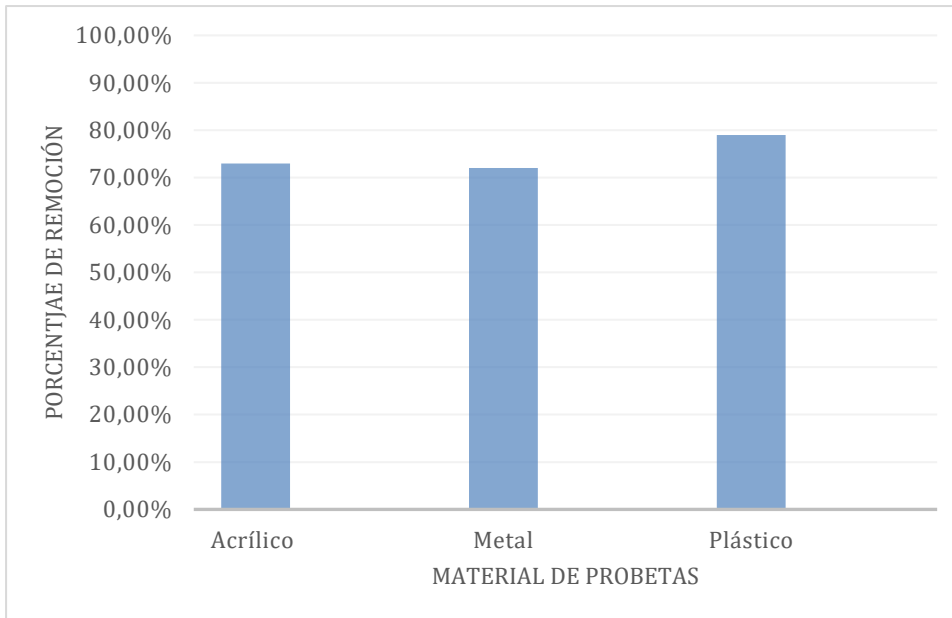
Resultados de remoción con la 1/10 dilución en la Mermelada

Tipo de material	# Replica	Gramos de remoción	% Remoción	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Acrílico	1	3,8	76	0,2	5,8%
	2	3,5	70		
Metal	1	7,3	73	0,1	2%
	2	7,1	71		
Plástico	1	4	80	0,1	1,8%
	2	3,9	78		

Nota. Esta tabla muestra los resultados de remoción en la experimentación de la 1/10 dilución en la mermelada como tipo de grasa donde se evalúa la cantidad de grasa removida en cada superficie por acción del desengrasante durante veinte (20) minutos.

Figura 19.

Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mermelada frente a cada probeta en la 1/10 dilución.



Nota. La figura representa gráficamente el comportamiento de la remoción con cada probeta en la dilución 1/10 teniendo como tipo de grasa a la mermelada.

Respecto a la dilución 1/10 en la grasa seleccionada, en este caso la mermelada, se puede evidenciar en la tabla 10 que el porcentaje de remoción es alto y constante, esto debido a que se mantiene en un rango entre el 70 % y 80 %, esto implica que el tipo de material que se está utilizando para evaluar esta grasa no influye en el porcentaje de remoción. Así mismo, el material de plástico presenta una mayor incidencia frente a los otros, debido a que este no retiene la grasa de la misma forma que lo hace el material de metal o el acrílico, sin embargo, la diferencia de gramos removidos entre cada replica de cada material es de máximo 0,3 g, por esto se indica que los datos presentan una dispersión muy baja y junto con la desviación estándar se determina la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 11.

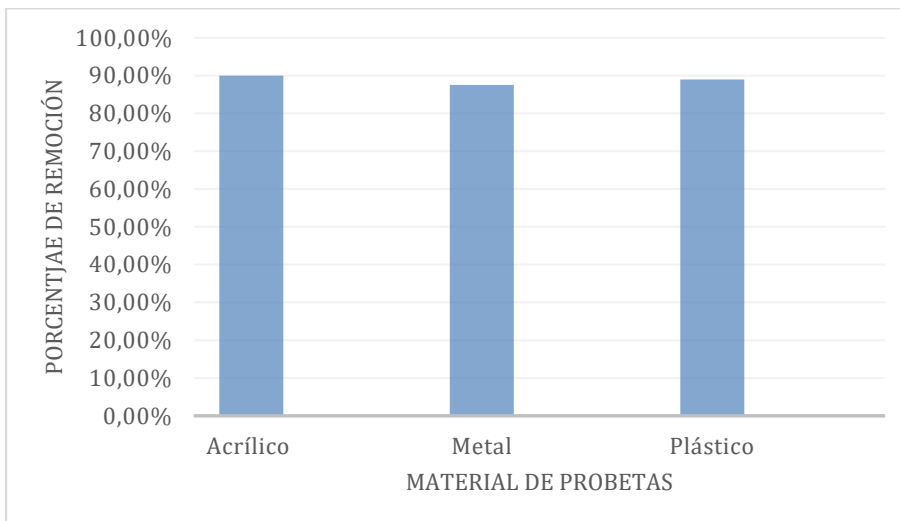
Resultados de remoción con la 1/10 dilución en la mantequilla.

Tipo de material	# Replica	Gramos de remoción	% Remoción	Desviación estándar	Coficiente de variación
Acrílico	1	9,1	91	0,1	1,6%
	2	8,9	89		
Metal	1	9	90	0,4	4,0%
	2	8,5	85		
Plástico	1	8,8	88	0,1	1,6%
	2	9	90		

Nota. Esta tabla muestra los resultados de remoción en la experimentación de la 1/10 dilución en la mantequilla como tipo de grasa donde se evalúa la cantidad de grasa removida en cada superficie por acción del desengrasante durante veinte (20) minutos.

Figura 20.

Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mantequilla frente a cada probeta en la 1/10 dilución.



Nota. La figura representa los valores promedio de remoción para cada superficie evaluada en la dilución 1/10 teniendo como tipo de grasa a la mantequilla.

A partir de la tabla 11 y de la figura 20, se puede evidenciar que el material de acrílico presenta un porcentaje de remoción bastante positivo al remover en un 90% la grasa impregnada, es decir, el desengrasante funciona de forma eficaz en esta dilución, siendo en términos de costos una alternativa factible para la elaboración del desengrasante a escala industrial. Por otro lado, los resultados obtenidos en los otros dos materiales son favorables, ya que estos se encuentran en un rango superior al 85 % de remoción de grasa impregnada en el material, esto indica que el desengrasante actúa de forma eficaz bajo la dilución 1/10. Por otra parte, los datos presentados de acuerdo con la experimentación realizada, se observa que estos tienen una diferencia de máximo 0,5 g entre cada replica por cada material, así se determina que los datos poseen una alineación correcta frente a la media e indicando que los resultados son confiables al no presentar un coeficiente de variación alto.

Tabla 12.

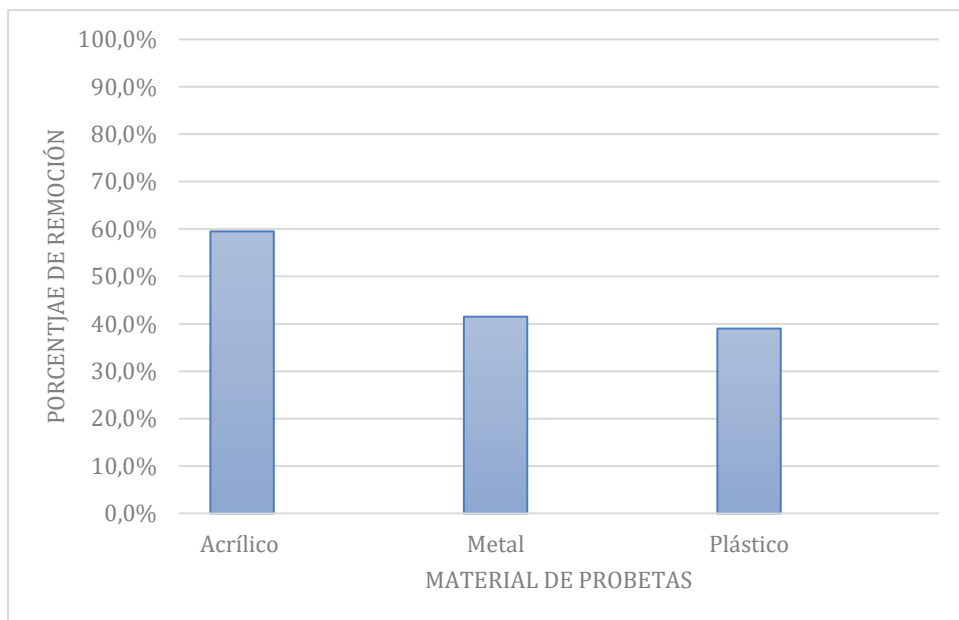
Resultados de remoción con la 1/10 dilución en la manteca de cerdo.

Tipo de material	# Replica	Gramos de remoción	% Remoción	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Acrílico	1	6	60	0,1	1,2%
	2	5,9	59		
Metal	1	4,2	42	0,1	1,7%
	2	4,1	41		
Plástico	1	3,8	38	0,1	3,6%
	2	4	40		

Nota. E Esta tabla muestra los resultados de remoción en la experimentación de la 1/10 dilución en la manteca de cerdo como tipo de grasa donde se evalúa la cantidad de grasa removida en cada superficie por acción del desengrasante durante veinte (20) minutos.

Figura 21.

Representación gráfica del porcentaje de remoción de la manteca de cerdo frente a cada probeta en la 1/10 dilución.



Nota. La figura representa gráficamente el comportamiento de la remoción con cada probeta en la dilución 1/10 teniendo como tipo de grasa a la manteca de cerdo.

Según la figura 21 se puede inferir que en el material de acrílico el porcentaje de remoción es significativo y de un alto grado, esto debido a que este material no presenta rayoneso daño en la superficie donde se pueda acumular la grasa a diferencia del metal y del plástico que retiene grasa de una manera más rápida. Por lo anterior, la dilución realizada tiene un resultado adecuado frente a la dilución 1/15, removiendo aproximadamente el doble de peso y frente a la 1/5 es favorable, sin embargo, no alcanza a ser el más eficaz en términos de remoción, ni se asemeja a este. Por último, la manteca de cerdo se elimina muchísimo mejor en la 1/5 parte, ya que la manteca se adhiere fuertemente a la superficie y necesita de un agente más concentrado para no ejercer una fuerza mayoritaria al retirar los residuos de grasa, así la 1/10 dilución presenta un resultado no favorable para este tipo de grasa al remover únicamente la mitad del contenido inicial.

3.4.3.c. Resultados de la dilución 1/5

Tabla 13.

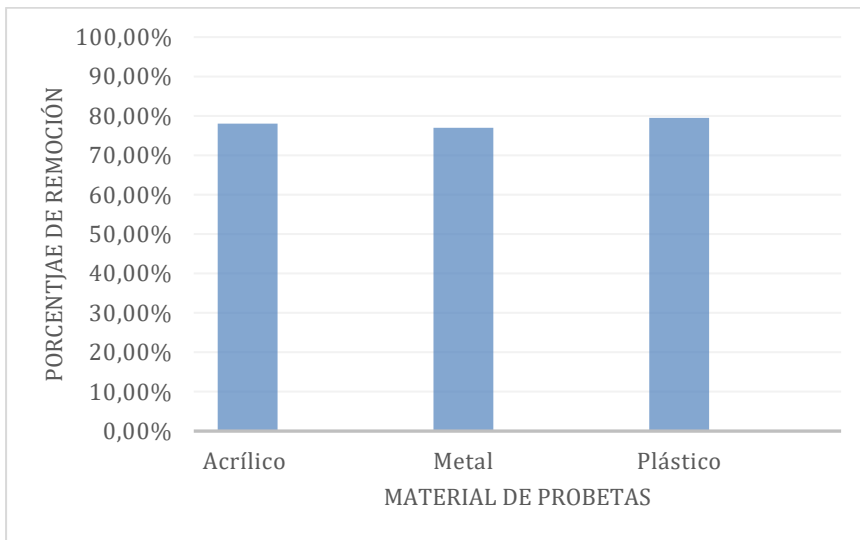
Resultados de remoción con la 1/5 dilución en la Mermelada.

Tipo de material	# Replica	Gramos de remoción	% Remoción	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Acrílico	1	7,7	77	0,1	1,8%
	2	7,9	79		
Metal	1	3,9	78	0,1	1,8%
	2	3,8	76		
Plástico	1	7,8	78	0,2	2,7%
	2	8,1	81		

Nota. Esta tabla muestra los resultados de remoción en la experimentación de la 1/5 dilución en la mermelada como tipo de grasa donde se evalúa la cantidad de grasa removida en cada superficie por acción del desengrasante durante veinte (20) minutos.

Figura 22.

Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mermelada frente a cada probeta en la 1/5 dilución.



Nota. La figura representa los valores promedio de remoción para cada superficie evaluada en la dilución 1/5 teniendo como tipo de grasa a la mermelada.

De acuerdo con los resultados obtenidos del porcentaje de remoción para la 1/5 dilución, es importante resaltar la efectividad que esta presenta ya que en cada una de las superficies en las que se evaluó el desengrasante industrial biodegradable, el porcentaje de remoción es superior al 70 %, evidenciado en la tabla 13 en las dos réplicas. Adicionalmente, la desviación estándar y el coeficiente de variación para el desarrollo de esta prueba gravimétrica, indica que los datos no presentan una dispersión significativa respecto a la media de los resultados obtenidos.

Tabla 14.

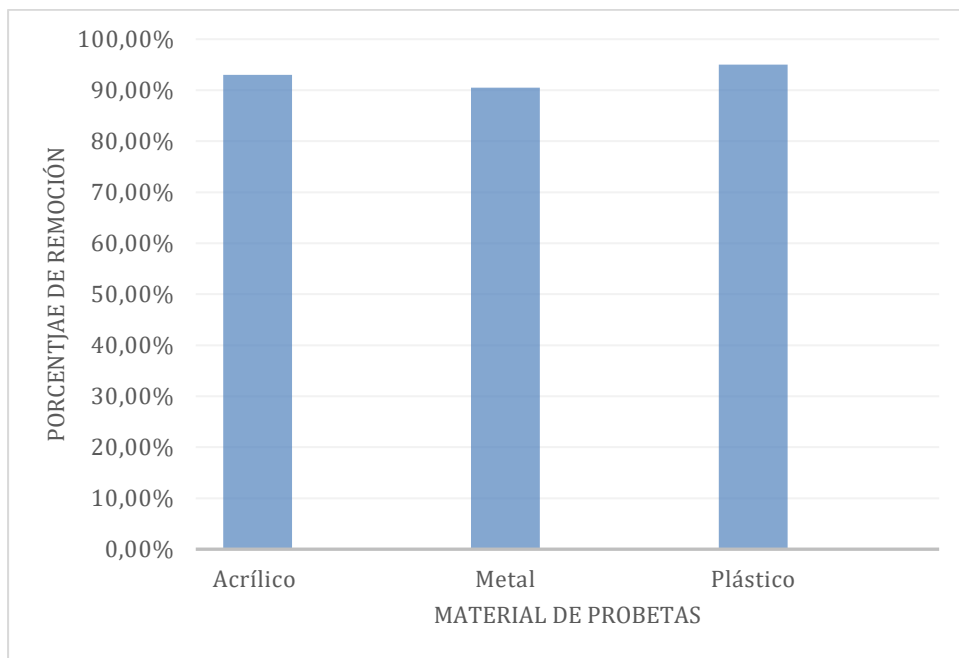
Resultados de remoción con la 1/5 dilución en la Mantequilla.

Tipo de material	# Replica	% Remoción	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Acrílico	1	94	0,1	1,5%
	2	92		
Metal	1	92	0,2	2,3%
	2	89		
Plástico	1	96	0,4	4,5%
	2	94		

Nota. Esta tabla muestra los resultados de remoción en la experimentación de la 1/5 dilución en la mantequilla como tipo de grasa donde se evalúa la cantidad de grasa removida en cada superficie por acción del desengrasante durante veinte (20) minutos.

Figura 23.

Representación gráfica del porcentaje de remoción de la mantequilla frente a cada probeta en la 1/5 dilución.



Nota. La figura representa los valores promedio de remoción para cada superficie evaluada en la dilución 1/5 teniendo como tipo de grasa a la mantequilla.

Respecto a la siguiente prueba gravimétrica se puede evidenciar que el tipo de material no es influyente al momento de evaluar la efectividad del desengrasante ya que todos se encuentran sobre la media del porcentaje de remoción, entre un rango del 89 % al 96 %. Por otro lado, y haciendo una retroalimentación frente a las otras diluciones, esta presenta una mejor efectividad al remover una mayor cantidad de grasa. Por último, la desviación estándar indica que los datos o resultados de esta prueba no presentan una gran dispersión.

Tabla 15.

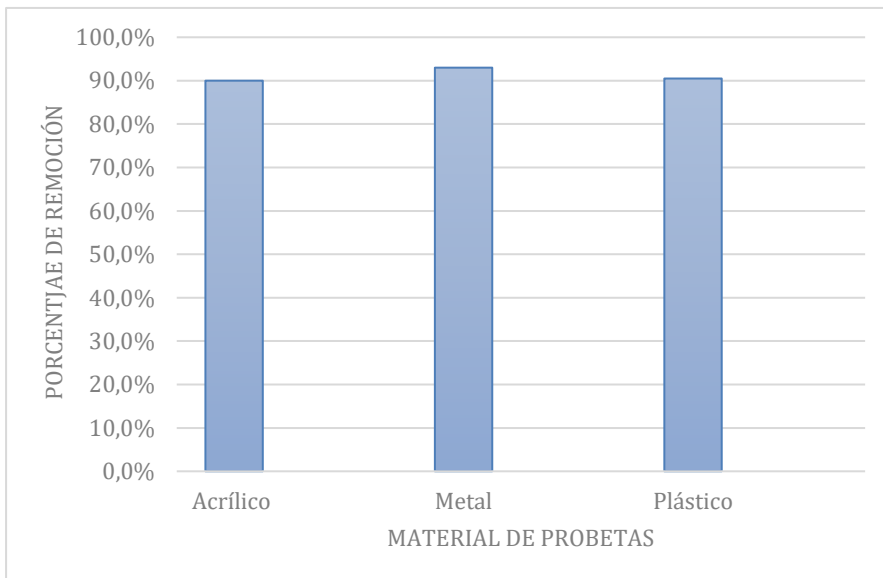
Resultados de remoción con la 1/5 dilución en la Manteca de cerdo.

Tipo de material	# Replica	% Remoción	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Acrílico	1	89	0,1	1,6%
	2	91		
Metal	1	92	0,1	1,5%
	2	94		
Plástico	1	91	0,1	0,8%
	2	90		

Nota. Esta tabla muestra los resultados de remoción en la experimentación de la 1/5 dilución en lamanteca de cerdo como tipo de grasa donde se evalúa la cantidad de grasa removida en cada superficie por acción del desengrasante durante veinte (20) minutos.

Figura 24.

Representación gráfica del porcentaje de remoción de la manteca frente a cada probeta en la 1/5 dilución.



Nota. La figura representa los valores promedio de remoción para cada superficie evaluada en ladilución 1/5 teniendo como tipo de grasa a la manteca de cerdo.

La remoción de manteca en la dilución 1/5 es bastante interesante, ya que presenta un porcentaje superior frente a las otras y en cuanto al material de las probetas o superficies no presenta una diferencia significativa, esto quiere decir que sin importar el material en el que este actúe bajo la grasa mencionada, la remoción será de aproximadamente un 90 %, así la gráfica presenta un mayor acercamiento a lo que se describe y la tabla indica una dispersión de datos poco significativa frente a la media.

3.4.3.d. Resultados de comparación entre diluciones. Se realizó una dilución llamada blanco la cual no contiene AE de naranja, esto con el fin de evaluar el comportamiento de remoción y verificar la acción que tiene este mismo en el producto final. Por otro lado, se hace una comparación entre las medias de las diluciones para observar el comportamiento de estas y determinar la concentración más efectiva para el producto final las cuales se pueden evidenciar a continuación.

Tabla 16.

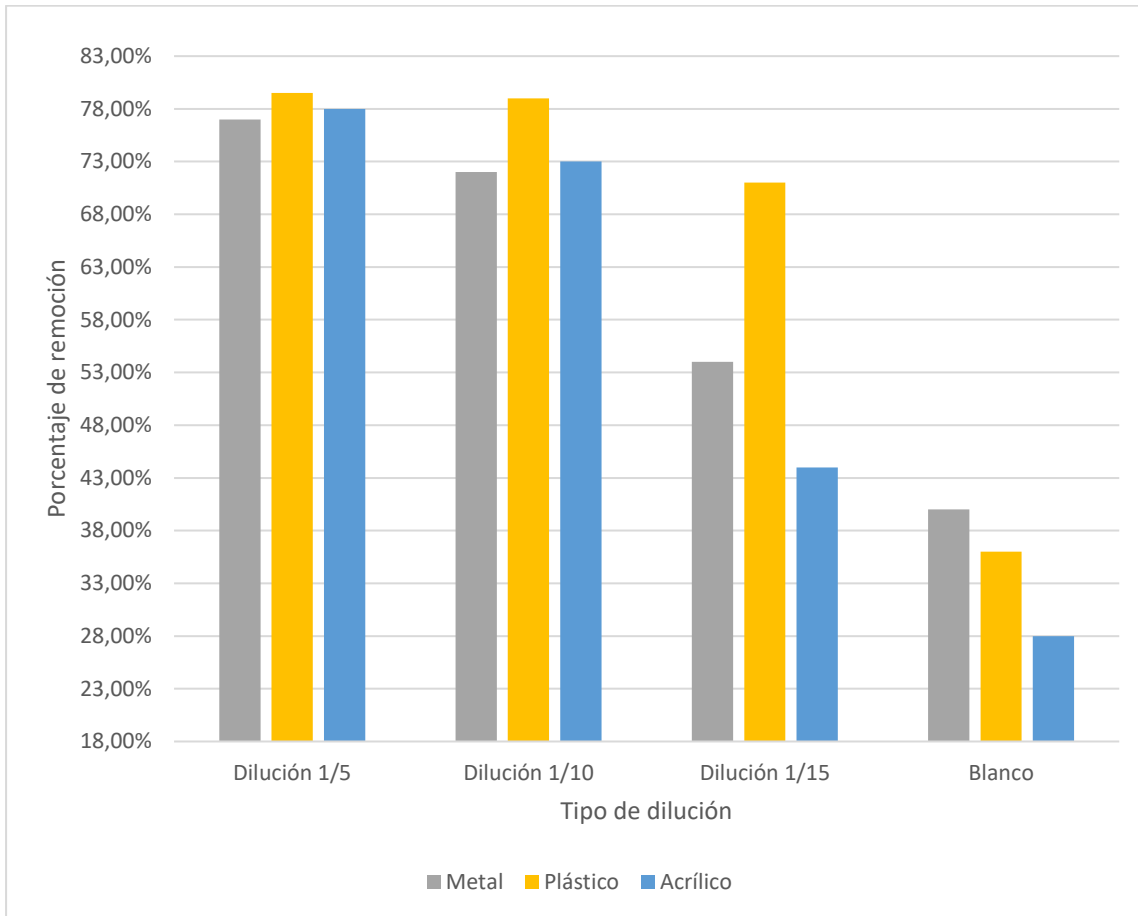
Media del porcentaje de remoción en cada probeta frente a cada dilución en la mermelada.

Tipo de dilución	Media del porcentaje de remoción		
	Acrílico	Metal	Plástico
Dilución 1/5	78%	77%	79,5%
Dilución 1/10	73%	72%	79%
Dilución 1/15	44%	54%	71%
Blanco	28%	40%	36%

Nota. Esta tabla representa la media del porcentaje de remoción en cada probeta frente a cada dilución en la mermelada, además se evidencia la media del porcentaje de remoción del blanco, el cual no contiene aceite esencial de naranja en su formulación.

Figura 25.

Representación gráfica de la media del porcentaje de remoción Vs. Tipo de dilución en la mermelada.



Nota. La figura representa el comportamiento de la media del porcentaje de remoción de mermelada frente a los diferentes tipos de dilución y al blanco el cual no contiene aceite esencial en su formulación.

En la figura 25 se puede determinar que la mermelada tuvo un porcentaje de remoción similar entre la 1/5 y 1/10 dilución en todos los tipos de probetas, indicando que, no hay una diferencia significativa si se tiene un producto final concentrado frente a uno con su concentración a la mitad. Por el contrario, si su concentración se reduce a la 1/15 demuestra un comportamiento deficiente debido a que la media de remoción es de aproximadamente un 50%. Por consiguiente, se puede precisar según costos que la dilución 1/10 es la más conveniente, debido a que, tiene un comportamiento positivo de remoción aun así teniendo una diferencia del doble de concentración respecto a la 1/5 dilución.

Por otro lado, como se evidencia, el blanco es una formulación sin la presencia de AE de naranja, es decir, no presenta el monoterpeno D-Limoneno, lo cual implica que tiene un comportamiento negativo frente a las demás diluciones en vista de que la media del porcentaje de remoción es inferior al 40%, por ende, se confirma la función del AE de naranja en el producto final gracias a una de las principales características, la presencia del monoterpeno D-Limoneno, el cual se conoce industrialmente como un tensoactivo orgánico, por sus propiedades de remoción, y su alto porcentaje de composición en el AE de naranja según la bibliografía descrita anteriormente.

Tabla 17.

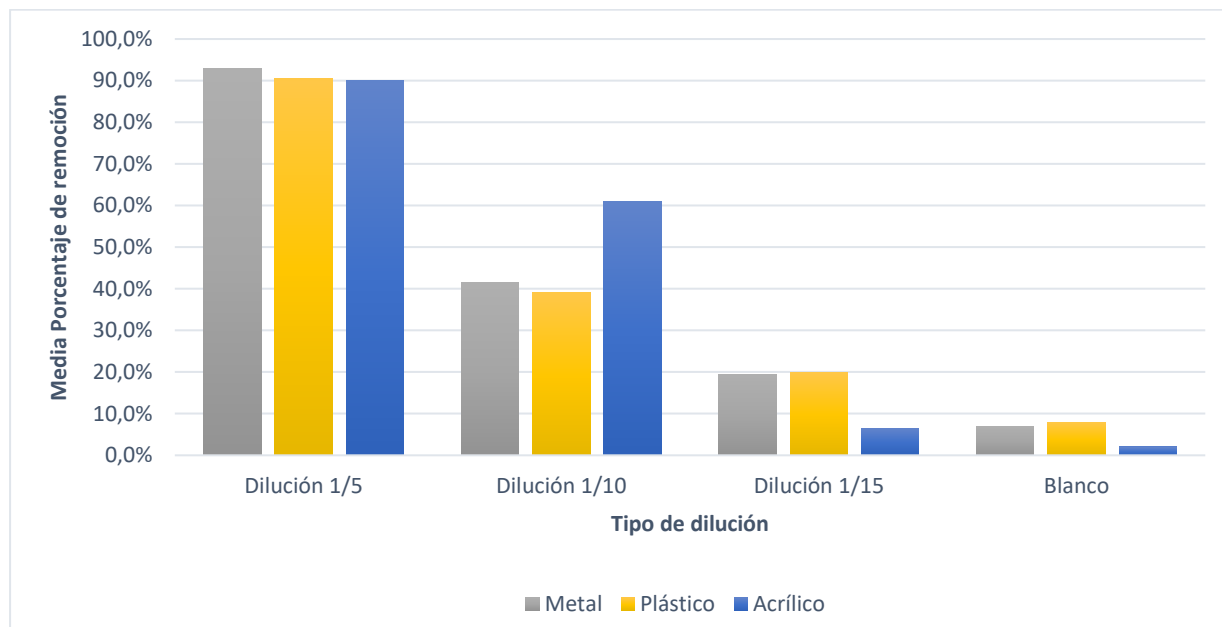
Media del porcentaje de remoción en cada probeta frente a cada dilución en la manteca de cerdo.

Tipo de dilución	Media del porcentaje de remoción		
	Acrílico	Metal	Plástico
Dilución 1/5	90%	93%	90,5%
Dilución 1/10	61%	41,5%	39%
Dilución 1/15	6,5%	19,5%	20%
Blanco	2%	7%	8%

Nota. Esta tabla representa la media del porcentaje de remoción en cada probeta frente a cada dilución en la manteca además se evidencia la media del porcentaje de remoción del blanco, el cual no contiene aceite esencial de naranja en su formulación.

Figura 26.

Representación gráfica de la media del porcentaje de remoción Vs. Tipo de dilución en la manteca.



Nota. La figura representa el comportamiento de la media del porcentaje de remoción de manteca frente a los diferentes tipos de dilución y al blanco el cual no contiene aceite esencial en su formulación.

A partir de la figura 26, se puede observar un comportamiento decreciente en la media del porcentaje de remoción frente a las diluciones, se observa que la 1/5 dilución tiene un alto porcentaje de remoción, en cambio la 1/10, 1/15 dilución y el blanco tienen un porcentaje de remoción bajo. En comparación con la mermelada y la mantequilla, la manteca es un tipo de grasa con mayor contenido de grasas saturadas, también, se caracteriza por tener un contenido de lípidos insaponificables, esto significa que un porcentaje de lípidos no se hidroliza en presencia de hidróxidos, por lo tanto, hace que la acción de remoción sea compleja y se requiera de una alta concentración de desengrasante para lograr remover un alto contenido de manteca. Por consiguiente, se analiza el comportamiento decreciente frente a la remoción y se determina que son directamente proporcionales, a mayor concentración de desengrasante mayor remoción de manteca de cerdo sin tener en cuenta el tipo de superficie. Por otro parte, se evidencia que la acción de remoción del blanco no tiene un comportamiento positivo, debido a la ausencia del aceite esencial de naranja, específicamente del D-limoneno, ya que, como se mencionó anteriormente este actúa como un agente activo en el producto final, haciendo eficiente la remoción de grasa.

Tabla 18.

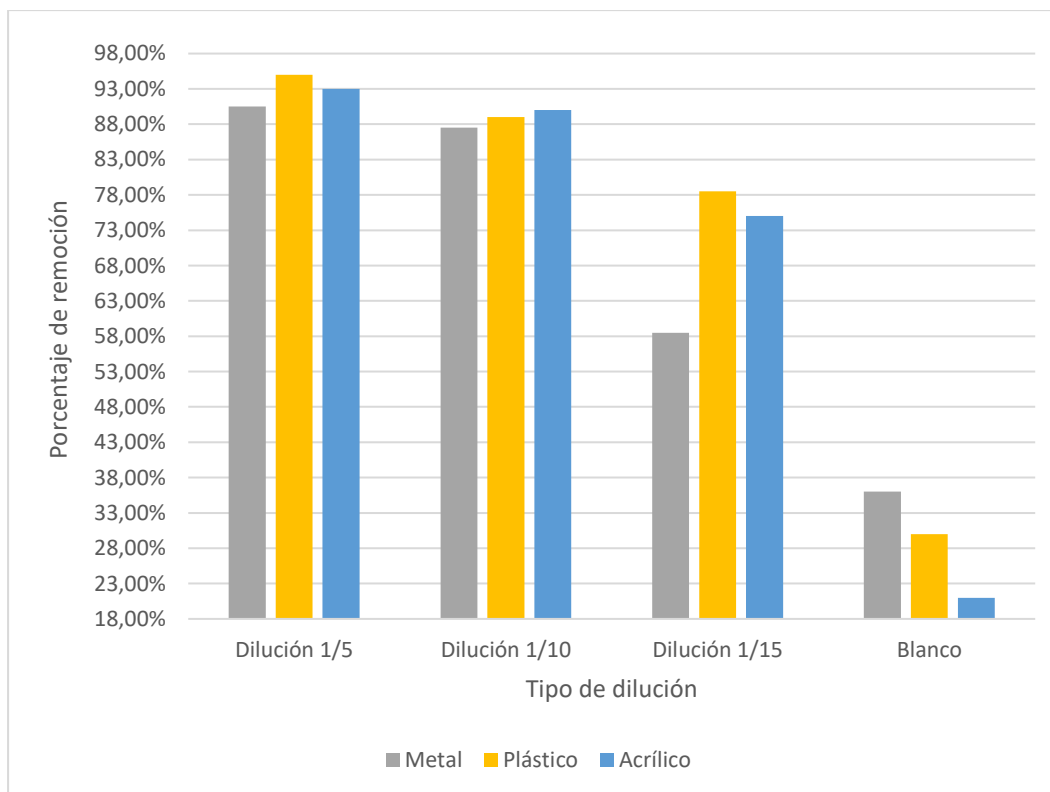
Media del porcentaje de remoción en cada probeta frente a cada dilución en la mantequilla.

Tipo de dilución	Media del porcentaje de remoción		
	Acrílico	Metal	Plástico
Dilución 1/5	93%	90,5%	95%
Dilución 1/10	90%	87,5%	89%
Dilución 1/15	75%	58,5%	78,5%
Blanco	21%	36%	30%

Nota. Esta tabla representa la media del porcentaje de remoción en cada probeta frente a cada dilución en la mantequilla además se evidencia la media del porcentaje de remoción del blanco, el cual no contiene aceite esencial de naranja en su formulación.

Figura 27.

Representación gráfica de la media del porcentaje de remoción Vs. Tipo de dilución en la mantequilla.



Nota. La figura representa el comportamiento de la media del porcentaje de remoción de mantequilla frente a los diferentes tipos de dilución y al blanco el cual no contiene aceite esencial en su formulación.

A partir de la gráfica 27, se puede determinar que la 1/5 y 1/10 dilución tienen un comportamiento similar, esto nos indica que al tener una dilución con un alto contenido de concentración frente a una dilución a la mitad de su concentración no tiene mayor incidencia en el resultado final. En cambio, al disminuir su concentración a la 1/15 tiene un cambio significativo, de igual manera, al no tener contenido de AE de naranja, se puede observar que el producto tendrá un bajo porcentaje de remoción. Pero, se evidencia que la probeta de metal en la 1/15 dilución tiene un porcentaje de remoción del 58% el cual presenta una gran diferencia frente a las otras dos probetas lo que indica un error experimental.

Por otro lado, a diferencia de la manteca, la mantequilla no se caracteriza por tener lípidos insaponificables, por el contrario, tiene un alto contenido de grasa insaturadas las cuales son solubles en diversos solventes, también, es una cadena carbonada más corta frente a la de la manteca, lo cual es más fácil el rompimiento de esta, por tal razón, este tipo de grasa demuestra una mayor eficiencia del desengrasante frente a la remoción, de igual modo, indica que el tipo de superficie no tiene mayor incidencia, debido a que, no arroja una diferencia significativa entre la dilución concentrada y la dilución con la mitad de concentración. Por otra parte, como se observa en los análisis anteriores, los porcentajes de la media de remoción del blanco son inferiores al 40% en las tres superficies, esto indica que, se tiene un comportamiento deficiente de remoción por la ausencia del monoterpeno D-limoneno.

3.5. Desarrollo de ANOVA.

Para el diseño de experimentos, se emplea el desarrollo de un ANOVA, con la finalidad de evaluar las variables dependientes e independientes que se presentan en la prueba de porcentaje de remoción de contaminante evidenciadas en la tabla 19, donde se presentan los resultados obtenidos para cada una de las diluciones, de acuerdo con el tipo de grasa y el material empleado.

Tabla 19.

Diseño del planteamiento del ANOVA.

	A: Variable de respuesta % de remoción	C: Variable independiente								
		TIPO DE GRASA								
		Mermelada			Mantequilla			Manteca de cerdo		
		D: Variable dependiente								
B: Variable independiente	Material	DILUCIÓN 1			DILUCIÓN 2			DILUCIÓN 3		
		5ta	10ma	15va	5ta	10ma	15va	5ta	10ma	15va
	1. Acrílico	77	76	42	94	91	76	89	60	5
		79	70	46	92	89	74	91	59	8
	2. Plástico	78	80	74	96	88	75	91	38	19
		81	78	68	94	90	82	90	40	21
	3. Metal	78	73	52	92	90	57	92	42	19
76		71	56	89	85	60	94	41	20	

Nota. La siguiente tabla resume los datos experimentales obtenidos en la prueba de gravimetría con sus respectivas variables dependientes e independientes.

Tabla 20.

Factores Inter sujetos del ANOVA.

Factores inter-sujetos

		N
Tipo de material	Acrílico	18
	Metal	18
	Plástico	18
Tipo de contaminante	Mantequilla	18
	Mermelada	18
	Metal	18
Volumen de dilución	10ma	18
	15va	18
	5ta	18

Nota. La tabla describe los factores inter-sujetos planteados en programa estadístico SPSS (IBM) para el desarrollo del ANOVA.

Tabla 21.*Pruebas de efectos inter-sujetos del ANOVA.*

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: % de remoción

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	284553,00 ^a	27	10539,000	2107,800	<,001
Material	266,704	2	133,352	26,670	<,001
Contaminante	9888,926	2	4944,463	988,893	<,001
Dilución	14443,593	2	7221,796	1444,359	<,001
Material * Contaminante	440,296	4	110,074	22,015	<,001
Contaminante * Dilución	6306,741	4	1576,685	315,337	<,001
Material * Dilución	657,630	4	164,407	32,881	<,001
Material * Contaminante * Dilución	672,370	8	84,046	16,809	<,001
Error	135,000	27	5,000		
Total	284688,000	54			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = ,999)

Nota. la tabla describe los resultados obtenidos de las pruebas de efecto inter-sujetos planteados en programa estadístico SPSS (IBM).

Tal como se mencionó al inicio del capítulo donde se describe el tipo de diseño de experimentos empleado, se trabajó un diseño de 3^3 , lo cual indica que se tienen tres variables y cada una de ellas cuenta con tres niveles (**material:** Acrílico, plástico y metal. **Contaminante:** Mermelada, mantequilla y manteca. **Dilución:** quinceava parte, décima parte y quinta parte).

La prueba de análisis de varianza (ANOVA) desarrollada con el programa estadístico SPSS (IBM) muestra el comportamiento de las variables de forma independiente, así como las interacciones entre ellas mismas, de forma pareada (material Vs contaminante, material Vs dilución y contaminante Vs dilución); y también la interacción múltiple de las tres variables (material Vs contaminante Vs dilución). Individualmente, cada variable indica que presenta diferencias significativamente estadísticas, lo que implica que los tres materiales empleados son estadísticamente diferentes entre sí, mostrando resultados que varían entre la superficie acrílica, plástica y metálica. Así mismo se comportan los resultados del ANOVA para los tres contaminantes y las tres diluciones, permitiendo concluir que cada variable al compararse entre sí mismos, sus niveles entregan porcentajes de remoción diferentes.

Este mismo comportamiento se observa en las interacciones, donde los porcentajes de remoción que entregan las combinaciones material Vs contaminante, material Vs dilución y contaminante Vs dilución son diferentes estadísticamente; así como la interacción general material Vs contaminante Vs dilución.

A partir de estos resultados, se puede concluir que el producto presenta resultados estadísticamente diferentes teniendo en cuenta si se emplea en cualquiera de las tres superficies, para remover cualquiera de los tres contaminantes y asimismo, hay diferencias en la remoción al cambiar de dilución.

Un análisis más profundo indica que el producto fabricado para este trabajo tendrá resultados diferentes si la preparación inicial se diluye a la quinceava parte, a la décima parte o a la quinta parte y se aplica en cualquiera de las tres superficies para remover cualquiera de los tres contaminantes empleados, lo que indica que la capacidad de remoción varía en función de la combinación de esas tres posibilidades, siendo la menos eficiente de ellas la dilución de la quinceava parte con superficie acrílica y contaminante manteca de cerdo con una remoción inferior al 5 %. En contraste, la combinación con mejores resultados corresponde a la dilución de la quinta parte, con superficie plástica y contaminante mantequilla, con valores de remoción que alcanzan el 95 %.

Se debe mencionar que, en las diluciones de la quinta y décima parte, los porcentajes de remoción con la contaminante mantequilla sobre las tres superficies superan el 90 %, y en la dilución de la quinceava parte con la mantequilla el porcentaje más bajo lo muestra la superficie metálica, siendo inferior al 60 %. Por esta razón, teniendo en cuenta la similitud en la efectividad entre la quinta y decima dilución, se decide obtener un producto final a la décima parte, y a su vez, frente a costos es conveniente tener esta dilución.

3.6. Prueba fisicoquímica de Demanda química de oxígeno (DQO)

La determinación de demanda química de oxígeno se realizó en dos etapas del proceso, evaluándose a cada dilución antes de entrar en contacto con los contaminantes y las diferentes superficies estudiadas, posterior a la remoción como posible producto de vertimiento de agua residual. Esta determinación fue contratada a un tercero debido a la imposibilidad de realizar el

análisis por cuenta propia de las estudiantes, así que se contrató el servicio en el laboratorio FUNDASES de la Universidad Minuto de Dios, siendo esta entidad un laboratorio dedicado a la prestación de servicios y análisis de aguas.

Tabla 22.

Determinación DQO en las diluciones estudiadas de desengrasante.

MUESTRA	CONCENTRACIÓN (mgO ₂ /L)	CONCENTRACIÓN FINAL (mgO ₂ /L)
Std 500	497,67	497,7
DILUCIÓN 1/15	364,33	7286,7
DILUCIÓN 1/10	507,67	10153,3
DILUCIÓN 1/5	1011,00	20220,0

Nota. Se presentan los resultados de determinación de DQO en los desengrasantes estudiados antes de entrar en contacto con los tres contaminantes y las tres superficies estudiadas.

Los valores calculados son acordes a la dilución, mostrando que se tiene una mayor DQO para la dilución más concentrada (1/5; 20220,0 mgO₂/L) mientras el valor es menor para la dilución más alta (1/15; 7286,7 mgO₂/L); lo que indica la alta carga de materia orgánica presente en el producto antes de ser empleado para su fin.

Seguido a la experimentación de evaluación del porcentaje de remoción de contaminante en las diferentes superficies, se determinaron las muestras que serían enviadas a análisis de DQO. Las muestras seleccionadas fueron escogidas teniendo en cuenta los resultados de remoción por cada contaminante versus superficie a dilución de 1/10 considerado como valor medio, seleccionándose así las siguientes aguas residuales:

- Manteca de cerdo sobre metal, dilución 1/10.
- Mermelada sobre plástico, dilución 1/10.
- Mantequilla sobre acrílico, dilución 1/10.

Tabla 23.

Determinación DQO en las aguas residuales del proceso de remoción de contaminantes.

MUESTRA	CONCENTRACIÓN (mgO ₂ /L)
Manteca de cerdo en metal, dilución 1/10	1403,0
Mermelada en plástico, dilución 1/10	1965,5
Mantequilla en acrílico, dilución 1/10	1578,6

Nota. Se presentan los resultados de DQO para los residuos de remoción de los tres contaminantes en tres superficies diferentes.

La comparación de los valores antes y después del uso del desengrasante muestra la disminución de aproximadamente 5 veces el valor de la DQO en relación a la dilución 1/10. Esto implica que el contacto del producto con el respectivo contaminante aun cuando lo retira de la superficie y pasa a formar parte del agua residual, la carga de materia orgánica baja a la quinta parte.

De acuerdo a la resolución 631 de 2015 expedida por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de la Republica de Colombia, los valores de DQO para vertimiento de aguas residuales dentro de los cuales se puede considerar aplicable a los resultados obtenidos, clasifican como aptos en agroindustria como el beneficio de café (artículo 6) con un valor máximo permitido de 3000 mgO₂/L, en la industria de elaboración de bebidas destiladas (artículo 13) con un máximo de 3000 mgO₂/L, y finalmente en el “vertimiento de aguas residuales no domesticas de actividades asociadas con servicios y otras actividades” (artículo 14) con un valor máximo permitido de 2000 mgO₂/L. Estos valores reglamentados en nuestro país junto con la disminución de la DQO después de emplear el desengrasante para remover los contaminantes estudiados nos permiten concluir que el producto elaborado cumple con la normatividad de vertimientos y se puede considerar como biodegradable en condiciones normales de uso.

3.7. Prueba fisicoquímica de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La determinación de demanda bioquímica del oxígeno se realizó para medir la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, como se puede observar en la tabla se obtuvo un mayor valor de DBO en la concentración más alta, es decir, la 1/5ta dilución y una

menor concentración para la dilución más alta, es decir, la 1/15 dilución, se determina que presenta el mismo comportamiento respecto a la DQO.

Por otra parte, se realiza el cociente entre la DQO y DBO para determinar el índice de biodegradabilidad, en donde se obtiene un rango de valores los cuales se encuentran dentro de los parámetros establecidos ($DBO/DBO < 0,5$).

Tabla 24.

Resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

MUESTRA	CONCENTRACIÓN FINAL (mgO₂/L)	(DBO/DQO)
Dilución 1/15	4380	0,60
Dilución 1/10	6240	0,61
Dilución 1/5	12330	0,61

Nota. En la siguiente tabla se describen los valores de la DBO para las tres diluciones antes de entrar en contacto con el contaminante. También, se tiene el índice de biodegradabilidad del desengrasante.

4. DISEÑO A NIVEL ESCALA DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE DESENGRASANTE

En el siguiente capítulo se describe las generalidades del proceso y se muestra el diseño de proceso para la producción del desengrasante a nivel de escala planta piloto mediante un diagrama de bloques y PFD, por consiguiente, se realiza una descripción de equipos seleccionados especificando las dimensiones de estos, junto con los respectivos balances de materia del proceso.

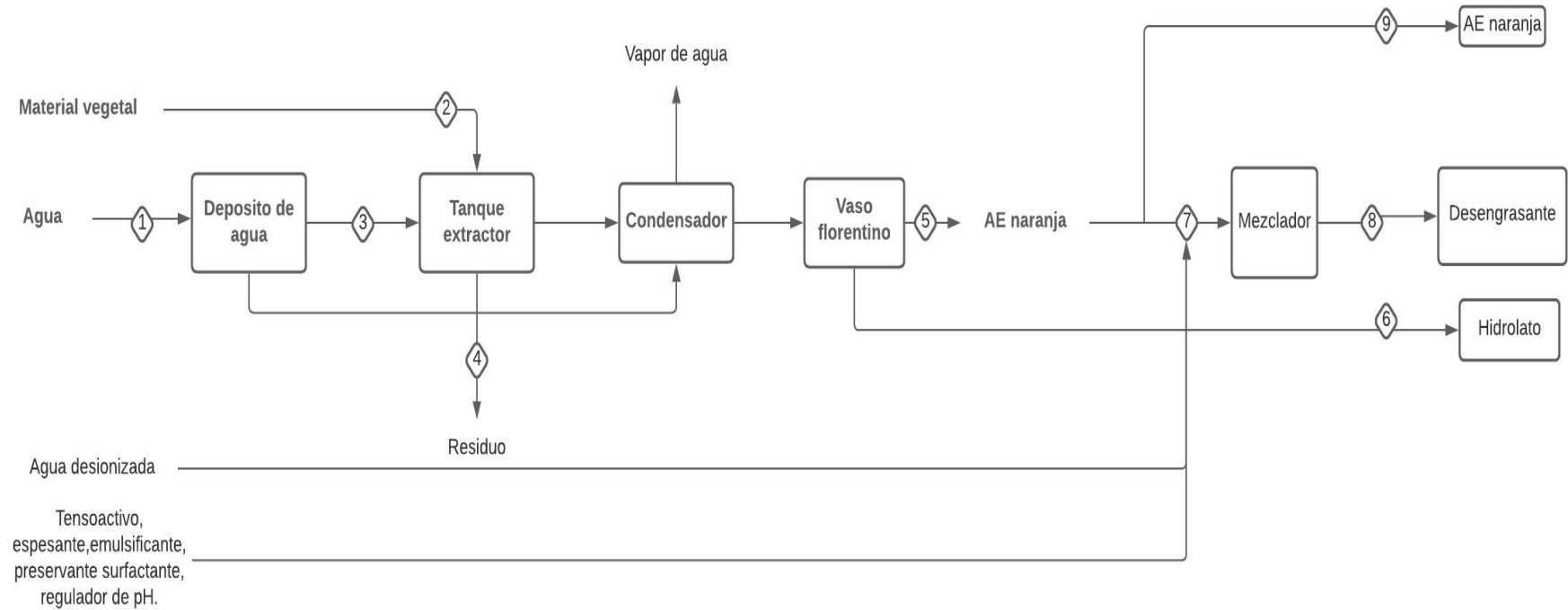
4.1. Generalidades del proceso

En el proceso de producción del desengrasante, como se observa en el diagrama de bloques de la figura 24, se requiere una hidrodestilación para extraer aceite esencial de naranja, con el fin de obtener el monoterpeno D-limoneno como materia prima. Posteriormente, se realiza un proceso de mezcla donde se tiene en cuenta las materias primas restantes, las cuales son adicionadas en un orden determinado para la elaboración del producto.

4.2. Diagrama de bloques

Figura 28.

Diagrama de bloques del proceso de producción.



Nota: La siguiente figura se tiene el diagrama de bloques del proceso de producción de desengrasante, donde el material vegetal son cortezas de naranja (*Citrus sinensis*).

4.3. Descripción de proceso

El proceso de producción de desengrasante industrial inicia con la hidrodestilación de aceite esencial de naranja, donde en la corriente 1 indica la entrada de agua al depósito de almacenamiento temporal, la cual está destinada a actuar como solvente en el tanque extractor (corriente 3) y el material vegetal (corriente 2) ingresa a la extracción. Trascurrido el tiempo de operación, en la corriente 4 sale el residuo generado en el proceso de hidrodestilación. Posteriormente, la corriente de salida del extractor ingresa al condensador donde se genera la salida de vapor de agua y una segunda corriente que se direcciona al vaso florentino, allí por densidad el AE de naranja es separado del hidrolato, estos salen por la corriente 5 y 6 respectivamente.

Una fracción del AE de naranja (corriente 9), es almacenado con fines comerciales y el restante entra al mezclador (corriente 7) junto con la mezcla de tensoactivos, surfactante, espesante, emulsificante, preservante, regulador de pH y agua desionizada. Finalmente, se obtiene el producto final, desengrasante industrial indicado en la corriente 8.

4.4. Descripción de equipos

Los equipos descritos a continuación para el proceso de producción de desengrasante con propiedades biodegradables a nivel planta piloto se seleccionaron, teniendo en cuenta la capacidad de la planta y tomando como referencia a la empresa INOXIMEXICO, industria mexicana que fabricantes y especialistas en creación de proyectos a escala industrial, en especial destiladores de aceite esencial. La anterior empresa es reconocida por ser el proveedor de grandes industrias a nivel mundial, dentro de estas Henkel, Gelpharma y Tierra Madre [25]. Por otro lado, se especifica que el material empleado en la fabricación de los equipos será de acero inoxidable 304, debido a que es resistente a la corrosión y oxidación, presenta apariencia higiénica, soportan altas temperaturas y presión atmosférica y son resistentes a la exposición solar. También se caracteriza por tener bajos costos, frente a otros materiales.

4.4.1. Tanque de agua

En el proceso de elaboración de detergente industrial biodegradable es indispensable un tanqueo depósito de agua, debido a que en este se controlará directamente el agua de servicio que ingresa, así como el nivel requerido para las diferentes unidades del proceso. El material recomendado de infraestructura es acero inoxidable, teniendo en cuenta que es un material que no genera oxidación,

es impermeable, evitan la formación de bacterias en su interior y se caracteriza por tener una larga vida útil. Además, el sistema de circulación (red de tubería) debe contar con una bomba centrífuga que impulsa el agua al sistema de válvulas de control y en seguida al Hidrodestilador. Por lo anterior mencionado, el tanque deberá contar con un sensor de temperatura, como lo es la termocupla y sensor de nivel con el objetivo de mantener el nivel requerido y no exceder este. Por último, el sistema de tubería que se implementa para el transporte y recirculación de esta es de PVC por costos de operación.

Tabla 25.

Características del depósito de agua

Identificación	TK-101
Material	Acero inoxidable
Tipo de conexión	PVC
Volumen (L)	100
Bombas	Bomba centrífuga a la salida del depósito.
Arreglos	Juego de válvulas: Válvula de control: Alimentación al Hidrodestilador. Válvulas de purga. Válvula de admisión de agua al condensador.

Nota: La siguiente tabla describe las características físicas del material, sus conexiones requeridas y capacidad establecida en el proceso de producción a escala piloto del desengrasante.

4.4.2. Hidrodestilador o tanque de extracción

El tanque de extracción es el equipo indispensable en la producción de AE de naranja, consta de una tapa con abrazaderas tipo clamp, además el material apto para este tipo de extracción y haciendo uso de cortezas de naranja como material vegetal es el acero inoxidable 304, el cual cuenta con un aislamiento térmico que permite mantener la temperatura del vapor de agua dentro del tanque. Por otra parte, en el interior del tanque es de suma importancia contar con una malla fabricada en el mismo material del tanque, de forma que el material vegetal repose en esta.

Cabe resaltar que este debe contar con una resistencia eléctrica en la parte inferior del tanque, la cual se encarga de elevar la temperatura del agua proveniente del depósito de agua. Así mismo, es importante controlar y monitorear el proceso de extracción, por este motivo, se emplea una termocupla como sensor de temperatura del vapor de agua que se acumula en la parte superior del tanque, para su posterior salida al condensador. Para iniciar la marcha del tanque de extracción, el sistema tiene sensores de alarma de nivel, de esta manera se limita la cantidad de agua y el vapor generado al interior del tanque. En la parte superior del tanque, se considera una conexión esencial desde la tapa hacia el condensador donde se libera la presión, se interpreta como la línea de vapores, por consiguiente, es necesario contar con un sensor de presión y de temperatura. Respecto a las conexiones del tanque, se indicarán en la tabla 26 y junto a este cabe destacar el sistema de purga al inferior de este.

Tabla 26.*Características del hidroddestilador.*

Identificación	TK-102
Material	Acero Inoxidable 304
Tipo de conexión	Acero Inoxidable 304
Volumen (L)	50
Aislamiento	Recubrimiento de aluminio.
Sensor	Temperatura, nivel y presión.
Capacidad de Malla	5 kg de material vegetal
Arreglos	Juego de válvulas: Válvula de control de alimentación Válvulas de purga. Válvula de salida al condensador. Válvula de salida de vapor.

Nota: La siguiente tabla describe las características físicas del material, sus conexiones requeridas y capacidad establecida para el proceso de producción a escala piloto del desengrasante.

4.4.3. Condensador

Es un equipo indispensable para la producción de la principal materia prima del desengrasante, la cual es el AE de naranja, consiste en el traspaso de un flujo de vapor sobrecalentado a una alta presión y temperatura, permite que esta ceda el flujo calorífico al medio condensante. El condensador está compuesto por un tanque vertical con un serpentín interno, el cual funciona como un intercambiador en forma de espiral, donde, por la parte inferior se alimenta el agua de refrigeración a la coraza, esta fluye por la misma. A través de los tubos fluye el vapor que será condensado, para finalizar, el vapor y el aceite condensado se evacuan por gravedad en la zona opuesta de la entrada del vapor.

Tabla 27.

Características del condensador.

Identificación	E-101
Material de condensador	Acero Inoxidable 304
Tipo de condensador	Serpentín
Volumen (L)	25
Fluido de refrigeración	Agua
Conexiones	Entrada de vapor. Entrada agua de refrigeración. Salida de vapor condensado. Salida agua de refrigeración.

Nota: La siguiente tabla describe las dimensiones del condensador, las características físicas del material, sus conexiones y capacidad establecida para el proceso de producción de desengrasante.

4.4.4. Separador tipo florentino

Es un recipiente que se encarga de separar la mezcla agua - aceite esencial que sale del condensador. El separador tiene una línea de salida para la descarga del aceite esencial al embudo de decantación y una línea en la parte inferior para la salida del agua, el cual es un subproducto denominado hidrolato.

Tabla 28.

Características del separador florentino.

Identificación	V-101
Material del Florentino	Vidrio Borosilicato
Capacidad del recipiente (L)	2
Conexiones	1. Entrada de condensado. 2. Línea de alivio. 3. Salida agua (Hidrolato). 4. Salida aceite esencial.

Nota: La siguiente tabla especifica las características del separador tipo florentino, su capacidad y conexiones requeridas en el proceso de producción.

4.4.5. Recipiente de almacenamiento AE

El AE de naranja obtenido en el proceso de extracción, requiere de un recipiente de almacenamiento debido a que se obtiene 20mL diarios de AE y solo se le da uso al 50% de este en la producción de desengrasante, el restante tiene fines comerciales, en la siguiente tabla se describe su capacidad y condiciones de almacenamiento.

Tabla 29.

Características físicas del recipiente de almacenamiento AE.

Material del recipiente	Vidrio ámbar.
Capacidad (mL)	15
Recipientes disponibles (u)	2
Temperatura de almacenamiento (°C)	20-25
Condiciones de almacenamiento	No exponer a la luz. No exponer a altas temperaturas. No exponer a corrientes de aire. Recipiente hermético.

Nota: La siguiente tabla describe la capacidad y las condiciones de almacenamiento del AE extraído.

4.4.6. Mezclador

Para la selección del mezclador, se realizó una revisión bibliográfica, de modo que, dentro de los recomendados, se mencionan los mezcladores móviles y mezcladores con agitador. Teniendo en cuenta que el proceso de elaboración de desengrasante industrial biodegradable es piloto, el mezclador móvil se descarta en cuanto a costos y gasto energético, así, el mezclador con agitador es el indicado para efectuar el diseño de unidades a nivel planta piloto.

En el mezclador, se realizará la homogenización de las siguientes materias primas: Emulsificante, espesante, mezcla de tensoactivos, preservante, surfactante y regulador de pH, siendo estas materias primas de estado sólido y líquido. Respecto a lo anterior, el mezclador contará con un agitador de paletas, con capacidad de 200 L.

Tabla 30.

Características del mezclador

Identificación	V-102
Material	Acero inoxidable 304
Tipo de mezclador	Mezclador con agitador
Capacidad del recipiente (L)	200
Conexiones	1. Entrada de AE de naranja, materias primas restantes y agua desionizada 3. Salida desengrasante.

Figura 29.

Montaje de arrastre por vapor e hidrodestilador a escala piloto.



Nota: La siguiente imagen muestra un montaje de destilación de la empresa INOXIMEXICO, el cual funciona según lo requiera el usuario, ya sea como, hidrodestilador o arrastre por vapor a escala planta piloto. Tomado de: INOXIMEXICO, «Empresa productora de equipos de acero inoxidable.,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.inoximexico.com>.

4.5. Capacidad de planta

Para definir la capacidad de la planta se realizó un estudio preliminar a cuatro (4) empresas las cuales se consideran competencias directas e indirectas, los resultados de dicho estudio se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 31.

Resultados de estudio preliminar a las posibles competencias.

ESTUDIO PRELIMINAR A COMPETENCIA DIRECTA E INDIRECTA AL PRODUCTO					
Nombre de la empresa	Cobertura	Duración en el mercado	Producto líder	Tipo de desengrasante	Producción de desengrasante mensual (L)
Essencial Clean	Bogotá D.C.	2 años y 6 meses	Blanqueador	Convencional	5000
J&N Distribuciones	Bogotá D.C.	1 año	Jabón de manos	Convencional	225
Asenix S.A.	Bogotá D.C.	5 años	Multix Eco detergente desengrasante	Eco Desengrasante	2000
Sienar Clean	Bogotá D.C.	1 año y 6 meses	Desengrasante	Convencional	500
PROMEDIO					1931,25

Nota: La siguiente tabla demuestra los resultados del estudio realizado a empresas que se consideraron competencia o referente para definir la capacidad de producción de la planta de desengrasante.

A partir de los resultados obtenidos en el estudio preliminar, se decidió que la propuesta de la planta piloto tendrá una capacidad de 2000 L, ya que, se obtuvo un promedio de 1931,25L. Además, como se puede observar, Asenix S.A. es la única empresa en el estudio preliminar en

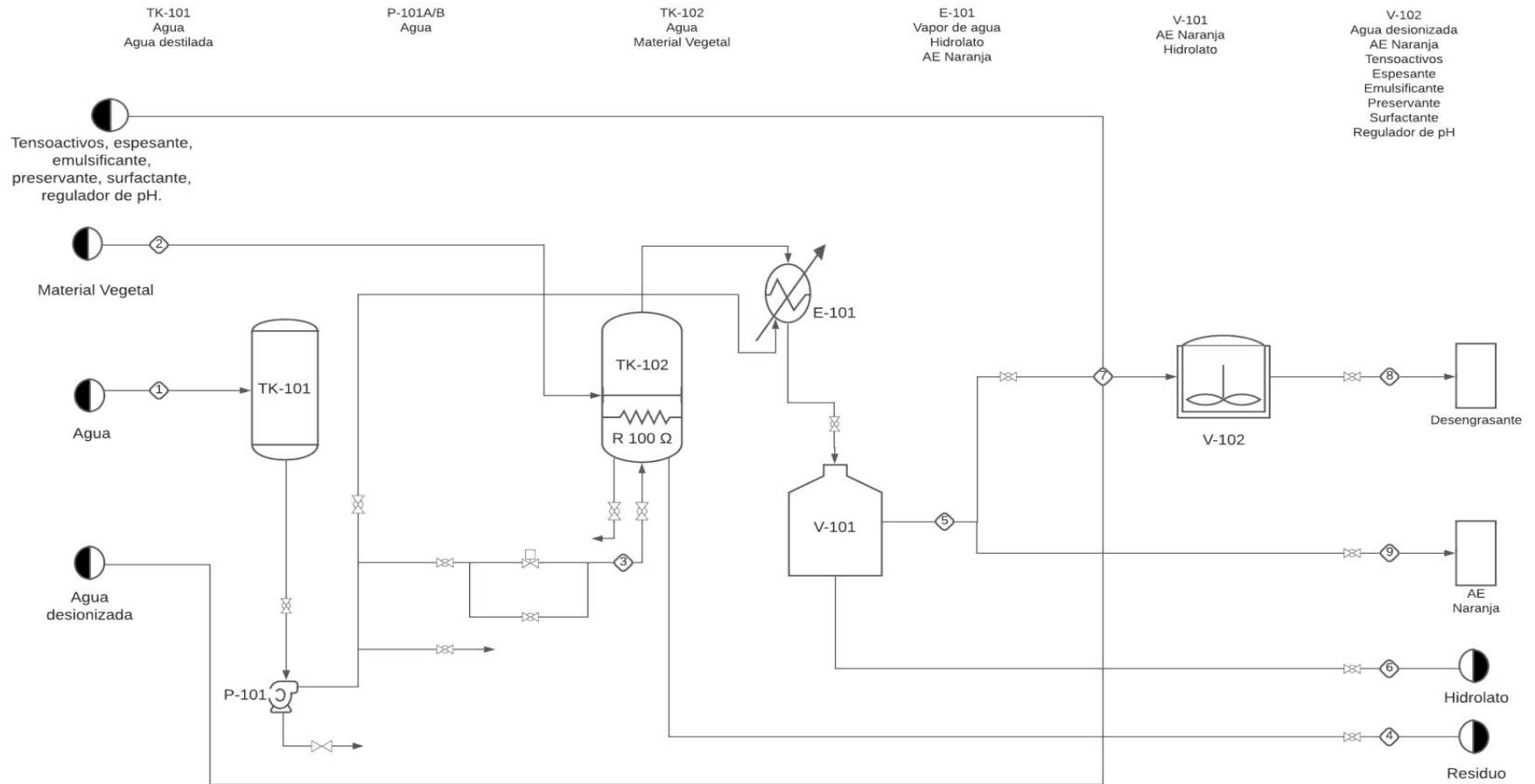
producir un desengrasante ECO, y siendo la propietaria de la formulación patrón usada en el proyecto, también, teniendo en cuenta su duración en el mercado, se opta por proponer el diseño a escala planta piloto redondeando el promedio a la misma capacidad de esta empresa.

Por otra parte, para la producción de 2000L de desengrasante se requieren de 200mL de aceite esencial de naranja mensual, por tal razón, se decide proponer una planta con capacidad de producción de 100L de desengrasante y 20mL de aceite esencial diarios, donde se usan 10mL en el proceso de producción del desengrasante y el restante tendrá fines comerciales, con el fin de darle un mayor aprovechamiento e ingresos al proyecto.

4.6. Diagrama PFD

Figura 30.

Diagrama PFD del proceso de producción.



Nota: La siguiente imagen describe el diagrama PFD del proceso de producción de desengrasante, se aclara que el material vegetal de entrada hace referencia a las cortezas de naranja (*Citrus sinensis*).

En el siguiente diagrama PFD se evidencia cada uno de los equipos a emplear en el proceso. En primera instancia se observan las corrientes de entrada y cada uno de los equipos que intervienen. Se inicia con el depósito de agua TK-101, enseguida se transporta el agua de ingreso por medio de una bomba centrífuga que lo impulsa un juego de válvulas de control y de purga, así como aquellas que impiden el paso por emergencia. Esta ingresa al Condensador y al Extractor, donde por medio de resistencia de calor calienta el agua para realizar el proceso de extracción. La corriente de salida de este pasa al condensador y florentino para obtener el AE de naranja e hidrolato los cuales son almacenados en recipientes de tipo ámbar.

4.7. Balance de materia

Para el desarrollo del balance de materia se tuvo en cuenta los datos obtenidos en la experimentación de obtención del aceite esencial de naranja en el laboratorio del Centro de Gestión Industrial SENA por el método de hidrodestilación asistida por microondas. Estos datos recopilados en la siguiente tabla fueron escalados a nivel piloto con el fin de obtener una planta de producción de 2000L de desengrasante y 400mL de aceite esencial de naranja mensuales, la cual trabajará los veinte (20) días laborales. Por otro lado, la planta tiene una capacidad de 5kg de material vegetal, en este caso, las cortezas de naranja (*Citrus sinensis*).

Tabla 32.*Balance de materia a escala piloto.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Material vegetal (g)	-	4.500	-	-	-	-	-	-	-
Agua (g)	40.000	-	10.000	-	-	-	-	-	-
Aceite esencial de naranja (mL)	-	-	-	-	20	-	10	-	10
Residuo (g)	-	-	-	6.500	-	-	-	-	-
Hidrolato (mL)	-	-	-	-	-	6.000	-	-	-
Agua desionizada (g)							98.847		
Emulsificante (g)	-	-	-	-	-	-	75	-	-
Espesante (g)	-	-	-	-	-	-	30	-	-
Mezcla de Tensoactivo (g)	-	-	-	-	-	-	853	-	-
Preservante (g)	-	-	-	-	-	-	10	-	-
Surfactante (g)	-	-	-	-	-	-	100	-	-
Regulador de pH (g)	-	-	-	-	-	-	75	-	-
Desengrasante (L)	-	-	-	-	-	-	-	100	-

Nota: La siguiente tabla describe el balance de materia del proceso de producción de desengrasante a escala planta piloto, la cual tiene una capacidad de producción de 100L diarios de desengrasante y 20mL de AE de naranja.

5. COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL DESENGRASANTE A ESCALA PILOTO

En el siguiente capítulo se estiman los costos de producción del desengrasante a escala piloto, donde se hará un análisis del costo de las materias primas para producción mensual de desengrasante, posteriormente, se describe el costo de los equipos que se requieren en el proceso. También, se realiza un análisis de costos frente a la inversión e ingresos generados para evaluar la rentabilidad del proyecto respecto a la VPN y TIR obtenida. A continuación, se describe la información limitante para realizar los costos de producción del desengrasante.

Tabla 33.

Especificaciones de la producción.

Lotes diarios	1
Volumen de desengrasante diario (L)	100
Volumen de aceite esencial diario (mL)	20
Operarios	2
Tiempo estimado de producción (h)	8

Nota: La siguiente tabla describe las especificaciones y la información limitada establecida para la producción del desengrasante a escala piloto.

5.1. COSTOS VARIABLES

5.1.1. Costos de materia prima

En la siguiente tabla se describe las materias primas requeridas para la producción de 2000 L de desengrasante mensuales con sus respectivos costos los cuales fueron suministrados según los proveedores de la empresa Asenix S.A.

Tabla 34.*Costos mensuales de la materia prima.*

Materia prima	Cantidad (kg)	Precio COP
Cascaras de naranja	90	\$0,00
Mezcla de tensoactivo	15	\$77.396
	0,6	\$3.292,37
	2	\$6.180,00
Regulador de pH	1,5	\$4.848
Emulsificante	1,5	\$75.097
Espesante	0,6	\$16.836,12
Surfactante	2	\$88.000
Preservante	0,2	\$ 0,80
Agua desmineralizada	1977	\$988,47
TOTAL (COP)		\$272.637,92
Costo por litro de desengrasante (COP)		\$136,30

Nota: La siguiente tabla describe los costos de materia prima para producir 2000 L de desengrasante mensuales, se establecen la cantidad en unidad de kilogramo (kg) requerido de cada materia prima y el precio en peso COP.

Como se puede observar en la tabla 34 el costo del material vegetal, es decir, las cortezas de naranja no tienen ningún costo debido a que el propósito del proyecto es obtener el aceite esencial a partir de los desechos orgánicos con el fin de disminuir la contaminación e impacto ambiental generado por esta como se mencionó anteriormente. Por otro lado, la propuesta del diseño a escalapiloto se basa en la producción de desengrasante y no se especifica la zona de empaque, por tal razón, la estimación de costos se realiza para la producción mensual y se decide vender al granel, de igual manera, se determina el costo por litro de desengrasante producido el cual es \$136,30 COP.

5.1.2. Costo de servicio de agua y alcantarillado

Otros costos asociados al costo final del producto es el consumo de agua y alcantarillado, para la producción del AE de naranja se requieren aproximadamente 0,03 m³ de agua diario, y se mantiene un tanque de almacenamiento con una capacidad de 0,08m³ de los cuales se utilizan 0,05m³ diarios, por consiguiente, se estima un consumo de agua mensual de 1 m³, según el acueducto de agua y alcantarillado de Bogotá D.C. se tiene los siguientes costos para el presente año en las zonas industriales.

Tabla 35.

Costos del servicio de agua y Alcantarillado.

Servicio	Consumo (m3)	Cargo fijo (COP) x 2meses	Precio m3 (COP)	Precio total por mes (COP)
Acueducto	\$ 1	\$ 17.373,62	\$ 3.601,86	\$ 12.288,67
Alcantarillado	-	\$ 8.268,66	\$ 3.902,90	\$ 6.085,78
TOTAL, MENSUAL (COP)				\$ 18.374,45

Nota: La tabla describe el consumo mensual de m³ de agua para la producción del desengrasante, también los costos de cargos fijos y de consumo según el acueducto de agua y alcantarillado de Bogotá D.C. en la zona industrial.

5.1.3. Costos energéticos

Tabla 36.

Consumo energético al mes.

Equipo	Consumo Kw	Horas	Horas/mes	Total, Kw/mes	\$/kWh (COP)
TK-102	4	6	120	480	\$307.858,13
P-101	2	1	20	40	\$25.654,84
V-102	2,2	1	20	44	\$28.220,33
TOTAL, MES (COP)					\$361.733,30

Nota: La tabla describe el costo energético (\$/kWh) por equipos en COP según el costo de kWh en la modalidad industrial en la zona de Bogotá D.C. establecido por la empresa Enel – Codensa.

5.1.4. Costos de mano de obra

Para la producción de un lote de desengrasante se requiere de 2 operarios los cuales trabajan medio tiempo, cuatro (4) horas diarias durante los veinte (20) días laborales para cumplir la producción propuesta de 2000 L de desengrasante mensuales, para esto, se producen 100L diarios de desengrasante, en donde un operario se encarga de la extracción del AE de naranja y el otro operario se encarga de la producción del desengrasante.

Tabla 37.

Costos de mano de obra mensual.

Concepto	Valor legal 2021/mes	Cantidad	Total costo por operarios
Salario/mes	\$ 454.263	2	\$ 908.526
Auxilio de transporte	\$ 53.227	2	\$ 106.454
Vacaciones	\$ 18.943	2	\$ 37.886
Cesantías	\$ 42.274	2	\$ 84.548
Primas servicio	\$ 37.840	2	\$ 75.680
Salud	\$ 38.612	2	\$ 77.225

Pensión	\$ 54.512	2	\$ 109.023
Riesgos profesional ARL	\$ 86.214	2	\$ 172.428
ICBF, SENA	\$ 22.713	2	\$ 45.426
de compensación familiar	\$ 18.171	2	\$ 36.341
TOTAL, MENSUAL (COP)			\$ 1.653.537

Nota: La tabla describe la nómina de los dos operarios requeridos para la producción de desengrasante, los valores son respecto al Salario Mínimo Legal Vigente (SMLV) en Colombia.

Se realiza un balance económico para determinar la margen operacional de producción, se tiene en cuenta los costos e ingresos mensuales los cuales corresponden a la venta comercial por litro (L) de desengrasante, este tendrá un costo de \$5.000 COP/L con base a los precios del mercado competente [26]. Respecto al aceite esencial de naranja, la planta tendrá una capacidad de producción de 20mL diarios, los cuales 10mL son destinados a venta comercial a diferentes industrias, este tendrá un costo de \$3.450 COP /mL, el precio de venta se estableció tomando como referencia a industria doTERRA [27], empresa de marketing multinivel que comercializa aceites esenciales. Por último, el litro (L) de hidrolato, subproducto obtenido en el proceso de extracción, donde se recolectan alrededor de 12L diarios, tendrá un costo de \$350 COP/L de hidrolato, tomado de la referencia Puro y Orgánico Colombia [28], empresa colombiana que comercializa hidrolatos con el fin cosmetológico.

Tabla 38.*Margen operacional del proyecto.*

Concepto	Costos mensuales	Ingresos mensuales
Materia prima	\$272.638	-
Servicio de acueducto	\$18.374	-
Consumo energético	\$361.733	-
Mano de obra	\$1.653.537	-
Costo de venta Aceite esencial	-	\$690.000
Costo de venta de hidrolato	-	\$84.000
Costo Venta del desengrasante	-	\$10.000.000
TOTAL COP	\$2.306.282	\$10.774.000
Margen operacional COP		\$8.467.718

Nota: La tabla describe la utilidad operacional respecto a los costos mensuales sobre las ventas netas mensuales del proyecto, considerándose un negocio rentable.

5.2. COSTOS FIJOS: INVERSIÓN

En la siguiente tabla se puede apreciar los costos fijos, los cuales se describen a partir del análisis de la inversión de los equipos propuestos para la producción de desengrasante industrial biodegradable, mediante el AE esencial de naranja. Los costos de los equipos seleccionados para el diseño de proceso se presentan en la tabla 39.

Tabla 39.*Costos fijos*

Código	Equipo	Cantidad	Precio COP unitario	Precio total COP
TK-102	Montaje de hidrodestilación: Tanque extractor	1	\$ 16.235.189	\$ 16.235.189
E-101	Condensador			
V-101	Florentino			
TK-101	Depósito de agua	1	\$ 21.072.694	\$ 21.072.694
N/A	Recipientes ámbar	2	\$ 18.000	\$ 36.000
P-101	Bomba centrífuga	2	\$ 324.382	\$ 648.763
V-102	Mezclador	1	\$ 21.625.440	\$ 21.625.440
TOTAL, COP				\$ 59.618.086

Nota: La siguiente tabla describe los precios unitarios y precio total de cada uno de los equipos en pesos colombianos, además se indica la cantidad a emplear, junto con el código que relaciona cada unidad de proceso en el diagrama PFD (Ver figura 28).

En el caso de los equipos tanque extractor (TK-102), condensador (E-101) y florentino (V-101), estos pertenecen al montaje de hidrodestilación, por tanto, el precio se presenta entorno al conjunto de las anteriores unidades mencionadas. Por otra parte, los valores referenciados son cotizados en Alibaba.com, COMQUIMA EUROPE, INOXIMEXICO y Mercado Libre Colombia.

El desarrollo del proyecto de inversión para la elaboración de desengrasante industrial biodegradable es de \$ 59.618.086 millones de pesos colombianos, además se estima un tiempo de vida útil de los equipos de 15 años, a partir de los cuales se calcula la depreciación en línea recta para un periodo de tiempo de 6 meses.

Ecuación de depreciación anual:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Valor del activo}}{\text{Vida útil}}$$

$$\text{Depreciación anual} = \frac{59.618.086}{15}$$

$$\text{Depreciación anual} = 3.974.539$$

Ecuación de depreciación mensual:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Valor del activo}}{\text{Vida útil}}$$

$$\text{Depreciación anual} = \frac{59.618.086}{180}$$

$$\text{Depreciación anual} = 331.212$$

A continuación, se realiza el flujo general de fondos proyectada a 6 meses con el fin de determinar la viabilidad de este, donde se especifican los ingresos y costos los cuales se describieron resumidamente en la tabla de margen operacional. Por otro lado, se especifican los costos de inversión necesaria para la planta de producción a escala piloto, además, la depreciación mensual calculada anteriormente.

Tabla 40.

Flujo general de fondos del proyecto.

	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos	\$10.774.000	\$10.774.000	\$10.774.000	\$10.774.000	\$10.774.000	\$10.774.000	\$10.774.000
Costos de producción	\$2.306.282	\$2.306.282	\$2.306.282	\$2.306.282	\$2.306.282	\$2.306.282	\$2.306.282
Depreciación	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212
Costos de inversión	\$59.618.086						\$59.618.086

Nota: La tabla describe los flujos de fondos del proyecto donde se establecen los ingresos, costos de producción, costo de inversión de equipos y la depreciación correspondiente proyectados a seis meses.

A partir de los flujos generales de fondos del proyecto se calcula el valor presente neto (VPN) manejando un valor de tasa mínima (TIO) del 19% el cual es establecido por el inversionista del proyecto. Por otro lado, según la DIAN [29] a partir del año gravable 2019 hasta el año 2022 la tarifa de impuesto sobre la renta en Colombia será del 30%.

Tabla 41.

Flujo de caja proyectado a 6 meses.

	0	1	2	3	4	5	6
Ingreso	\$10.774.000	\$10.774.000	\$10.774.000	\$10.774.000	\$10.774.000	\$10.774.000	\$10.774.000
Costo de producción	\$2.306.282	\$2.306.282	\$2.306.282	\$2.306.282	\$2.306.282	\$2.306.282	\$2.306.282
Depreciación	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212
Utilidad antes de impuesto	\$8.136.506	\$8.136.506	\$8.136.506	\$8.136.506	\$8.136.506	\$8.136.506	\$8.136.506
Impuesto (30%)	\$2.440.952	\$2.440.952	\$2.440.952	\$2.440.952	\$2.440.952	\$2.440.952	\$2.440.952
Utilidad Neta	\$5.695.554	\$5.695.554	\$5.695.554	\$5.695.554	\$5.695.554	\$5.695.554	\$5.695.554
Depreciación	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212	\$331.212
Flujo operacional	\$6.026.766	\$6.026.766	\$6.026.766	\$6.026.766	\$6.026.766	\$6.026.766	\$6.026.766
Flujo de inversión	\$59.618.086	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$59.618.086
Flujo de caja libre	\$-59.618.086	\$6.026.766	\$6.026.766	\$6.026.766	\$6.026.766	\$6.026.766	\$65.644.852

Nota: La tabla describe el flujo de caja proyectado a 6 meses, teniendo en cuenta un impuesto de renta del 30%.

Tabla 42.

Indicadores financieros del proyecto

Indicador financiero	Valor (COP)
TIO	19%
VPN (COP)	\$101.162.067
TIR	10%

Nota: A continuación, se evidencian los indicadores financieros de la proyección de seis (6) meses del proyecto.

Como se puede evidenciar a partir de los datos obtenidos, el proyecto se puede considerar rentable debido a que la VPN es mayor a cero, indicando que se tendrá un incremento equivalente al valor presente neto, también, se determina una TIR del 10%, lo cual indica que se tendrá un retorno de ingreso rentable y conveniente, aun cuando no se obtenga la tasa mínima establecida inicialmente por el inversionista.

6. CONCLUSIONES

Los resultados establecidos para la extracción del aceite esencial por el método de hidrodestilación asistida por microondas a escala laboratorio fueron 900g de material vegetal (Cortezas de naranja), una relación 1:2 de agua, un tiempo de 450min, tamaño de partícula de 2cm y un porcentaje de humedad del 70-73% para obtener 4mL de aceite esencial de naranja. Por tal razón, se decide manejar la relación del agua-material vegetal (1:2) y un tiempo de 3 horas para obtener 10-12mL de aceite esencial a nivel escala piloto, esto se toma como referencia los estudios realizados por el proveedor del equipo INOXIMEXICO.

Se determina que la dilución 1/10 presenta un comportamiento positivo y similar en su gran mayoría de probetas frente a la acción de remoción de las grasas evaluadas, se concluye que, respecto a costo y efectividad, la dilución 1/10 es la más viable para definirla como alícuota a emplear en el desarrollo del producto final. La dilución mencionada presenta un porcentaje de remoción de grasa impregnada superior al 80 % a diferencia de las otras diluciones y haciendo una comparación frente al blanco. Así, el porcentaje de aceite esencial de naranja que contiene el desengrasante en esta dilución es del 0,1 % es decir alrededor de 10 mL por cada 100 litros.

La presencia del aceite esencial de naranja específicamente el D-limoneno se considera esencial en la formulación del producto final, ya que, a partir de las pruebas experimentales de gravimetría el blanco arrojó un porcentaje de media de remoción inferior al 40% a diferencia de las demás propuestas, las cuales arrojaron un porcentaje superior al 50% de efectividad de remoción.

La producción de desengrasante industrial biodegradable contemplada para una escala planta piloto, es de 100 L diarios por cada 10 mL de aceite esencial de cortezas de naranja, donde a partir de la mezcla de tensoactivos, emulsificantes y demás se obtiene un desengrasante con una efectividad de remoción alta. Así, la producción mensual de desengrasante es de 2000 L por cada 200 mL de AE de naranja que contienen el D-limoneno, monoterpeno indispensable en la fabricación. Por otra parte, se obtienen 10 mL diarios de AE de naranja adicionales, los cuales se dispondrán para la venta directa junto con los 6 L de hidrolato producidos. Por último, se requiere de \$59'618.086 COP de inversión para llevar a cabo el proyecto a escala planta piloto con una

margen operacional de \$8.467.718 COP y de esta forma se define un costo comercial de venta de \$5.000 COP por cada litro de desengrasante.

Se determina, a partir de los picos generados por la cromatografía de gases, expresados en el cromatograma y por medio de la biblioteca de identificación de moléculas, la presencia del compuesto D-limoneno en el AE de naranja. Se recomienda realizar un segundo análisis por medio de una cromatografía u otro método que permita caracterizar el aceite esencial de naranja y, por consiguiente, el porcentaje de composición presente del monoterpeno D-limoneno.

La biodegradabilidad del producto fue demostrada mediante el análisis de la demanda química de oxígeno (DQO), midiéndose antes de usar el producto a sus tres diluciones trabajadas y después de emplearse para su fin diluido a la décima parte. Los resultados mostraron una disminución de la DQO de la quinta parte de su valor inicial pasando de 10153,3 mgO₂/L diluido 1/10 a una media de 1700 mgO₂/L para los tres contaminantes en tres superficies diferentes. Estos valores permiten considerar una disminución de la carga de materia orgánica presente en el producto posterior a su uso, indicando su biodegradabilidad que se puede enmarcar dentro de la normatividad nacional en las industrias de producción de bebidas alcohólicas destiladas, agroindustria y el vertimiento de aguas residuales no domésticas de actividades asociadas con servicios y otras actividades; según la resolución 631 de 2015 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de la República de Colombia.

Se determina que el proyecto es rentable en un tiempo estimado de 6 meses debido a que el valor presente neto (VPN) es mayor a cero, dando como resultado 101'162.067 COP indicando que se tendrá un incremento equivalente al valor presente neto, también, se determina una TIR del 10%, es decir, se tendrá un retorno de ingreso rentable y conveniente.

BILIOGRAFÍA

- [1] Alvarado Dávila, L., & Hernández Sierra, A. T. (2018). Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(2), 9–32. <https://doi.org/10.23850/24220582.1393>
- [2] Enrique H. Soria Lemus; Roberto Alejandro Aguilar Rivas, «Proyecto de investigación metalúrgicas escuela de ingenierías mecánica,» Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012.
- [3] P. Europeo, «Parlamento Europeo,» Comisión del medio ambiente, salud pública y política del consumidor, noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A5-2003-0044+0+DOC>.
- [4] M. A. T. Telenchana, «Desarrollo de un desengrasante de manos en espuma a partir de aceite esencial de cortezas de naranja (Citrus spp.) para el laboratorio Génesis LABGENESIS,» Universidad técnica de Ambato, 2017.
- [5] Alba Teresa Hernández Sierra; Tatiana Liceth Alvarado Dávila, «Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja,» *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, vol. 5, n° 2, pp. 9- 32, 2018.
- [6] G. d. J. M. Cadavid, «Una alternativa de diversificación para el Eje Cafetero,» Universidad Nacional de Colombia, Junio 2010.
- [7] A. V. Humboldt, «Estudio del mercado colombiano de aceites esenciales,» Instituto de investigación de Recursos Biológicos, 2003.
- [8] M. A., «Aceites esenciales,» Universidad de Antioquia, 2013.

- [9] M. Grant B. and N. J. Dover, "D-Limonene Based Aqueous Cleaning Compositions," no. U.S. Patent 4,511,488, 1985.
- [10] D. Prudenciano, «¿Qué es un desengrasante? "El Desengrasante industrial" BLOG DALMAR PROTECCIONES Y PINTURAS.» 26 mayo 2019.
- [11] S. y. JC, «Tensoactivo,» [En línea]. Available:
<http://depa.fquim.unam.mx/fina/presenta/tensoactivos.pdf>.
- [12] Munawar Iqbal; Ijaz Ahmad Bhatti, «Gamma radiation/H₂O₂ treatment of a nonylphenol ethoxylates: Degradation, cytotoxicity, and mutagenicity evaluation, » 15 December 2015.
- [13] Chemical Safety, «Surfactantes,» 2018. [En línea]. Available:
<https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/surfactantes/>.
- [14] Ecozema, "Biodegradabilidad y compostabilidad."
<https://ecozema.com/es/focus/biodegradabilidad-y-compostabilidad/> (accessed Feb. 08, 2021).
- [15] Margarito Rodríguez; Lila Alcaraza; Sergio Manuel , «Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas,» 2012. [En línea]. Available:
https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/540/1/rodriguez_m.pdf.
- [16] V.G. Yagues, «Cromatografía de gases,»2008. [En línea].
Available: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8247/4/T3gascromat.pdf>.
- [17] Universidad Nacional Autónoma de México, «Técnicas cromatográficas,» Diciembre 2007.
[En línea]. Available:
http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/M.Cromatograficos_6700.pdf.
- [18] Enríquez Rodríguez, Grace Natalia, «Formulación y evaluación de dispersantes, detergentes

y desengrasantes biodegradables para derrames en suelo de crudos livianos en la industria petrolera.,» Universidad Central de Ecuador, 2013.

[19] M. Andreo, «Demanda Bioquímica de oxígeno,» [En línea]. Available: <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/DBO.htm>.

[20] LA COMISIÓN DE LA COMUNIDAD ANDINA (CAN). (2008). Decisión 706. Armonización de legislaciones en materia de productos de higiene doméstica y productos absorbentes de higiene personal. Salud Capital.

[21] I. Internacional, «“Etiquetas ambientales tipo I. Sello ambiental colombiano. Criterios para productos limpiadores institucionales, industriales y para uso doméstico”,» NTC, 30 noviembre 2011.

[22] H. M. Kingston y L. B. Jassie, «World Cat,» Washington, DC : American Chemical Society, 1988. [En línea]. Available: <https://www.worldcat.org/title/introduction-to-microwave-sample-preparation-theory-and-practice/oclc/18464015>.

[23] V. J. Valdez, «Optimización del rendimiento y determinación del contenido de limoneno del aceite esencial de mandarina,» 2017. [En línea]. Available: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2783/1/2017_Valdez_Optimizacion-del-rendimiento.pdf.

[24] J. J. P. González, «OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL Y PECTINAS DE LA CASCARA DE NARANJA, Repositorio Universidad Jorge Tadeo Lozano,» 2019. [En línea]. Available: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/7858/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Esto%20se%20debe%20a%20que,arrastrando%20consigo%20al%20aceite%20esencial>

[25] INOXIMEXICO, «Empresa productora de equipos de acero inoxidable.,» 2010. [En línea].

Available: <https://www.inoximexico.com>.

[26] Asenix S.A. Eco- desengrasantes, 2021. [En línea]. Available: <https://www.asenix.com.co/product-page/sinnergrax-eco>

[27] doTERRA, «doTERRA,» Wild OrangeOil, 2021. [En línea]. Available: https://www.doterra.com/CO/es_CO/p/wild-orange-oil.

[28] P. y. O. Colombia, «Puro y Organico Colombia,» Hidrolato Organico de Naranja, 2021. [En línea]. Available: <https://www.puroyorganico.com.co/aroma-zone-hidrolato-organico-de-flor-de-naranja-100ml.html>.

[29] DIAN, «DIAN - Impuesto sobre la renta,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.dian.gov.co/impuestos/reformatributaria/impuestorenta/Paginas/default.aspx>.

GLOSARIO

Anova: técnica de análisis de varianza que aprueba o rechaza una hipótesis planteada.

Cromatograma: diagrama que representa los resultados de la separación de una mezcla mediante una técnica cromatográfica.

C: técnica analítica que determina la composición química y presencia de una sustancia o compuesto.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): cantidad de oxígeno requerido para degradar y oxidar la materia orgánica por los microorganismos.

Demanda química de oxígeno (DQO): cantidad de oxígeno requerido y equivalente a la materia orgánica que puede oxidarse en presencia de un agente químico.

D-limoneno: monoterpeno presente en el aceite esencial de naranja.

Gravimetría: prueba física que determina la acción de remoción de una sustancia en una superficie por la acción de gravedad.

Monoterpeno: son terpenoides que consta de 10 carbonos, componentes volátiles presentes en los aceites esenciales.

Tio: tasa interna de oportunidad que espera el inversionista en un proyecto.

Tir: tasa interna de retorno que indica la rentabilidad que ofrece una inversión.

ANEXO 1.

RECOMENDACIONES

Al realizar el respectivo balance de materia y en general evaluar cada uno de los factores que influyen a lo largo del proceso y determinar los costos operativos, de inversión y rentabilidad de la elaboración de desengrasante biodegradable industrial, se recomienda establecer y evaluar el balance de energía para cada una de las etapas de proceso, ampliando el control de variables en la escala industrial del producto mencionado y de esta manera, complementar los estudios financieros realizados, con el fin de respaldar el proceso operativo.

La propuesta de desarrollar un desengrasante a partir de los desechos orgánicos de la naranja con el fin de disminuir impactos ambientales no es suficiente, por esto, se propone estudiar alternativas de usos del aceite esencial de naranja como lo son los pesticidas orgánicos o como una sustancia inhibitoria de crecimientos microbianos en los diversos cultivos del país.

Estudiar la viabilidad de implementar un sistema de recirculación (torre de enfriamiento) de agua para el condensador con el fin de reutilizar el agua empleada en el proceso y así disminuir costos operacionales.

La producción de desengrasante se realiza a partir de diferentes materias primas, entre estas el agua desionizada o desmineralizada, la cual tiene un porcentaje de concentración alto por encima del 70 % del producto, por esta razón, una oportunidad de mejora para el proceso de producción es la instalación de una planta de fabricación de agua desionizada, que permita disminuir los costos a largo plazo y/o implementar la venta directa de esta.

Se recomienda realizar un estudio de mercado más detallado y una proyección de flujos mayor a un año donde se analice los costos de inversión, los costos de ventas, competencias, rentabilidades y así conocer de manera puntual si el proyecto es rentable.