RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Yorjady Mendez Rangel
FACULTAD	Ciencias Administrativas y Económicas
PLAN DE ESTUDIOS	Tecnología en Gestión comercial y Financiera
DIRECTOR	Javier Ortiz Navarro
CODIRECTOR (si aplica)	No aplica
TÍTULO DE LA TESIS	Estudio de factibilidad para la creación de una empresa recicladora de aceites de cocina usados en Ocaña
TITULO EN INGLES	Feasibility study for the creation of a company that recycles used cooking oils in Ocaña

RESUMEN

El proyecto analiza el problema ambiental causado por la disposición inadecuada de los aceites de cocina usados, no solo como una afectación al medio ambiente, sino también como una oportunidad de negocio. Evaluando el mercado, aspectos técnicos, legales, financieros, además de examinar los impactos sociales y ambientales. Concluye que es técnicamente posible, económicamente rentable, legalmente viable y ambientalmente beneficioso, promoviendo así la economía circular y la protección del medio ambiente.

RESUMEN EN INGLES

The project analyzes the environmental problem caused by the improper disposal of used cooking oils, not only as an impact on the environment but also as a business opportunity. It evaluates the market, technical, legal, and financial aspects, as well as examining the social and environmental impacts. It concludes that it is technically feasible, economically profitable, legally viable, and environmentally beneficial, thus promoting the circular economy and environmental protection.

PALABRAS CLAVES	Estudios, contaminación, economía circular, ambiente, desarrollo sostenible, viabilidad
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Studies, pollution, circular economy, environment, sustainable development, feasibility

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 240	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:

Estudio de factibilidad para la creación de una empresa recicladora de aceites de cocina usados en Ocaña

Yorjady Mendez Rangel

Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Tecnología en Gestión Comercial y Financiera

Mgtr. Javier Ortiz Navarro

Febrero 2026

Índice

Capítulo 1. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de gestión de aceites de cocina usados en Ocaña 11

1.1 Planteamiento del problema 11

1.2 Formulación del problema 13

1.3 Objetivos 14

1.3.1 Objetivo General 14

1.3.2 Objetivos Específicos 14

1.4 Justificación 15

1.5 Delimitaciones 17

1.5.1 Delimitación Geográfica 17

1.5.2 Delimitación Temporal 18

1.5.3 Delimitación Conceptual 18

1.5.4 Delimitación operativa 18

Capítulo 2. Marco referencial 20

2.1 Marco histórico 21

2.1.1 Marco histórico a nivel internacional 21

2.1.2 Marco histórico a nivel nacional 30

2.2 Marco teórico 35

2.2.1 Teoría del desarrollo sostenible 35

2.2.2 Economía circular como modelo económico 37

2.2.3 Teoría del emprendimiento sostenible 38

2.2.4 Teoría de los stakeholders 40

2.3 Marco conceptual 42

2.4 Marco legal 44

Capítulo 3. Diseño metodológico 48

3.1 Tipo de investigación 48

3.2 Población y muestra 50

3.2.1 Población 50

3.2.2 Muestra 51

3.3 Diseño de instrumentos de recolección de la información y técnicas de análisis de datos 54

3.4 Análisis de información 55

3.5 Matriz de operacionalización de variables 56

Capítulo 4. Resultados 58

4.1 Resultados de la encuesta 58

4.1.1 Encuesta aplicada a establecimientos comerciales 59

4.1.2 Encuesta aplicada a hogares 80

4.2 Estudio de mercados 96

4.2.1 Descripción del servicio 97

4.2.2 Determinación mensual de la oferta 98

4.2.3 Determinación anual de la oferta 100

4.2.4 Determinación mensual de la demanda 100

4.3 Estudio técnico 101

4.3.1 Descripción del proyecto 102

4.3.2 Tamaño del proyecto 103

4.3.3 Localización del proyecto 108

4.3.4 Ingeniería del proceso productivo 112

4.3.5 Requerimientos de equipos, maquinaria e infraestructura 126

4.3.6 Requerimiento de servicios básicos 149

4.3.7 Requerimiento de insumos y materiales auxiliares 151

4.3.8 Requerimiento de mantenimientos 154

4.3.9 Diagrama de distribución 156

4.3.10 Requerimiento de personal técnico y operativo 167

4.4 Estudio administrativo y legal 171

4.4.1 Naturaleza jurídica de la empresa 172

4.4.2 Organización administrativa 175

4.4.3 Procesos administrativos clave 179

4.4.4 Marco normativo aplicable 188

4.4.5 Políticas internas y procedimientos administrativos 193

4.5 Estudio financiero 197

4.5.1 Inversión inicial 197

4.5.2 Costos operacionales 202

4.5.3 Gastos operativos (costos variables) 203

4.5.4 Nómina 205

4.5.5 Depreciación 206

4.5.6 Ingresos del proyecto 207

4.5.7 Estado de situación financiera 208

4.5.8 Punto de equilibrio 210

4.5.9 Flujo de caja del proyecto 212

4.5.10 Evaluación financiera (TIR y VAN) 213

4.6 Estudio social y ambiental 218

Capítulo 5. Conclusiones 223

Capítulo6.Recomendaciones 226

Referencias 229

Apéndices 235

Lista de tablas

Tabla 1 Marco legal..... 44

Tabla 2 Muestra seleccionada 53

Tabla 3 Matriz de operacionalización de variables..... 56

Tabla 4 Oferta de ACU por parte de establecimientos comerciales..... 99

Tabla 5 Oferta de ACU por parte de hogares..... 99

Tabla 6 Proporción mensual de oferta 100

Tabla 7 Determinación anual de la oferta 100

Tabla 8 Etapas del proceso productivo del ACU 114

Tabla 9 Equipos y Maquinaria Principal del Proceso 129

Tabla 10 Requerimiento de equipos y herramientas auxiliares.....133

Tabla 11 Condiciones de infraestructura para el área de recepción y descarga del ACU.....139

Tabla 12 Condiciones de infraestructura para la zona de prefiltrado.....141

Tabla 13 Condiciones de infraestructura para el área de decantación.....142

Tabla 14 Condiciones de infraestructura para la zona de filtrado fino 144

Tabla 15 Condiciones de infraestructura para el área de purificación o deshidratación 145

Tabla 16 Condiciones de infraestructura para el área de almacenamiento final 147

Tabla 17 Condiciones de infraestructura para el Área Ambiental 149

Tabla 18 Requerimientos de servicios básicos.....150

Tabla 19 Requerimiento de insumos y materiales auxiliares.....151

Tabla 20 Requerimientos de mantenimientos 155

Tabla 21 Parámetros operativos de capacidad instalada de la planta.....163

Tabla 22 Requerimiento de personal técnico y operativo 168

Tabla 23 Identificación del Código CIIU de actividad económica de la empresa 174

Tabla 24 Procesos Administrativos Clave 181

Tabla 25 Normativa ambiental 189

Tabla 26 Normativa laboral 192

Tabla 27 Normativa comercial 193

Tabla 28 Activos fijos 198

Tabla 29 Adecuación del inmueble 200

Tabla 30 Gastos preoperativos 200

Tabla 31 Capital de trabajo 201

Tabla 32 Resumen de inversión inicial 202

Tabla 33 Costos operacionales 202

Tabla 34 Gastos operativos (costos variables) 203

Tabla 35 Nómina 205

Tabla 36 Depreciación 206

Tabla 37 Ingresos del proyecto 207

Tabla 38 Estado de situación financiera 208

Tabla 39 Estado de resultados 209

Tabla 40 Margen de contribución por litro de aceite 211

Tabla 41 Margen de contribución por litro de aceite 211

Tabla 42 Flujo de caja del proyecto 212

Tabla 43 Identificación de impactos ambientales del proyecto 219

Tabla 44 Identificación de impactos sociales del proyecto 220

Tabla 45 Medidas de manejo ambiental y social 221

Lista de figuras

Figura 1 Tipo de establecimiento comercial 60

Figura 2 Tiempo de funcionamiento 62

Figura 3 Número de empleados 64

Figura 4 Frecuencia de uso de aceite 65

Figura 5 Cantidad de aceite usado por mes 67

Figura 6 Disposición final del aceite 68

Figura 7 Conocimiento de normativa ambiental 70

Figura 8 Experiencia previa con recolectores de aceite 71

Figura 9 Factores más valorados 73

Figura 10 Interés en recibir pago 74

Figura 11 Cantidad ($) esperada por litro 76

Figura 12 Interés en capacitación ambiental 77

Figura 13 Disposición a firmar convenio 78

Figura 14 Edad de los encuestados 81

Figura 15 Nivel educativo de los encuestados 82

Figura 16 Zona de residencia 83

Figura 17 Número de personas en el hogar 84

Figura 18 Frecuencia de preparación de alimentos fritos 85

Figura 19 Tipo de aceite usado con mayor frecuencia 86

Figura 20 Cantidad de aceite usado mensualmente (en litros) 87

Figura 21 Disposición final del ACU 88

Figura 22 Conocimiento sobre contaminación del agua por ACU 89

Figura 23 Interés de participar en programas de recolección de ACU.....90

Figura 24 Preferencia en frecuencia de recolección del ACU.....91

Figura 25 Disposición de almacenar el aceite hasta su recolección 92

Figura 26 Incentivo que lo motivaría 93

Figura 27 Disposición de pago (si fuese obligatorio).....94

Figura 28 Flujo de procesos de la planta.....159

Figura 29 Distribución en planta.....161

Figura 30 Organigrama de la empresa 176

Lista de apéndices

Apéndice A. Encuesta dirigida a hogares 235

Apéndice B. Encuesta dirigida a establecimientos comerciales 238

Capítulo 1. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de gestión de aceites de cocina usados en Ocaña

1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años, la demanda de recursos naturales y el constante aumento de residuos han mostrado que es urgente cambiar la forma en que se produce y consume. Frente a esta situación, la economía circular se ha presentado como una opción clave para transitar de un modelo lineal tradicional a un enfoque centrado en reducir, reutilizar, reciclar y aprovechar los desechos. Esto busca cerrar los ciclos de producción y reducir los efectos negativos en el medio ambiente (Ellen MacArthur Foundation, 2013). El aceite de cocina usado (ACU) se ha convertido en uno de los desechos más difíciles de manejar en todo el mundo. Se calcula que cada año se producen entre 41 y 67 millones de toneladas de este aceite. Una gran parte termina siendo desechada incorrectamente en ríos, suelos o alcantarillas, lo que provoca graves daños a los ecosistemas y aumenta los costos de limpieza. (Kumar et al., 2025)

La economía circular es un enfoque que busca promover el crecimiento económico mientras se protege el medio ambiente y se reduce la producción de residuos. De esta manera, ayuda a alcanzar un desarrollo sostenible. Este modelo se basa en el principio de las 3R: reducir, reutilizar y reciclar, se puede aplicar en todas las etapas de la vida de los productos y también fomenta el uso de estrategias de diseño que consideren la sostenibilidad (Prieto-Sandoval et al., 2017). Sus aportes permiten la generación de nuevas oportunidades de negocio mediante el

aprovechamiento de diferentes tipos de residuos, como los orgánicos (restos de alimentos o estiércol), plásticos posconsumo, residuos textiles, neumáticos usados, escombros de construcción y demolición, aparatos electrónicos, y residuos peligrosos como el aceite de cocina usado (ACU).

El ACU es una materia prima con gran potencial que se puede utilizar para fabricar productos como biodiésel, jabones, biolubricantes y otros productos industriales. Esto crea nuevas oportunidades para desarrollar negocios sostenibles que sigan los principios de la economía circular. Esta investigación se centra en analizar si es posible establecer una empresa que se encargue de gestionar el aceite de cocina usado en el municipio de Ocaña, Norte de Santander. El objetivo es transformar este residuo dañino en una oportunidad que sea productiva, respetuosa con el medio ambiente y beneficiosa para la sociedad.

A nivel mundial, la gestión inadecuada de los residuos líquidos, especialmente de los aceites de cocina usados, es un gran problema para cuidar el medio ambiente. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) y diversas agencias internacionales han señalado cómo estos desechos afectan la contaminación del agua, dañan los ecosistemas y producen gases que contribuyen al calentamiento global. Esto es especialmente grave en lugares donde no hay sistemas adecuados para recoger y tratar estos residuos. Se estimada que en todo el mundo se producen entre 41 y 67 millones de toneladas de este tipo de residuo cada año. Una gran parte de este material se elimina de manera inadecuada en sistemas de alcantarillado, suelos o cuerpos de agua, lo que causa daños importantes a los ecosistemas y a la infraestructura de salud (Kumar et al., 2025).

En el contexto de Ocaña, una ciudad que enfrenta retos medioambientales derivados del mal manejo de residuos, la creación de una empresa recicladora de aceite de cocina usado no solo abordaría estos problemas, sino que también contribuiría a la promoción de prácticas sostenibles y a la protección del medio ambiente local. El reciclaje de aceite de cocina usado permite convertir un residuo contaminante en productos útiles como biodiesel, jabones y otros productos de limpieza, promoviendo un modelo de economía circular que beneficia tanto al medio ambiente como a la economía local.

Por lo tanto, la implementación de este proyecto en Ocaña es una necesidad urgente para mitigar los impactos ambientales negativos asociados con la disposición incorrecta de aceite de cocina usado, y para fomentar un desarrollo sostenible que proteja los recursos naturales y mejore la calidad de vida de la población.

1.2 Formulación del problema

¿Es viable la creación de una empresa de gestión de aceite de cocina usado en Ocaña en términos económicos, técnicos y ambientales?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la viabilidad de crear una empresa recicladora de aceites de cocina usados en Ocaña Norte de Santander

1.3.2 Objetivos Específicos

Realizar un estudio de mercado para identificar la oferta y demanda de productos derivados del reciclaje de aceite de cocina usado

Identificar los insumos, mano de obra, maquinaria y equipos necesarios para el proceso de recolección y reciclaje de aceite de cocina usado mediante un estudio técnico

Realizar un estudio legal para identificar la normatividad vigente aplicable al reciclaje de aceite de cocina usado y definir la estructura organizacional de la empresa mediante un estudio administrativo

Definir la estructura financiera necesaria para la viabilidad del proyecto, identificando ingresos, costos operativos y fuentes de financiamiento mediante un estudio financiero

Determinar el impacto ambiental y social de la empresa recicladora de aceite de cocina usado, identificando medidas para mitigar los efectos negativos sobre los ecosistemas locales mediante un estudio socio ambiental

1.4 Justificación

La gestión de residuos en los territorios urbanos y semiurbanos se ha convertido en un eje central de la discusión ambiental contemporánea, en la medida en que los patrones de consumo y producción han incrementado la generación de desechos con impactos acumulativos sobre los ecosistemas y la salud humana. Entre estos residuos, el aceite de cocina usado ocupa un lugar particular debido a su elevada frecuencia de generación, su persistencia en el ambiente y la limitada percepción social sobre sus efectos contaminantes. A pesar de su aparente inofensividad en el ámbito doméstico y comercial, el manejo inadecuado de este residuo representa una fuente significativa de degradación ambiental, especialmente en contextos locales donde no existen sistemas formales de recolección y aprovechamiento, como ocurre actualmente en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Diversos estudios han documentado que el vertimiento de aceite de cocina usado en cuerpos de agua genera una alteración directa de los procesos ecológicos, al formar capas superficiales que impiden la oxigenación y afectan la supervivencia de especies acuáticas, con impactos que se extienden a lo largo de las cadenas tróficas (FAO, 2018). Esta forma de contaminación, además, dificulta los procesos de tratamiento del agua para consumo humano, incrementando los costos operativos y reduciendo la eficiencia de los sistemas de potabilización.

En suelos urbanos y periurbanos, la acumulación de aceites modifica la estructura del terreno, disminuye su capacidad de infiltración y favorece la persistencia de contaminantes, lo que agrava los procesos de degradación ambiental en zonas ya vulnerables. La Organización Mundial de la Salud advierte, en este sentido, que la contaminación indirecta del agua potable por residuos grasos constituye un riesgo sanitario relevante, especialmente en municipios con infraestructura de saneamiento limitada o con prácticas informales de disposición de residuos (OMS, 2019).

En el contexto de Ocaña, estos efectos se ven potenciados por la ausencia de una empresa especializada en la gestión integral del aceite de cocina usado, lo que ha derivado en la normalización de prácticas de vertimiento en fregaderos, suelos y redes de alcantarillado. Esta situación no solo refleja una carencia operativa, sino también una brecha institucional en la aplicación de políticas ambientales orientadas a la prevención y valorización de residuos especiales. Aunque la normativa ambiental colombiana promueve el aprovechamiento de residuos con potencial de reciclaje y la adopción de esquemas de responsabilidad compartida, su implementación efectiva depende, en gran medida, de la existencia de actores locales capaces de articular la recolección, el tratamiento y la transformación del residuo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020). La inexistencia de dichos actores en el territorio limita las posibilidades de control, educación ambiental y desarrollo de cadenas productivas asociadas al ACU.

Desde una perspectiva económica y productiva, el aceite de cocina usado representa una oportunidad estratégica para la transición hacia modelos de economía circular, en los que los residuos dejan de ser concebidos como desechos finales y pasan a integrarse nuevamente en

ciclos productivos. La literatura especializada señala que la valorización de este residuo permite la producción de biodiésel y otros subproductos industriales, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y materias primas vírgenes, al tiempo que disminuye la huella ambiental asociada a los procesos productivos convencionales (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Este enfoque resulta particularmente pertinente para territorios intermedios como Ocaña, donde la diversificación económica y la generación de empleo sostenible constituyen desafíos estructurales.

La creación de una empresa dedicada al reciclaje de aceite de cocina usado permitiría no solo mitigar los impactos ambientales y sanitarios derivados de su disposición inadecuada, sino también fortalecer el tejido productivo local mediante la generación de empleo, la formalización de actividades asociadas a la gestión de residuos y la articulación con sectores como el gastronómico, el comercial y el energético. Asimismo, la implementación de un sistema organizado de recolección y aprovechamiento del ACU facilitaría procesos de sensibilización ciudadana y educación ambiental, promoviendo prácticas responsables en hogares y establecimientos, y contribuyendo a la construcción de una cultura ambiental más sólida y participativa.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación Geográfica

La implementación del proyecto se enfocará en la ciudad de Ocaña. Esta delimitación geográfica responde a la necesidad de abordar la problemática específica de la disposición de aceite usado en esta región, así como al análisis de las condiciones locales para la creación de una empresa recicladora que pueda operar eficientemente en este entorno.

1.5.2 Delimitación Temporal

El estudio de factibilidad y la formulación del proyecto se desarrollarán en un plazo de ocho semanas, a partir de la aprobación del anteproyecto. Este periodo incluirá la realización de diagnósticos ambientales, estudios de mercado, desarrollo del plan estratégico, y análisis de viabilidad económica.

1.5.3 Delimitación Conceptual

En el siguiente proyecto se tendrán en cuenta conceptos relacionados con: estudio de mercado, estudio técnico, estudio administrativo y legal, estudio financiero, estudio socioambiental

1.5.4 Delimitación operativa

El presente proyecto se basa en la realización de un estudio de factibilidad que incluye cinco componentes esenciales para evaluar la viabilidad de crear una empresa de gestión de aceite de cocina usado en Ocaña, Norte de Santander. Estos estudios son: el estudio de mercados,

que analizará la oferta y demanda de productos derivados del reciclaje del aceite en la región; el estudio técnico, que identificará los recursos necesarios, como insumos, mano de obra, y tecnología para el proceso de recolección y reciclaje; el estudio administrativo y legal, que definirá la estructura organizativa de la empresa y garantizará el cumplimiento de la normatividad vigente; el estudio financiero, que evaluará la rentabilidad y sostenibilidad económica del proyecto, considerando costos e ingresos proyectados; y el estudio socioambiental, que medirá el impacto del proyecto en el medio ambiente y la sociedad, proponiendo medidas para mitigar los posibles efectos negativos. Cada uno de estos estudios proporcionará la información necesaria para determinar si la creación de la empresa es viable y sostenible a largo plazo.

Capítulo 2. Marco referencial

La generación de Aceites de Cocina Usados (ACU) está creciendo, y su inadecuada disposición final es una problemática y una preocupación ambiental y sanitaria a nivel mundial. Este residuo líquido, que a menudo se vierte en sistemas de alcantarillado o en el suelo, representa fuente importante de contaminación del agua, bloquea las redes de saneamiento y perjudica la biodiversidad. Frente a esta situación, varios países han impulsado planes para gestionar, recolectar y dar valor al ACU. Estas estrategias se basan en modelos de economía circular que conectan la protección del medio ambiente con nuevas oportunidades para emprender y desarrollar negocios.

Este estudio de viabilidad se basa en la revisión de experiencias de otros países y en el análisis de teorías y métodos. Esto ayuda a demostrar que es posible crear una empresa que se encargue de la gestión del aceite de cocina usado en el municipio de Ocaña, Norte de Santander. El presente marco referencial se organiza en tres partes: (i) antecedentes internacionales sobre programas para recopilar y utilizar el ACU, (ii) estudios de viabilidad y planes de negocio relacionados, y (iii) conceptos teóricos sobre gestión ambiental, economía circular y logística inversa. Esta revisión ayuda a reconocer prácticas efectivas y lecciones que hemos aprendido. Además, establece las bases necesarias para diseñar la parte técnica, administrativa y financiera de la propuesta.

2.1 Marco histórico

2.1.1 Marco histórico a nivel internacional

Varios países han puesto en marcha planes para manejar el aceite de cocina usado (ACU). Estas acciones buscan cuidar el medio ambiente, aprovechar la energía y fomentar una economía circular. Las experiencias internacionales son ejemplos importantes que ayudan a planificar y evaluar proyectos de negocios que se enfocan en la recolección, procesamiento y aprovechamiento de este tipo de residuos.

Un caso destacado de este enfoque es la investigación llevada a cabo por Al-Hamad y sus colegas. En 2015, se realizó un estudio en Kuwait con el objetivo de evaluar si el aceite de cocina usado puede ser una fuente alternativa de energía desde el punto de vista técnico, económico y ambiental. Mediante un enfoque de investigación que unió el análisis de datos sobre el consumo nacional de aceites, pruebas de producción de biodiésel y comparación de emisiones, los autores mostraron que el biodiésel obtenido del ACU es no solo viable desde el punto de vista técnico, sino también más económico que el diésel convencional a partir del quinto año de su uso. Los resultados también mostraron una disminución importante de los contaminantes del aire, como el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y material particulado (PM), lo que resalta su importancia para el medio ambiente. Este estudio resalta la energía que puede generar el ACU y apoya la necesidad de crear políticas públicas y modelos de negocio sostenibles para aprovechar esa energía.

El condado de Broward, en Florida (Estados Unidos), llevó a cabo un estudio para evaluar la posibilidad de establecer un sistema organizado para la recolección y reciclaje del ACU, especialmente en áreas urbanas con mucha actividad gastronómica. En 2006, se llevó a cabo un estudio coordinado por una iniciativa pública. Este estudio utilizó un enfoque completo que abarcó el análisis de experiencias anteriores, entrevistas con personas importantes y la evaluación de diferentes opciones técnicas y financieras para la gestión. Los resultados mostraron que no había un sistema organizado para recoger los desechos, lo que causaba problemas en las redes de saneamiento y en el medio ambiente. Se encontró una oportunidad para mejorar mediante la colaboración entre el sector público y privado, la creación de lugares de recolección estratégicos y el desarrollo de campañas educativas. La propuesta final sugirió llevar a cabo la implementación de manera gradual, comenzando por el sector comercial y formando alianzas con empresas de reciclaje. Esta experiencia sirve como un ejemplo para otras ciudades parecidas, donde la colaboración entre instituciones y la participación de los ciudadanos son claves para que los sistemas de gestión del agua funcionen bien.

Una experiencia importante en el campo académico fue llevada a cabo por Khdour y Nawaj'a (2017) en Palestina. Ellos realizaron un estudio para evaluar si era posible y rentable producir jabones y detergentes utilizando aceites de cocina reciclados en la ciudad de Hebrón. El propósito principal de este proyecto fue mostrar que se pueden convertir estos desechos en productos que se pueden vender, utilizando procesos de saponificación. Esto ayuda a reducir los efectos negativos en el medio ambiente que se producen por su mala eliminación. La metodología incluyó una revisión de literatura, una encuesta para conocer las características del residuo, pruebas en laboratorio con varias fórmulas de jabón sólido y líquido, y un análisis

económico inicial. Los resultados mostraron que es posible fabricar jabones que tengan un pH, emulsificación y capacidad de hacer espuma adecuados. Desde una perspectiva económica, se calculó que la inversión se recuperará en 2,9 años y generará un rendimiento del 21,26% al año, lo que respalda la viabilidad financiera del proyecto. Este estudio es muy importante para ideas parecidas en ciudades, donde el manejo informal del agua se mezcla con oportunidades para el crecimiento de negocios sostenibles.

Así mismo, el plan de negocios creado por Gomis et al (2016), en España, es otro ejemplo a nivel internacional que analiza de manera completa la recolección y el aprovechamiento del ACU. La investigación aborda el diseño estratégico de una empresa que se encarga de recoger aceites vegetales usados en negocios y hogares, con el objetivo de convertirlos en biodiésel a través de procesos de transformación. Los autores llevaron a cabo un estudio de mercado utilizando un método específico para crear planes de negocio. También realizaron evaluaciones técnicas sobre cómo recoger los productos, analizaron los costos y la rentabilidad esperada, y determinaron el punto en el que los ingresos cubren los gastos. Además, presentaron una propuesta para la estructura organizativa del proyecto. Se encontraron grupos de personas interesadas en prácticas sostenibles, y se demostró que el éxito del proyecto está directamente relacionado con la creación de alianzas estratégicas con organismos públicos y con los beneficios que ofrece la normativa vigente. Este estudio, aunque se centró más en estrategias que en experimentos, resalta la importancia de tener una buena estructura organizativa, utilizar tecnologías adecuadas y analizar cuidadosamente el entorno legal y económico.

En Asia, un estudio de Islam, Tamima y Rahman (2019) en Bangladesh buscó analizar si es económicamente posible producir biodiésel a partir del aceite de cocina usado (ACU) que se recoge en las fábricas de alimentos. Esta investigación es muy relevante para este estudio, ya que trata sobre cómo utilizar un residuo común en restaurantes y cómo crear un modelo de producción que se ajuste a ciertas condiciones técnicas. Todo esto se lleva a cabo en un ambiente urbano e industrial similar al de Ocaña, donde hay desafíos ambientales y prácticas de eliminación de residuos que no son adecuadas.

La metodología utilizada en este estudio se centró en encontrar las mejores condiciones para la reacción de transesterificación, que es un proceso químico común para transformar aceites en biodiésel. Se establecieron parámetros específicos, como una relación de 6 partes de aceite por 1 parte de metanol. Se utilizó un 7% de hidróxido de potasio (KOH) como catalizador, manteniendo una temperatura de 60 °C durante una hora. Los autores, basándose en esta información técnica, llevaron a cabo un análisis económico que se centró únicamente en los costos de operación. Este análisis se realizó para la conversión de 100 litros de ACU, sin tener en cuenta la inversión inicial ni los costos fijos. La evaluación se centró en los costos de los materiales, la energía, el trabajo y la recolección de los residuos, comparándolos con los ingresos obtenidos de la venta del biodiésel y del subproducto glicerina.

El estudio mostró que, en las condiciones elegidas, se obtuvo un retorno económico de alrededor de 7 a 1. Esto significa que por cada unidad de dinero que se gastó en la operación, se recuperaron siete unidades en ingresos. Se descubrió que el biodiésel producido tenía buenas características físico-químicas. Además, la glicerina que se obtuvo puede venderse o reutilizarse

en la industria química, lo que aumenta las opciones de ganar dinero. Se resaltó que el ACU, gracias a su accesibilidad y bajo precio, es una materia prima clave en comparación con otros aceites comestibles, cuyo uso conlleva mayores gastos y problemas de seguridad alimentaria.

En el sur de Italia, en la región de Campania, se realizó un importante estudio dirigido por De Feo et al (2020). El objetivo fue analizar cómo ha cambiado el sistema de recolección de aceite de cocina usado en un área que ha enfrentado problemas duraderos en el manejo de los residuos sólidos urbanos. Esta investigación es muy importante para el estudio de factibilidad que se propone, ya que analiza los factores que afectan el éxito o fracaso de los programas de recolección de ACU. Esto es relevante en lugares donde hay poca infraestructura, poca participación de la comunidad y problemas institucionales que persisten, situaciones que son comunes en muchas áreas urbanas y rurales de países en desarrollo como Colombia. Se utilizó una metodología mixta, enfocándose en un análisis a largo plazo de los datos operativos del programa de recolección desde 2010 hasta 2019. Además, se llevó a cabo una encuesta estructurada en 2015 a las familias del municipio de Angri, que tiene 34,000 habitantes. Esta encuesta ayudó a conocer lo que piensan, sienten y hacen los ciudadanos sobre el manejo del agua. También sirvió para medir cómo han influido las campañas de información y las modificaciones en la forma de gestionar las instituciones.

El estudio reveló que, después de iniciar un programa de recolección dirigido por una cooperativa social en 2015, que consistió en colocar contenedores en las calles, repartir tanques a las casas y realizar una campaña de concienciación, la recolección de ACU aumentó de manera notable. En 2014, se registró un peso de 830 kg en 7. En 2015, se registraron 730 kg, lo que

representa un aumento del 101.8%. A partir de 2016, después del cambio de gobierno y de que se entregara el servicio a una empresa privada sin apoyo social ni educativo, las cifras disminuyeron de manera notable, alcanzando un promedio de 3. Se producen 800 kg al año, lo que muestra una pérdida de más de 15. "Se han acumulado 000 kg de ACU de manera inadecuada en un periodo de cuatro años." La encuesta mostró que solo el 53% de las personas que respondieron recogían el ACU, mientras que el 76% de aquellos que no lo hacían lo tiraban por el lavaplatos o el inodoro, lo que causa graves daños al medio ambiente. La razón principal por la que no se participó fue la falta de información.

En el contexto del progreso hacia formas de desarrollo más sostenibles, la investigación llevada a cabo por Hartini et al (2023), en Indonesia, contribuye de manera importante a entender cómo se puede aplicar la economía circular en la gestión del aceite de cocina usado en los hogares. Este trabajo es muy relevante para la investigación de viabilidad actual, ya que sugiere un plan completo para la recolección eficaz de este tipo de residuo. Se centra en aspectos técnicos, logísticos y económicos, que son fundamentales para el diseño de cualquier empresa en este sector. El propósito principal de esta investigación fue crear un modelo eficaz para manejar el ACU que se produce en los hogares. Esto se logró buscando reducir los costos de recolección y aumentar los beneficios económicos, sociales y ambientales que se obtienen al reciclarlo. Se creó un sistema de economía circular que une cómo actúan los consumidores, el diseño de lugares para recoger materiales y la mejora de las rutas para la recolección. Esta estructura fue confirmada en un estudio de caso realizado en la ciudad de Semarang.

La metodología utilizó herramientas tanto cuantitativas como de análisis espacial. Se realizaron encuestas en 347 hogares para entender los hábitos de consumo y la disposición del ACU. Además, se llevaron a cabo análisis de ubicación utilizando el modelo de "Problema de Localización de Cobertura Máxima" (MCLP) y algoritmos de "Inserción Secuencial" (SI) para planificar las rutas de recolección. Esta metodología ayudó a evaluar la posibilidad de operar y los beneficios que podría traer el sistema sugerido.

El estudio mostró que más del 66% del agua de los hogares se tira directamente a desagües o al suelo, lo que indica una mala gestión del agua en casa. El 68% de las personas encuestadas dijo que estarían dispuestas a entregar sus residuos si hay sistemas adecuados para recogerlos. Basado en estos descubrimientos, se crearon dos planes para los puntos de recolección: uno con un alcance de 2 km y otro más cercano de 1 km. Este último es el más efectivo para involucrar a la comunidad, aunque necesita más recursos para su logística. Las simulaciones demostraron que el sistema es económicamente viable, ya que se espera obtener beneficios netos a través de la venta del ACU. Además, este sistema ayuda a reducir el daño al medio ambiente y a crear nuevos empleos.

El estudio subraya la relevancia de incluir modelos de economía circular en la planificación de residuos de las ciudades. Muestra que es posible gestionar de manera eficiente los residuos desde los hogares si se considera cómo se comportan los usuarios y se implementan estrategias de recolección adecuadas. El caso de Semarang se puede usar como un ejemplo para otras áreas que tengan características parecidas. Esto brinda un modelo claro para realizar estudios de viabilidad, como el que se propone para la ciudad de Ocaña.

Por otra parte Kusumawardani et al (2023), en la ciudad de Surabaya, Indonesia, desarrolló una investigación cuyo propósito principal fue crear un modelo completo de economía circular que mejore la gestión de los residuos sólidos municipales. Este modelo busca unir a las diferentes partes involucradas en la cadena de valor, desde quienes generan los residuos (hogares y negocios) hasta los recicladores y quienes transforman esos residuos. La importancia de este estudio para una investigación de viabilidad se debe a que aborda de manera completa diferentes aspectos, como los técnicos, económicos, organizativos y normativos al mismo tiempo. Este artículo, a diferencia de otros que solo se enfocan en la transformación del ACU en biodiésel, presenta una visión completa de la gestión de la cadena. Destaca los procesos logísticos, la gobernanza institucional y los métodos de conexión entre las diferentes partes involucradas.

La metodología se centró en el enfoque "Diseño de Economía Circular en los Hogares" (HCED), y se utilizó junto con herramientas para modelar sistemas. Se recopilaron datos directamente a través de encuestas a quienes generan residuos y entrevistas a quienes los recolectan. Con esta información, se identificaron las rutas para la disposición de los residuos, así como los flujos de información y las áreas donde faltan normas. Se creó una propuesta de red circular utilizando técnicas de diseño de sistemas. Esta propuesta incluye procesos de recolección, valorización, educación y redistribución. El estudio reveló que más del 70% de los residuos sólidos no se recolectan de manera adecuada. Las principales razones para esto son la falta de información, la falta de incentivos y la ausencia de sistemas para la recolección separada. El modelo sugerido transforma estas debilidades en oportunidades al crear áreas verdes, establecer alianzas entre el sector público y privado, desarrollar plataformas digitales para rastrear los residuos y ofrecer incentivos económicos por la entrega del ACU. Se ha demostrado

que, con una inversión inicial razonable, el sistema puede lograr estabilidad financiera en un plazo de 5 años, siempre y cuando se asegure la participación activa de la comunidad.

El estudio concluye que, para pasar a un modelo de economía circular en la gestión del agua, se necesita no solo buena infraestructura, sino también un sistema institucional bien organizado, liderazgo de diferentes sectores, incentivos que estén en armonía y un fuerte enfoque en la educación de la comunidad. El artículo sugiere que las ciudades que quieran implementar este modelo deberían empezar con proyectos pequeños en áreas específicas. Deben utilizar tecnologías económicas, establecer indicadores para seguir el progreso y colaborar con industrias de reciclaje, siempre dando prioridad a la responsabilidad social y ambiental. Este estudio refuerza las investigaciones anteriores al conectar no solo la viabilidad técnica o económica de proyectos individuales, sino también la importancia de adoptar una visión integral que incluya diferentes sectores y que se base en los principios de la economía circular. En el caso de Ocaña, la experiencia de subraya es un ejemplo muy valioso para crear la parte organizativa y logística de la futura empresa de gestión de ACU, que se enfocará en la sostenibilidad, la eficiencia y la responsabilidad social.

2.1.2 Marco histórico a nivel nacional

A nivel nacional, Colombia ha estado progresando poco a poco en la creación y puesta en marcha de planes para recoger, tratar y aprovechar el aceite de cocina usado (ACU). Esto se ha logrado a través de leyes ambientales y esfuerzos de la comunidad, empresas y universidades, y a diversos estudios realizados en el país. Tal es el caso de de Torres Rojas y Antolínez Bermúdez (2016), quienes realizaron un estudio para ver si era posible crear una empresa llamada Recicloil. Esta empresa se especializa en recoger y transformar aceites de cocina y de motor que ya no se utilizan, con el objetivo de fabricar biocombustibles y productos de limpieza como jabones y desengrasantes. El objetivo de este proyecto fue abordar el creciente problema ambiental causado por el mal manejo de estos residuos, especialmente en la región del Eje Cafetero, donde se notó una falta de normas y procedimientos adecuados para su disposición correcta.

La investigación se organizó en cinco partes clave: un análisis del mercado, un estudio sobre cómo operar técnicamente, una revisión de los requisitos legales, un análisis financiero y el diseño de la planta de producción. En el análisis de mercado, se identificaron los hogares, restaurantes, hoteles y estaciones de servicio como las principales fuentes de recolección de aceite. Además, se observó que estos grupos están muy dispuestos a entregar sus residuos y a comprar productos que provengan de su transformación. Se llevó a cabo un seguimiento de las nuevas tecnologías y se utilizó el modelo CANVAS para organizar la propuesta de valor. Esto resaltó la implementación de una aplicación móvil que mejora la logística de recolección.

Los autores hallaron que el 73,7% de los lugares encuestados estarían interesados en comprar productos hechos con aceite reciclado. Además, el 88,3% estaría dispuesto a pagar hasta $1 por estos productos. Quinientos dólares y tres. "500 por ellos, lo que muestra que hay un buen potencial de negocio." Se calcula que la población del departamento de Risaralda podría producir más de 29. La empresa genera 000 litros de aceite usado cada año, lo que representa una oportunidad para obtener materia prima. El proyecto incluyó varios pasos técnicos, como la recolección y el análisis fisicoquímico del aceite. También se llevaron a cabo procesos de filtrado, sedimentación, neutralización y fabricación de productos, utilizando equipos especializados. Se propuso una planta que cumpla con normas de eficiencia en su funcionamiento, tenga una distribución estratégica y mantenga un control de calidad según las regulaciones del país.

El estudio financiero estimó que se necesita una inversión inicial de alrededor de $237 millones. Además, se espera que el flujo de caja sea positivo en tres años, con un Valor Presente Neto (VPN) de $61. "681." El proyecto tuvo un costo de 645 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 28%, lo que demuestra que es económicamente viable. Los autores concluyeron que el proyecto no solo es rentable, sino que también es una alternativa ecológica. Además, tiene el potencial de crear empleos y fomentar una cultura de reciclaje en la región. Se destacó que esta iniciativa es una gran oportunidad para combinar la responsabilidad social de las empresas, la innovación y el uso de residuos, contribuyendo de forma directa al logro de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

En esta misma línea de estudio, es importante mencionar el trabajo de Sánchez Londoño y Pérez Romero (2016). Ellos se enfocaron en analizar si era posible crear una empresa que se encargara de gestionar los aceites de cocina usados en la ciudad de Santa Marta. Su objetivo era proporcionar una solución que fuera amigable con el medio ambiente para el mal manejo de estos residuos, tanto de hogares como de negocios. El proyecto sugiere crear una empresa que se encargue de recoger, tratar y deshacerse de aceites de cocina usados. Su objetivo es reducir el daño que estos residuos causan en ríos, sistemas de alcantarillado y tierras.

La investigación se centró en un enfoque cuantitativo que busca describir y analizar. Se organizó en torno a un estudio del mercado, aspectos técnicos, la estructura de la organización, cuestiones legales y finanzas. Los autores realizaron encuestas a restaurantes y hogares para conocer las prácticas actuales sobre cómo se deshacen del aceite usado y si están dispuestos a participar en un sistema formal de recolección. Se revisaron las leyes ambientales actuales en Colombia sobre residuos peligrosos y se creó un plan de operación técnica para la empresa sugerida. Los resultados mostraron que un gran número de los lugares encuestados estaba echando el aceite usado directamente en las alcantarillas, lo que causa serios problemas al medio ambiente. Sin embargo, la mayoría mostró interés en tener un servicio regular y organizado de recolección, lo que demuestra una verdadera oportunidad de mercado para la empresa planteada. El estudio también indicó que Santa Marta produce una gran cantidad de aceite usado que puede ser manejado de manera adecuada.

Desde el aspecto financiero, se planeó una inversión inicial razonable y se anticipó un aumento en las ganancias en el mediano plazo. Esto se basa en los ingresos que se obtendrán de

la recolección de residuos y su venta a empresas que se dedican al reciclaje o a convertirlos en biocombustible. Se calcularon los costos fijos y variables, se proyectaron los flujos de caja y se realizó un análisis del punto de equilibrio. Esto llevó a la conclusión de que el proyecto es económicamente viable. Los autores concluyen que establecer una empresa para manejar aceites de cocina usados en Santa Marta es una opción que se puede llevar a cabo tanto desde el punto de vista técnico como financiero. Además, consideran que es una acción urgente y necesaria para cuidar el medio ambiente. El estudio enfatiza la necesidad de unir esfuerzos entre las empresas, las autoridades del medio ambiente y la comunidad para fomentar una cultura de manejo adecuado de los residuos. Asimismo, se destaca que el éxito del proyecto dependerá en gran parte de estrategias de concientización y educación sobre el medio ambiente, enfocadas en quienes generan los residuos.

Además. Jiménez Velandia (2018), desarrolló un estudio cuyo propósito fue evaluar si era posible crear una empresa que se encargue de recoger AVU. Para esto, se realizó un análisis de los lugares que producen este residuo, se revisaron las leyes ambientales actuales y se consideraron los aspectos técnicos y económicos necesarios para llevar a cabo la implementación. Se utilizó un enfoque mixto que combinó diferentes métodos para recoger información. Se realizaron encuestas y entrevistas a quienes producen residuos, especialmente en restaurantes, comedores y establecimientos de comida rápida. También se llevó a cabo un análisis del entorno institucional y de las leyes que son relevantes para el tema. Con base en esta información, se realizaron los estudios de mercado, técnico, organizacional y financiero.

El estudio mostró que muchos lugares en Yopal todavía desechaban el aceite usado de manera incorrecta, lo que perjudicaba los sistemas de alcantarillado y las fuentes de agua de la zona. Se observó que estos negocios están muy dispuestos a unirse a un programa de recolección, siempre y cuando reciban apoyo técnico y se les asegure que cumplirán con las normas. El informe técnico describió las rutas de recolección, los vehículos necesarios, los procedimientos para el almacenamiento temporal y los métodos para seguir el rastro de los residuos hasta que sean entregados a los gestores autorizados. Desde la perspectiva económica, se calculó que la inversión inicial sería accesible, y se espera un ingreso constante mediante la venta del residuo a empresas que producen biocombustibles o artículos de limpieza. El estudio de la rentabilidad mostró resultados positivos, sugiriendo que se espera un retorno de la inversión en un plazo medio. Esto se apoya en el aumento de la generación de residuos y en el interés del sector comercial por cumplir con las normas ambientales.

Jiménez Velandia concluye que el proyecto no solo es económicamente factible, sino que también aborda una necesidad ambiental importante en el municipio. La investigación indica que, si se implementa una buena estrategia de concienciación, se refuerzan las instituciones y se establecen alianzas con personas del sector ambiental, el proyecto puede convertirse en una opción sostenible que ayude al desarrollo local, la salud de la comunidad y la conservación del agua. Se destaca la necesidad de crear un modelo de negocio que sea rentable y, al mismo tiempo, genere un efecto positivo en la sociedad y el medio ambiente.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Teoría del desarrollo sostenible

La teoría del desarrollo sostenible es una de las ideas clave para entender y abordar los problemas ambientales de hoy, como la correcta gestión de residuos, incluidos los aceites de cocina usados. Esta teoría tiene su origen en el Informe Brundtland de 1987, creado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas. En este informe, se hizo una crítica seria al modelo de crecimiento económico lineal que predomina, debido a sus efectos negativos en el medio ambiente y en la calidad de vida de las personas. En el informe se describió el desarrollo sostenible como “el que cumple con las necesidades actuales sin poner en riesgo la habilidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades” (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo [WCED], 1987, p.41).

La teoría del desarrollo sostenible se basa en tres dimensiones que se relacionan entre sí: la económica, que busca un crecimiento responsable y eficiente; la social, que fomenta la inclusión, la justicia y el acceso justo a los recursos; y la ambiental, que requiere cuidar los ecosistemas, usar los recursos naturales de manera adecuada y prevenir la contaminación. Según Sachs (2004), el desarrollo sostenible requiere una combinación equilibrada de "justicia social, eficiencia económica y cuidado del medio ambiente". Estas tres condiciones son esenciales al mismo tiempo para asegurar el bienestar de las personas y del planeta.

Esta teoría se basa en varios principios clave que se han documentado en declaraciones internacionales sobre sostenibilidad, como la Cumbre de la Tierra en Río (1992) y la Cumbre de Johannesburgo (2002). Entre estos principios se encuentra la equidad intergeneracional, que guía las decisiones actuales para cuidar los intereses de las generaciones futuras; el principio de precaución, que promueve la acción incluso cuando no hay certeza científica, si hay sospechas de daños al medio ambiente; el principio de participación, que reconoce el derecho de las comunidades a influir en las decisiones que afectan su entorno; y el principio de internalización de externalidades ambientales, que establece que quien contamina debe hacerse cargo de los costos de su impacto.

En el manejo de aceites de cocina usados, esta teoría proporciona una base clara y ética que fomenta soluciones empresariales. Estas soluciones no solo ayudan a disminuir la contaminación del suelo, el agua y las alcantarillas, sino que también crean valor económico al utilizar estos residuos para producir biocombustibles, jabones, biolubricantes y otros productos sostenibles. La formación de empresas que se dedican al reciclaje de aceites usados está en línea con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esto incluye el ODS 6, que se enfoca en el acceso a agua limpia y saneamiento; el ODS 12, que promueve la producción y el consumo responsables; y el ODS 13, que trata sobre la acción para combatir el cambio climático (Naciones Unidas, 2015).

2.2.2 Economía circular como modelo económico

La teoría de la economía circular se presenta como una alternativa importante al modelo económico lineal convencional, que sigue el patrón de "extraer–producir–consumir–desechar". Este último ha causado graves problemas ambientales, disminución de recursos naturales y una economía que se basa en el desperdicio. La economía circular, a diferencia de otros enfoques, sugiere un sistema económico que se basa en el diseño para regenerar. En este sistema, los recursos se utilizan durante el mayor tiempo posible, maximizando su valor. Al final de su vida útil, se recuperan y regeneran los materiales (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Este modelo incorpora conceptos de varias corrientes de pensamiento, como la ecología industrial, el enfoque de cuna a cuna, la biomímesis y el capitalismo natural. Todas estas ideas coinciden en que la economía debe operar de manera cíclica, siguiendo el ejemplo de los sistemas naturales, donde cada residuo se transforma en un nuevo recurso (Stahel, 2016). El objetivo es separar el crecimiento económico del uso excesivo de recursos que se agotan. Para lograr esto, se utilizan estrategias como el ecodiseño, la reparación, la reutilización, la remanufactura y el reciclaje.

La gestión de aceites de cocina usados (ACUs) se apoya en la economía circular, que es un concepto sólido. Este tipo de residuo, que a menudo se desecha de manera incorrecta y causa problemas como la contaminación del agua, obstrucción de tuberías y riesgos para la salud, puede volver a ser utilizado en la economía. Así, puede transformarse en productos útiles como biocombustibles, jabones, biolubricantes o productos de limpieza industrial. Convertir un desecho peligroso en una nueva fuente de valor es un ejemplo claro de cómo se aplican los principios de la economía circular. Estas ideas ayudan a guiar estrategias empresariales que sean

sostenibles. En esta investigación, se analiza la posibilidad de crear una empresa que se dedique a recoger y reciclar aceites usados, enfocándose en el uso responsable de los recursos y el cuidado del medio ambiente. La economía circular también significa cambiar los modelos de negocio tradicionales por otros que sean más colaborativos, locales y resistentes, apoyándose en cadenas de valor circulares.

La economía circular se ha establecido como un marco político y normativo a nivel global, adoptado por la Unión Europea en su Plan de Acción para la Economía Circular (2020) y respaldado por organismos multilaterales como la CEPAL y el PNUMA. En América Latina, este enfoque se ha incorporado a las políticas públicas relacionadas con residuos sólidos, gestión ambiental y cambio climático, principalmente como mecanismo para contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 12 sobre producción y consumo responsables (CEPAL, 2021).

2.2.3 Teoría del emprendimiento sostenible

La teoría del emprendimiento sostenible ha surgido en los últimos años como una alternativa al enfoque tradicional del emprendimiento económico. Este modelo no solo se interesa por obtener beneficios financieros, sino que también considera fundamental abordar cuestiones ambientales, sociales y éticas a nivel global. A diferencia de la visión clásica, el emprendimiento sostenible busca equilibrar la generación de valor económico con impactos positivos en la sociedad y el medio ambiente. En este sentido, el emprendedor sostenible detecta oportunidades de negocio enfocadas en resolver problemáticas sociales o ambientales, valiendo de la innovación para

introducir cambios efectivos y duraderos. Por ejemplo, pueden crear productos que reduzcan la contaminación, optimicen el uso de recursos o disminuyan la desigualdad social. Cohen y Winn (2007) explican que esta forma de emprendimiento responde principalmente a fallas de mercado, como la contaminación ambiental, la ineficiencia en el aprovechamiento de recursos naturales o la existencia de brechas sociales. Estas dificultades representan tanto retos como oportunidades para el surgimiento de empresas comprometidas con el cambio sostenible, demostrando que es posible generar valor económico y, al mismo tiempo, contribuir al bienestar colectivo y ecológico.

En el marco de la presente investigación, que tiene como objetivo evaluar la viabilidad de establecer una empresa dedicada a la recolección, tratamiento y valorización de aceites de cocina usados (ACUs), la teoría del emprendimiento sostenible constituye un pilar fundamental. Esta perspectiva respalda el proyecto como una iniciativa que aborda simultáneamente una problemática ambiental (gestión adecuada de residuos), una oportunidad económica (conversión en productos con valor agregado, como biocombustibles o jabones) y un objetivo social (fomento de mejores prácticas en la gestión de residuos por parte de la ciudadanía y de las empresas). Asimismo, la teoría del emprendimiento sostenible provee marcos metodológicos pertinentes para el desarrollo de modelos de negocio orientados a la sostenibilidad. Herramientas como el Canvas de Emprendimiento Social y el Lean Startup de impacto, derivadas de esta perspectiva, facilitan la estructuración de propuestas empresariales sólidas que optimizan el impacto positivo, minimizan riesgos ambientales y fomentan relaciones de confianza con comunidades, autoridades y clientes comprometidos con la sostenibilidad.

Esta visión está en sintonía con la idea de desarrollo sostenible presentada en el Informe Brundtland (1987), ya que reconoce que las empresas no pueden funcionar sin considerar sus efectos en el medio ambiente y la sociedad. El emprendimiento sostenible combina la forma de hacer negocios con principios éticos y el cuidado del medio ambiente. Dean y McMullen (2007) señalan que estos emprendimientos no solo buscan oportunidades en el mercado, sino que también tienen como meta clara cuidar la naturaleza, la vida y la comunidad, al mismo tiempo que buscan ganar dinero. Una de las contribuciones más importantes de esta teoría es la nueva forma de ver el concepto de triple resultado o triple línea base, que fue presentado por Elkington en 1998. Este concepto sugiere que las organizaciones deben evaluar su rendimiento no solo en términos de dinero, sino también considerando sus efectos en la sociedad y el medio ambiente. Este método ha sido utilizado en gran medida por empresas ecológicas, sociales y circulares que trabajan con principios de innovación sostenible, economía solidaria y cooperación entre diferentes sectores.

2.2.4 Teoría de los stakeholders

La teoría de los grupos de interés, creada por Edward Freeman en 1984, se ha utilizado mucho como una forma diferente de ver la gestión, en lugar de centrarse solo en los intereses de los accionistas. Esta teoría sugiere que una organización o empresa no vive sola ni trabaja solo para ganar dinero para sus dueños. En cambio, está rodeada de una comunidad más grande, donde hay muchas personas y grupos que influencian y son influenciados por lo que la empresa decide hacer y cómo actúa.

Desde este punto de vista, los interesados son todos los grupos o personas que tienen un interés válido en cómo opera una organización. Esto abarca no solo a los inversionistas y trabajadores, sino también a los clientes, proveedores, comunidades locales, organismos del gobierno, organizaciones sin fines de lucro y, en temas ambientales, a las generaciones futuras y al medio ambiente como parte de la responsabilidad de las empresas. Esta teoría se centra en la ética de las relaciones, la responsabilidad compartida y el valor que se crea juntos como principios clave para que las organizaciones sean sostenibles y legítimas. En estudios sobre sostenibilidad, economía circular e innovación social, como el que se presenta aquí, la teoría de los interesados es muy importante. Esta teoría entiende que los problemas y soluciones ambientales involucran a diferentes grupos de personas. En la gestión de aceites de cocina usados, los principales interesados son: los hogares y negocios que producen este residuo, las empresas que lo recogen, las autoridades ambientales, las universidades, los recicladores, los consumidores de productos hechos con aceite reciclado, y las comunidades que sufren por métodos incorrectos de eliminación.

Utilizar esta teoría para crear una empresa que aproveche los ACUs significa entender que el éxito no solo depende de que el proyecto sea técnicamente posible o económicamente viable. También es importante saber cómo conectar intereses, generar confianza y formar alianzas con las personas clave en el entorno. La identificación y el análisis de los interesados ayudan a crear estrategias de comunicación, participación y colaboración que mejoran el impacto ambiental positivo y la aceptación social del modelo de negocio.

2.3 Marco conceptual

El estudio de factibilidad es una herramienta completa que se utiliza para evaluar si un proyecto es viable antes de comenzar a implementarlo. Este tipo de investigación ayuda a analizar de manera precisa si un proyecto es posible desde varias perspectivas: comercial, técnica, económica, legal, organizacional y ambiental. Esto se logra a través del estudio cuidadoso de factores clave que influyen en su éxito o capacidad para mantenerse en el tiempo. Según González Ladrón de Guevara y González Morales (2015), el estudio de factibilidad es una herramienta fundamental para decidir sobre inversiones, ya que ayuda a disminuir la incertidumbre y a reconocer tanto los riesgos como las oportunidades en la realización del proyecto.

Para proyectos que se centran en la gestión de residuos, como los aceites de cocina usados (ACUs), es muy importante realizar un estudio de factibilidad. Esto se debe a que la intervención no solo incluye un modelo de negocio, sino que también implica un compromiso con el medio ambiente y la sociedad. La factibilidad se analiza mediante varios estudios que están conectados entre sí. Un aspecto importante es el estudio de mercado, que ayuda a entender cómo se comportan la oferta y la demanda, los precios, la competencia y los hábitos de compra relacionados con el producto o servicio que se quiere ofrecer. Según Kotler y Keller (2016), este tipo de análisis ayuda a entender mejor el entorno comercial y permite crear estrategias de posicionamiento efectivas basadas en datos reales sobre los consumidores y los participantes del mercado. Este estudio ayuda a comprender a quienes generan residuos y a los posibles compradores de productos que se obtienen del reciclaje en el marco de los ACUs.

El aspecto administrativo y legal del estudio de viabilidad se centra en examinar la estructura organizativa que se sugiere y las leyes que rigen el funcionamiento del proyecto. El texto debe contener la definición del tipo de sociedad, los requisitos necesarios para crear legalmente la empresa, las licencias ambientales y sanitarias que se deben obtener, así como la organización del personal que se necesita para funcionar. Echeverri (2011) señala que una evaluación legal adecuada asegura que se cumplan las normas y ayuda a evitar problemas legales que podrían poner en riesgo la continuidad del negocio. El objetivo es aumentar la productividad y ofrecer un mejor servicio a los clientes. Esto es especialmente relevante en proyectos que manejan residuos peligrosos, como ocurre con el ACU, que en Colombia está regulado por la Resolución 0316 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

El estudio financiero evalúa si el proyecto es económicamente viable. Esto se hace al calcular los costos de inversión, los ingresos que se esperan, los gastos operativos, las necesidades de capital de trabajo y al hacer proyecciones de los estados financieros. También se calculan medidas como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el punto de equilibrio. Estas herramientas ayudan a evaluar la rentabilidad del proyecto y su habilidad para generar ganancias. Según Ross et al (2021), este estudio resume la información técnica y comercial del proyecto para transformarla en criterios de inversión que se pueden medir para tomar decisiones fundamentadas en pruebas y análisis de finanzas.

Finalmente, el estudio socioambiental evalúa los efectos sociales y ambientales que el proyecto puede causar, tanto beneficiosos como perjudiciales, y también propone formas de reducir, compensar o aprovechar estos impactos. Se examina cómo el proyecto ayuda a la sostenibilidad en la comunidad, mejora la educación sobre el medio ambiente, fomenta la inclusión social y disminuye el impacto ecológico. Este elemento es fundamental en proyectos de economía circular, ya que ayuda a verificar si el modelo de negocio que se propone está alineado con los principios de sostenibilidad y responsabilidad social. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2021), "evaluar el impacto social y ambiental aumenta la aceptación del proyecto y garantiza que esté en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible"

2.4 Marco legal

Tabla 1

Marco legal

Norma	Artículo(s) que aplica(n)	Descripción
Ley 99 de 1993 – Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se dictan normas para la protección de los recursos naturales (Congreso de la República, 1993)	Art. 1, 31, 65	Establece el marco general de la política ambiental en Colombia, define los principios del desarrollo sostenible y asigna competencias a las autoridades ambientales para prevenir, controlar y sancionar la contaminación de los recursos naturales.

Resolución 0316 de 2018 – Por la cual se establecen los criterios para la gestión integral de los aceites de cocina usados (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)	Arts. 4, 5, 9, 10	Regula la recolección, almacenamiento, transporte, aprovechamiento y disposición final del ACU. Define los actores responsables y establece lineamientos técnicos y buenas prácticas para su manejo ambientalmente adecuado.
Ley 1259 de 2008 – Por la cual se reglamenta la recolección selectiva y gestión de residuos sólidos (Congreso de la República, 2008)	Art. 1, 3, 6	Promueve la clasificación en la fuente, la corresponsabilidad ciudadana y la cultura ambiental frente al manejo de residuos sólidos, estableciendo obligaciones y sanciones por su disposición inadecuada.
Ley 9 de 1979 – Código Sanitario Nacional (Congreso de la República, 1979)	Art. 68 y 122	Establece condiciones sanitarias para la protección de la salud pública frente a la generación, almacenamiento y disposición de residuos que puedan representar riesgos sanitarios o ambientales.
Ley 142 de 1994 – Por la cual se regula el régimen de los servicios públicos domiciliarios (Congreso de la República, 1994)	Art. 14.32, 142	Prohíbe el vertimiento de sustancias que puedan obstruir, deteriorar o afectar el funcionamiento de las redes de alcantarillado, incluyendo grasas y aceites residuales.
Ley 1715 de 2014 – Por la cual se promueve el uso de fuentes no convencionales de energía (Congreso de la República, 2014)	Art. 2 y 5	Incentiva el aprovechamiento de residuos como insumo para la generación de energía renovable, en el marco de estrategias de sostenibilidad y economía circular.
Ley 1341 de 2009 – Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y las TIC	Art. 2, 6, 17	Establece principios para la innovación tecnológica, el uso social de las TIC y la participación ciudadana, aplicables a

(Congreso de la República, 2009)		sistemas de trazabilidad y gestión del proceso.
CONPES 3934 de 2018 – Política nacional de producción y consumo sostenible (DNP, 2018)	Estrategias 1 y 3	Orienta el desarrollo de modelos de negocio basados en economía circular, innovación y gestión integral de residuos, promoviendo la sostenibilidad productiva.

Nota. La tabla muestra las leyes colombianas aplicables a la investigación.

La ley en Colombia tiene un conjunto claro de reglas para gestionar el medio ambiente, la salud y el manejo de los residuos, incluyendo los aceites de cocina usados (ACUs). Estos aceites se consideran contaminantes serios si no se manejan adecuadamente. La Ley 99 de 1993 sienta las bases para la política ambiental en el país. Esta ley estableció el Ministerio de Medio Ambiente, que actualmente se conoce como Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El Estado y las personas tienen la responsabilidad de proteger los recursos naturales. Esta ley dice que quienes contaminan deben pagar por los daños que causan, anima a prevenir la contaminación y motiva a la comunidad a participar en el cuidado del medio ambiente.

La Resolución 0316 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece las normas principales para el manejo de los aceites de cocina usados en Colombia. Esta resolución establece reglas para recoger, transportar, almacenar y utilizar el ACU. Asimismo, establece las tareas de quienes producen los desechos, como los restaurantes, las casas y las instituciones, así como de quienes los recogen y los convierten en otros productos. También establece reglas técnicas que las empresas que brindan este servicio deben cumplir. Esto implica registrarse con la autoridad ambiental, enviar informes sobre el seguimiento de sus actividades y asegurarse de cumplir con las normas de salud.

La Ley 1259 de 2008 apoya la recolección adecuada de basura y la educación sobre el medio ambiente, impulsando que cada persona separe sus residuos desde el lugar donde los genera. Esta ley apoya legalmente las estrategias educativas que intentan informar a la comunidad sobre los efectos negativos de verter aguas residuales y la importancia de utilizarlas como materia prima para crear nuevos productos, alineándose con los principios de la economía circular.

La Ley 1124 de 2006, que actualiza el Código Sanitario Nacional, establece normas sobre cómo manejar los desechos que pueden ser peligrosos para la salud de las personas. El aceite usado, al oxidarse y descomponerse, produce sustancias dañinas que pueden contaminar el agua, el suelo y los alimentos. Por esta razón, es importante manejarlo siguiendo normas estrictas de salud, limpieza y control. Por otro lado, la Ley 142 de 1994, que regula los servicios públicos en los hogares, es fundamental para comprender la importancia de manejar correctamente los ACUs. Esta ley prohíbe claramente echar residuos grasos o sólidos en las alcantarillas, ya que pueden bloquear el paso del agua y dañar la infraestructura. Esto aumenta los gastos de mantenimiento y perjudica la calidad del servicio de saneamiento básico.

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

La investigación realizada se encuadra dentro del enfoque aplicado, ya que tiene como propósito principal resolver una problemática concreta y ubicada en un contexto particular: la gestión ineficiente de los aceites de cocina usados (ACUs) y la urgencia de crear un modelo de negocio sostenible para su reaprovechamiento. Este tipo de estudio no se limita únicamente a generar conocimiento teórico, sino que busca trasladarlo eficazmente al ámbito práctico, ofreciendo soluciones factibles, pertinentes y contextualizadas para concebir y analizar una empresa basada en los principios de economía circular y sostenibilidad ambiental. Según lo señalan Hernández et al. (2014), la investigación aplicada "pretende producir conocimientos con fines de aplicación inmediata para atender problemas concretos que afectan la realidad social, productiva o ambiental" (p. 95), idea que está en armonía con el objetivo principal de este trabajo.

Desde una perspectiva metodológica, se emplea un enfoque cuantitativo fundamentado en la premisa ontológica de que la realidad es susceptible de ser medida, modelada y explicada mediante variables observables y relaciones causales. Esto se refleja en la cuantificación de datos empíricos obtenidos a través de instrumentos estructurados, tales como encuestas, matrices de análisis técnico y financiero, y cálculos de indicadores como VAN, TIR y punto de equilibrio. Esta estrategia posibilita la construcción de inferencias objetivas respecto a la viabilidad del proyecto. De acuerdo con Sampieri et al. (2014), el enfoque cuantitativo se apoya en

una visión positivista o postpositivista orientada a identificar leyes generales, describir relaciones entre variables y explicar fenómenos observables por medio de la recopilación y el análisis de datos numéricos (p. 13). Dicha aproximación facilita una evaluación precisa de los factores técnicos, económicos, comerciales, normativos y ambientales que influyen en la estructuración del modelo empresarial propuesto.

En relación con su alcance, la investigación se sitúa en un nivel tanto exploratorio como descriptivo, respondiendo a objetivos complementarios. El enfoque exploratorio responde a la necesidad de analizar un fenómeno que, aunque ha sido regulado normativamente en Colombia, particularmente desde la Resolución 0316 de 2018 del Ministerio de Ambiente, , aún presenta vacíos significativos en cuanto a su implementación práctica en el ámbito territorial. De acuerdo con Dankhe (1986) y Sampieri et al. (2014), los estudios exploratorios permiten abordar problemáticas emergentes o insuficientemente estudiadas, facilitando la formulación de categorías analíticas y posibles rutas de solución. Bajo esta perspectiva, el estudio examina el fenómeno del ACU considerando la lógica de sistemas productivos sostenibles, el emprendimiento verde y la cultura ciudadana.

Asimismo, la investigación posee un enfoque descriptivo, orientado a caracterizar de manera sistemática el contexto actual relacionado con la generación, gestión y valorización de los ACUs en el área de estudio. Esto implica la identificación de actores relevantes (hogares, restaurantes, empresas recolectoras, autoridades ambientales), el análisis de los comportamientos ciudadanos respecto a la disposición de residuos, la evaluación de las capacidades técnicas existentes y el estudio de las tendencias del mercado potencial para productos derivados del

ACU. Los estudios descriptivos, según Tamayo y Tamayo (2012, p. 48), permiten “especificar las propiedades, características y perfiles importantes de personas, grupos o procesos”; en este caso, proporcionan información fundamental para el diseño técnico, administrativo y financiero del modelo empresarial propuesto.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población objetivo de la presente investigación está conformada por los principales generadores de aceites de cocina usados (ACUs) en el área urbana del municipio de Ocaña. Se entiende por tales a aquellos actores que, debido a su actividad habitual, generan este residuo de manera sistemática y en volúmenes significativos. En consecuencia, la población se segmenta en tres categorías principales: establecimientos del sector gastronómico, hogares urbanos y entidades institucionales que prestan servicios de cocina.

El primer grupo lo conforman los establecimientos del sector gastronómico y de preparación de alimentos, tales como restaurantes, cafeterías, panaderías, fritanguerías, comedores empresariales, hoteles y negocios afines, los cuales representan los principales generadores de ACUs por su alto consumo de aceites vegetales en procesos de cocción. Este segmento es clave para el estudio, dado que no solo genera grandes volúmenes del residuo, sino que además está sujeto a regulaciones ambientales específicas sobre su disposición final. De acuerdo con la Cámara de Comercio de Ocaña (como se citó en Observatorio Laboral y

Económico de la UFPSO, 2025), en el municipio existen 556 establecimientos comerciales ubicados en el sector alojamiento y comida.

En segundo lugar, se ubican los hogares urbanos, los cuales, aunque generan menores volúmenes de ACU en comparación con los establecimientos comerciales, constituyen un aporte agregado relevante al considerar el conjunto de viviendas del área. La inclusión de los hogares posibilita evaluar la factibilidad del modelo de recolección domiciliaria y definir estrategias efectivas de sensibilización ciudadana orientadas a promover la disposición adecuada de estos residuos. De acuerdo con la proyección de hogares a nivel municipal 2018-2035 del DANE, en Ocaña existen 38.868 hogares en el año 2025.

3.2.2 Muestra

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la factibilidad integral de un modelo empresarial para la gestión de aceites de cocina usados (ACUs) en el municipio de Ocaña. Debido al enfoque aplicado, exploratorio y descriptivo del estudio, la muestra fue diseñada siguiendo criterios metodológicos que buscan equilibrar el rigor técnico y la viabilidad operativa del trabajo de campo.

En investigaciones aplicadas, la representatividad estadística puede no ser imprescindible cuando el objetivo es obtener información suficiente y contextualizada para la toma de decisiones prácticas, más que extrapolar resultados a toda la población. Por ello, se eligió un margen de error del 7% y un nivel de confianza del 95%, lo que permite reducir el tamaño de la

muestra sin comprometer la validez del análisis. Esta decisión responde a recomendaciones metodológicas para estudios de factibilidad y considera las limitaciones logísticas del trabajo de campo. Particularmente en el grupo de hogares, identificar si varias personas encuestadas pertenecen a una misma unidad habitacional puede resultar complejo, lo que podría generar sesgos de duplicidad o sobrerrepresentación si no se controla adecuadamente. Por tanto, un margen de error más amplio se considera adecuado para mantener el equilibrio entre la validez metodológica y la operatividad en la recopilación de datos.

Para estimar el tamaño de muestra se empleó la fórmula para poblaciones finitas, ya que se conoce el total de unidades en cada segmento de la población:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(d^2 \cdot (N-1)) + (Z^2 \cdot p \cdot q)}$$

n: tamaño de la muestr

N: tamaño de la población

Z: valor z para un nivel de confianza del 95% = 1.96

p: probabilidad de ocurrencia del fenómeno = 0.5

q: 1 - p = 0.5

d: margen de error aceptado (7% = 0.07)

Aplicación por segmento poblacional

a) Establecimientos comerciales

Población total estimada (N): 556 establecimientos

$n = (556 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5) / ((0.07^2 \times (556 - 1)) + (1.96^2 \times 0.5 \times 0.5))$

$n = (556 \times 3.8416 \times 0.25) / ((0.0049 \times 555) + 0.9604)$

$n = 533.39 / (2.7195 + 0.9604)$

$n = 533.39 / 3.6799 \approx 147$

b) Hogares urbanos

Población total estimada (N): 38,868 hogares

$n = (38868 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5) / ((0.07^2 \times (38868 - 1)) + (1.96^2 \times 0.5 \times 0.5))$

$n = (38868 \times 3.8416 \times 0.25) / ((0.0049 \times 38867) + 0.9604)$

$n = 37327.99 / (190.4483 + 0.9604)$

$n = 37327.99 / 191.4087 \approx 195$

La muestra total se conforma por:

Tabla 2

Muestra seleccionada

Grupo poblacional	Población total (N)	Margen de error	Muestra calculada (n)
Establecimientos gastronómicos	556	7%	147
Hogares urbanos	38.868	7%	195

Nota. La tabla muestra un resumen de la muestra calculada por segmento poblacional

3.3 Diseño de instrumentos de recolección de la información y técnicas de análisis de datos

Para el desarrollo de la presente investigación se empleará la encuesta como técnica principal de recolección de datos, debido a su capacidad para obtener información estructurada y comparable de una muestra significativa de actores, en consonancia con los objetivos del estudio. Esta metodología resulta idónea para estudios de factibilidad, ya que posibilita la obtención de datos cuantitativos sobre los hábitos de disposición de aceites de cocina usados, el nivel de conocimiento normativo, la disposición a participar en esquemas de recolección y las condiciones técnicas y logísticas vinculadas a la generación de este residuo.

El instrumento seleccionado será un cuestionario estructurado, administrado de manera presencial y/o virtual, conformado por preguntas cerradas de opción múltiple y escalas de frecuencia, diseñadas en coherencia con las variables e indicadores establecidos en el marco investigativo. El cuestionario estará organizado en bloques temáticos diferenciados según el perfil del actor encuestado: establecimientos gastronómicos, hogares urbanos e instituciones.

3.4 Análisis de información

El procesamiento y análisis de los datos recolectados mediante la técnica de encuesta se llevará a cabo empleando procedimientos de estadística descriptiva, con el objetivo de caracterizar el comportamiento de los principales generadores de aceites de cocina usados (ACUs) en la zona urbana del municipio de Ocaña. Dado que el enfoque metodológico del estudio es cuantitativo y descriptivo, los datos serán organizados, codificados y sistematizados para facilitar una interpretación objetiva y apoyar la toma de decisiones vinculadas a la viabilidad del proyecto empresarial.

En una primera fase, se realizará la depuración y validación de los datos mediante una revisión rigurosa orientada a identificar posibles inconsistencias, errores de diligenciamiento o registros incompletos. Posteriormente, la información será registrada en una base de datos diseñada en Microsoft Excel. El análisis consistirá en crear tablas de frecuencia, calcular porcentajes y determinar medidas de tendencia central, como la media, mediana y moda. Además, se realizarán comparaciones entre diferentes grupos de la población, como establecimientos, hogares e instituciones, cuando sea necesario. Los resultados se mostrarán a través de gráficos como histogramas, gráficos de barras y gráficos circulares, para que sean más fáciles de entender e interpretar.

3.5 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 3

Matriz de operacionalización de variables

Objetivo específico	Variable	Dimensión	Indicador	Técnica de recolección	Instrumento
Realizar un estudio de mercado para identificar la oferta y demanda de productos derivados del reciclaje de aceite de cocina usado	Oferta y demanda de productos reciclados	Tipos de productos, interés del consumidor, competencia local	Nivel de demanda percibida, número de competidores, intención de compra	Encuesta estructurada y revisión documental	Cuestionario, matriz de análisis de mercado
Identificar los insumos, mano de obra, maquinaria y equipos necesarios para el proceso de recolección y reciclaje de aceite de cocina usado mediante un estudio técnico	Requerimientos técnicos del proceso	Insumos, recursos humanos, maquinaria y procesos	Cantidad de insumos requeridos, disponibilidad de equipos, número de operarios	Entrevistas, visitas de campo y análisis técnico	Guía de entrevista, ficha técnica de recursos
Realizar un estudio legal para identificar la normatividad vigente aplicable al reciclaje de aceite de	Normatividad y estructura organizacional	Legislación aplicable, estructura interna,	Normas identificadas, organigrama	Análisis documental y	Ficha legal, matriz de normatividad

Objetivo específico	Variable	Dimensión	Indicador	Técnica de recolección	Instrumento
cocina usado y definir la estructura organizacional de la empresa mediante un estudio administrativo		roles organizacionales	propuesto, funciones asignadas	consulta a expertos	
Definir la estructura financiera necesaria para la viabilidad del proyecto, identificando ingresos, costos operativos y fuentes de financiamiento mediante un estudio financiero	Estructura financiera del proyecto	Ingresos estimados, costos, financiación	Relación ingresos-costos, fuentes de financiación identificadas	Análisis financiero y revisión documental	Modelo financiero en Excel, formato de costos
Determinar el impacto ambiental y social de la empresa recicladora de aceite de cocina usado, identificando medidas para mitigar los efectos negativos sobre los ecosistemas locales mediante un estudio socioambiental	Impacto ambiental y social del proyecto	Afectaciones ambientales, beneficios sociales, estrategias de mitigación	Número de impactos negativos identificados, estrategias de mitigación propuestas	Entrevistas, revisión documental y matrices de impacto	Guía de entrevista, matriz de evaluación ambiental y social

Capítulo 4. Resultados

4.1 Resultados de la encuesta

Con el propósito de comprender de manera amplia y detallada las dinámicas asociadas a la generación y manejo del Aceite de Cocina Usado en el municipio de Ocaña, se desarrollaron dos encuestas diferenciadas que permitieron abordar el fenómeno desde las perspectivas doméstica y comercial. Esta estrategia metodológica hizo posible observar tanto los comportamientos cotidianos de la ciudadanía como las prácticas operativas de los establecimientos gastronómicos, lo que en conjunto ofrece una lectura más completa del contexto en el que se proyecta implementar un servicio formal de recolección y acopio del residuo.

La primera encuesta estuvo dirigida a los hogares urbanos. Este grupo poblacional está conformado por 38.868 viviendas y, con un margen de error del 7 %, se estimó una muestra representativa compuesta por 195. El instrumento indagó por hábitos de consumo relacionados con la preparación de alimentos fritos, por la cantidad aproximada de aceite usado que se genera cada mes y por las prácticas de disposición final del residuo. También exploró el nivel de conocimiento sobre los efectos ambientales del vertimiento de aceites a los desagües y el grado de interés en vincularse a un programa doméstico de recolección.

La segunda encuesta se aplicó a los establecimientos gastronómicos registrados en el municipio, cuya población total asciende a quinientos cincuenta y seis negocios. A partir de este

universo y manteniendo el mismo margen de error del siete por ciento, se calculó una muestra de ciento cuarenta y siete establecimientos. En este caso, las preguntas se orientaron a identificar la frecuencia de uso del aceite en procesos de fritura, el volumen mensual generado, las prácticas de disposición actualmente utilizadas y el nivel de conocimiento normativo. El instrumento también evaluó la disposición de los establecimientos para participar en un servicio formal de recolección, incluyendo la posibilidad de firmar convenios de disposición responsable y de recibir incentivos por litro entregado.

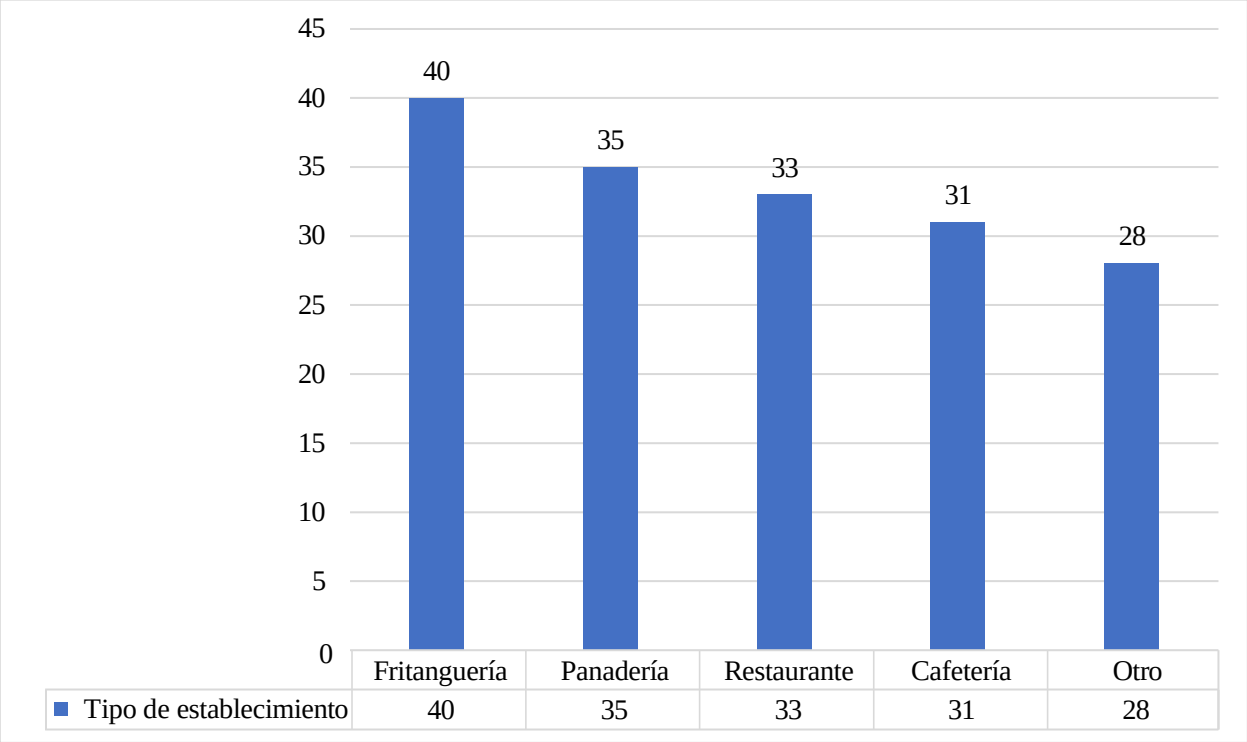
El análisis que se presenta a continuación interpreta de manera articulada los hallazgos de ambas encuestas. El objetivo es reconocer patrones, tendencias y oportunidades que permitan valorar la viabilidad social y operativa del proyecto, así como estimar el potencial real de recuperación de aceite usado en la ciudad. Esta doble perspectiva, que integra la dimensión doméstica y la dimensión comercial, ofrece un panorama más sólido para la toma de decisiones en el marco de un modelo de gestión ambiental basado en principios de economía circular.

4.1.1 Encuesta aplicada a establecimientos comerciales

El análisis de los establecimientos gastronómicos permite observar con claridad la manera en que el sector genera y gestiona el Aceite de Cocina Usado, así como el nivel de disposición que existe para incorporarse a un sistema formal de recolección. La encuesta aplicada a 147 negocios revela un panorama heterogéneo, aunque marcado por patrones comunes que permiten identificar tanto fortalezas como vacíos operativos en la gestión actual del residuo.

Figura 1

Tipo de establecimiento comercial



La distribución de los tipos de establecimientos gastronómicos revela un patrón que resulta especialmente significativo para comprender cómo se genera el Aceite de Cocina Usado en Ocaña y qué segmento del mercado ofrece mayor potencial para la operación del proyecto. Aunque a primera vista los valores se presentan de manera relativamente equilibrada, un examen más detenido permite identificar dinámicas internas que inciden directamente en la concentración del residuo, en la frecuencia de su generación y en la forma en que deberá diseñarse el sistema de recolección.

El grupo más numeroso corresponde a las fritanguerías, que representan 23,9 % de la muestra (40 establecimientos). Este dato no solo indica una mayor presencia de este tipo de negocio, sino que también sugiere que el volumen de ACU generado tiende a ser más alto y más

constante, dado que la fritura constituye la base de su actividad productiva. En términos operativos, este porcentaje convierte a las fritanguerías en el núcleo estratégico del sistema de recolección, pues subraya que una parte importante del aceite recuperable proviene de establecimientos que trabajan con altos ciclos térmicos y que sustituyen el aceite con mayor frecuencia debido al desgaste acelerado del producto.

Las panaderías y los restaurantes, con 21,0 % y 19,8 % respectivamente, conforman un segundo bloque de interés. Aunque no todas las panaderías realizan frituras intensivas, muchas preparaciones incluyen productos como buñuelos, deditos, empanadas o masas laminadas que requieren aceite. Esta actividad, sumada a la operación continua de estos establecimientos, contribuye a un flujo estable de residuo. En el caso de los restaurantes, la diversidad de preparaciones y la presencia de platos que requieren fritura parcial o complementaria explican su aporte sostenido. La combinación de ambos segmentos aporta una masa crítica adicional que refuerza la estabilidad de la oferta total de ACU en la ciudad.

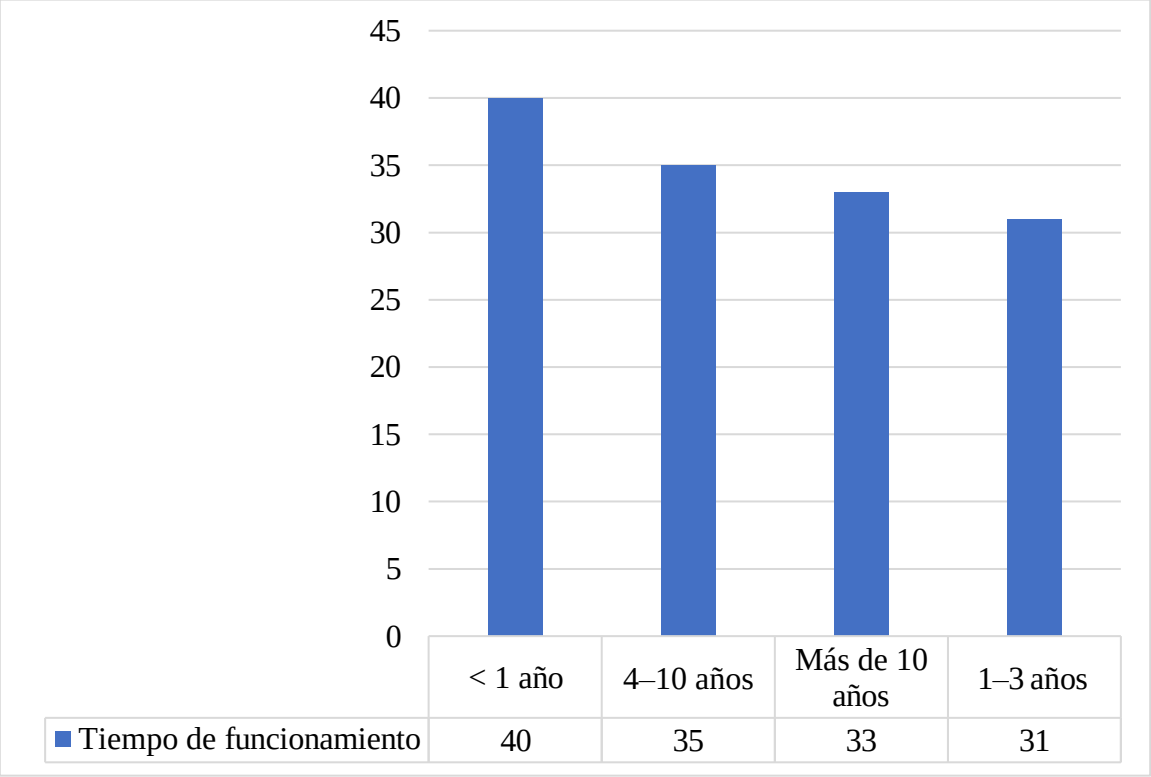
Las cafeterías, con 18,6 % de participación, muestran un comportamiento interesante. Aunque no son actores tradicionalmente asociados a un alto consumo de aceite, sí ofrecen productos de fritura rápida, especialmente en horarios de alta rotación, como desayunos o meriendas. Su incorporación en el sistema amplía la red de generadores y diversifica los puntos de acopio, contribuyendo a una oferta más distribuida espacialmente en la ciudad.

Finalmente, el grupo clasificado como otros, con 16,8 %, incluye establecimientos con modelos de negocio híbridos o emergentes. Su presencia resalta que la generación de ACU no se

concentra exclusivamente en categorías tradicionales, sino que también surge en formatos no convencionales de gastronomía urbana. Desde la perspectiva del proyecto, este grupo adquiere importancia porque permite anticipar nuevas formas de consumo y preparación que podrían incrementar la oferta del residuo en el mediano plazo.

Figura 2

Tiempo de funcionamiento



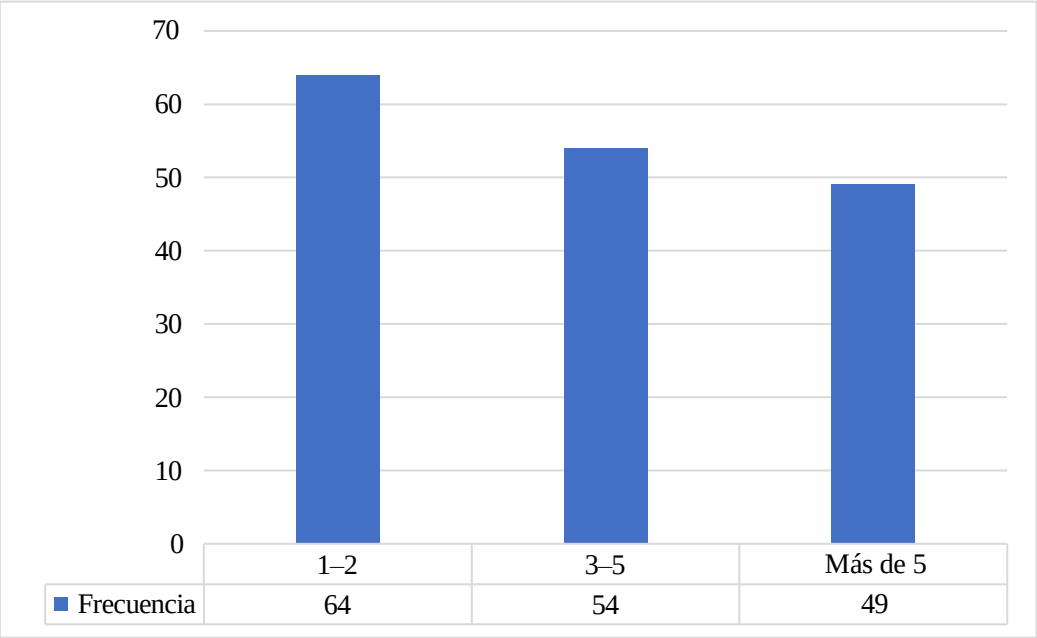
El análisis del tiempo de funcionamiento de los establecimientos permite observar una distribución relativamente equilibrada, aunque con un ligero predominio de negocios que llevan menos de un año en operación. Este grupo representa el 31 %, lo cual sugiere un escenario comercial dinámico donde surgen nuevos emprendimientos con frecuencia. Le siguen aquellos con entre 4 y 10 años de funcionamiento, que alcanzan el 27 % y evidencian un nivel de

consolidación intermedio, propio de negocios que han logrado mantenerse pese a las fluctuaciones económicas del entorno. Por su parte, el 22 % corresponde a establecimientos con más de 10 años, un indicador de estabilidad y permanencia que también refleja la existencia de actores tradicionalmente posicionados en el municipio. Finalmente, los negocios con 1 a 3 años representan el 20 %, un segmento que se encuentra en una etapa temprana de crecimiento y adaptación.

Al interpretar esta distribución, se aprecia que el mercado local combina emprendimientos recientes con negocios que ya han superado sus primeros ciclos de maduración. Esta mezcla favorece la creación de oportunidades para la recolección de Aceite de Cocina Usado, ya que la presencia de establecimientos nuevos incrementa la demanda potencial de servicios ambientales, mientras que aquellos con mayor trayectoria suelen tener prácticas más estables y volúmenes de operación más predecibles. En conjunto, los datos sugieren un entorno comercial activo y diverso, donde la propuesta de gestión del ACU podría insertarse con relativa facilidad si se adapta a las necesidades particulares de cada segmento.

Figura 3

Número de empleados

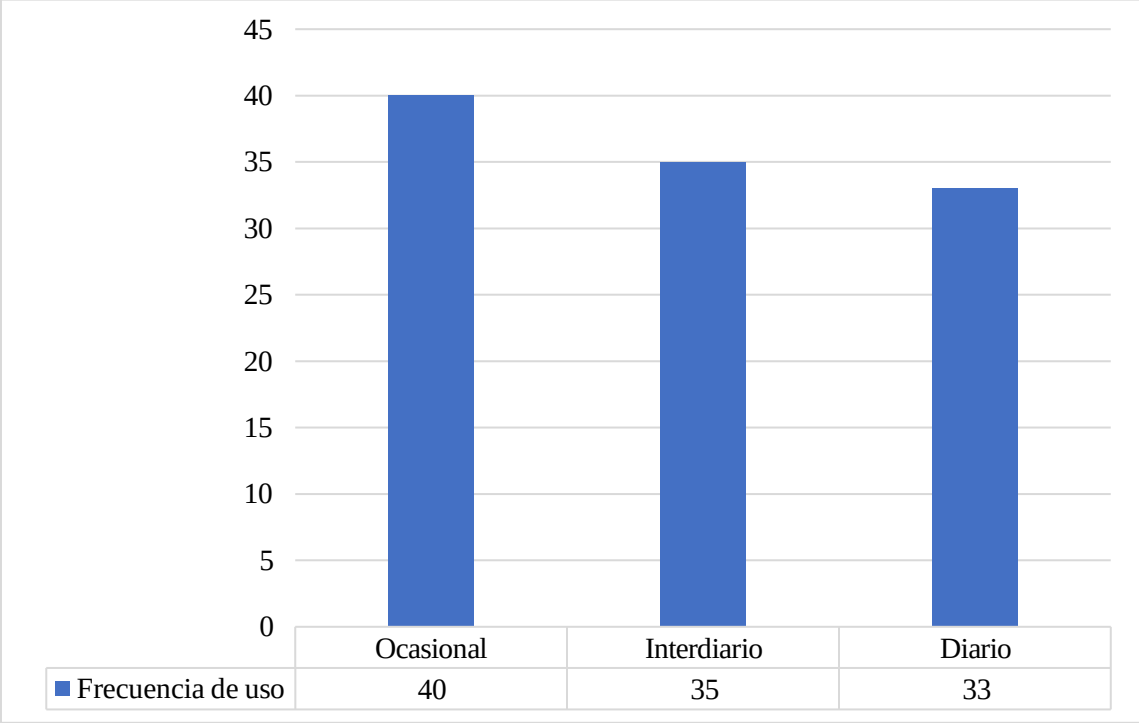


El número de empleados muestra una distribución que refleja la estructura típica de los establecimientos gastronómicos y comerciales del municipio. El grupo más frecuente es el de negocios con entre 1 y 2 trabajadores, que reúne 64 establecimientos, lo cual sugiere una presencia considerable de unidades pequeñas, muchas veces de carácter familiar o con operaciones básicas. En segundo lugar aparecen los establecimientos que cuentan con entre 3 y 5 empleados, con 54 casos registrados, un indicador de negocios que empiezan a ampliar su capacidad operativa y requieren mayor soporte en cocina, atención o logística. Finalmente, 49 establecimientos reportan más de 5 empleados, lo que evidencia la existencia de unidades más estructuradas, probablemente con un flujo de clientes más alto y con necesidades organizativas más complejas.

Al interpretar este comportamiento, se percibe un tejido empresarial diverso, donde predominan las microempresas, aunque conviven con establecimientos medianos que ya demandan procesos más formales de gestión. Este escenario resulta favorable para un programa de recolección de Aceite de Cocina Usado, pues los negocios pequeños generan volúmenes menores pero constantes, mientras que los de mayor tamaño pueden aportar cantidades más significativas y requieren soluciones más estables. En conjunto, la distribución evidencia un mercado heterogéneo que permitiría desarrollar rutas de recolección adaptadas a distintos niveles de producción.

Figura 4

Frecuencia de uso de aceite



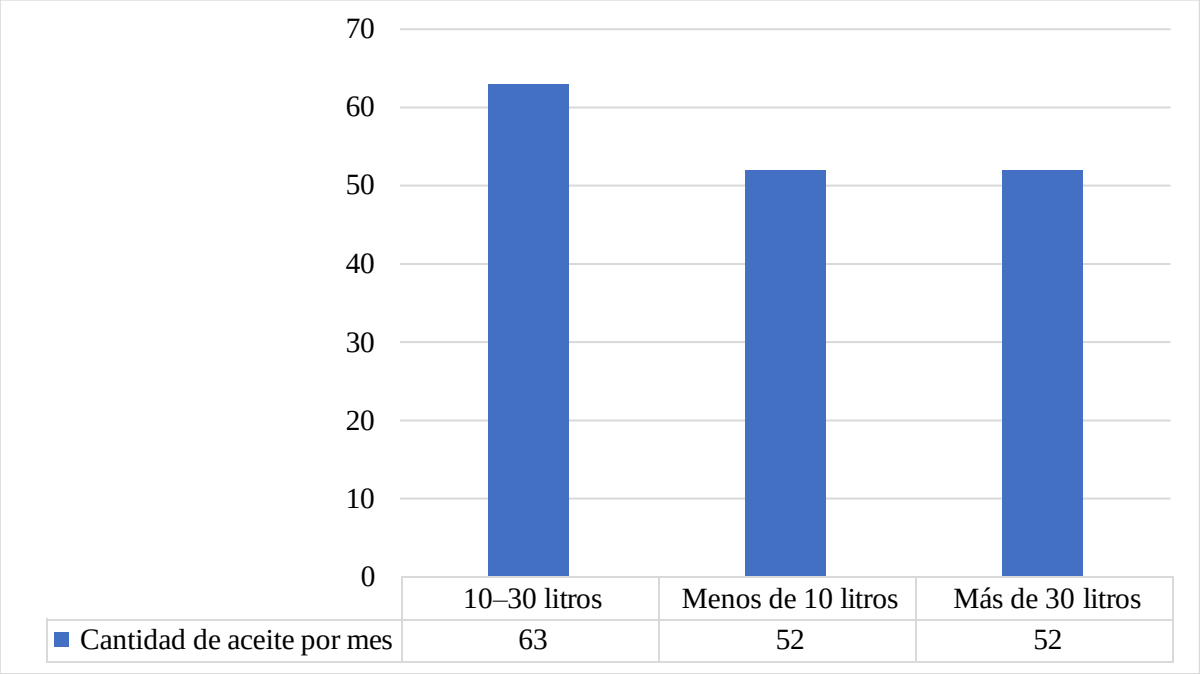
La frecuencia de uso de aceite muestra un comportamiento relativamente equilibrado, aunque con una ligera inclinación hacia el consumo ocasional. En este grupo se ubicaron 40 establecimientos, lo que sugiere que buena parte de los negocios emplea aceite solo en

determinados momentos o para preparaciones específicas. Le sigue el uso interdiario, con 35 establecimientos, que corresponde a unidades donde la actividad culinaria es más constante y requiere un suministro periódico, aunque no intensivo. Finalmente, el uso diario aparece en 33 establecimientos, un número que evidencia la presencia de locales con alta rotación de frituras o preparaciones que dependen de manera permanente del aceite.

Al interpretar estos datos, se observa un panorama heterogéneo en cuanto a volumen potencial de generación de Aceite de Cocina Usado. Los establecimientos con consumo ocasional producirán cantidades más variables, mientras que aquellos que utilizan aceite de forma interdiaria o diaria tienden a generar volúmenes más estables, lo que facilita la programación de rutas y acuerdos de recolección. En conjunto, esta distribución sugiere que la oferta de ACU en el municipio proviene tanto de negocios con procesos culinarios esporádicos como de otros con operaciones más intensivas, un escenario que puede adaptarse bien a un modelo flexible de gestión y acopio.

Figura 5

Cantidad de aceite usado por mes



La cantidad de aceite usado por mes presenta una distribución que permite apreciar tres grupos relativamente equilibrados, aunque con una ligera concentración en el rango intermedio. El segmento más frecuente corresponde a los establecimientos que generan entre 10 y 30 litros mensuales, con 63 casos registrados. Esta categoría refleja negocios que, sin ser altamente intensivos en frituras, sí mantienen una producción constante que se traduce en volúmenes significativos de Aceite de Cocina Usado.

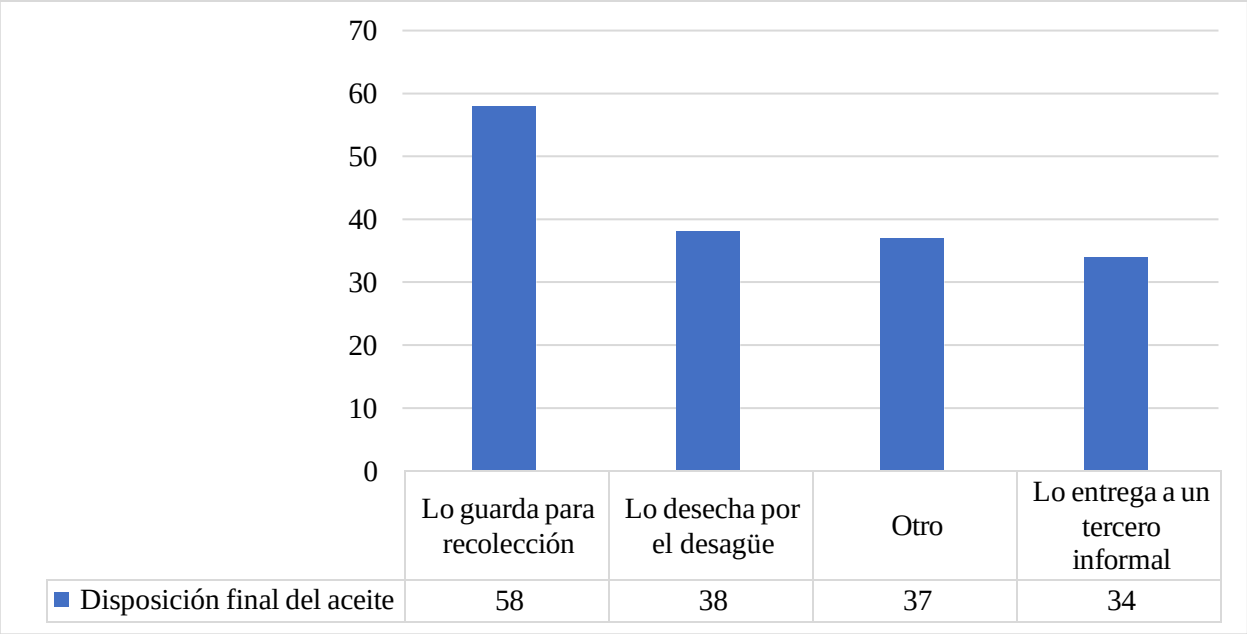
En los otros dos grupos se observa un comportamiento muy similar. Tanto los establecimientos que producen menos de 10 litros al mes como aquellos que superan los 30 litros registran 52 casos cada uno. El primer grupo agrupa unidades con dinámica culinaria más reducida o con menor dependencia del aceite como insumo, mientras que el segundo representa

negocios con alta actividad gastronómica, donde el uso del aceite es permanente y produce volúmenes relevantes para un programa de recolección.

Al interpretar este panorama, se percibe un mercado heterogéneo que combina generadores pequeños, medianos y grandes. Esta diversidad puede resultar favorable para el diseño de rutas de recolección ajustadas a distintos niveles de producción, ya que permite planificar frecuencias diferenciadas y optimizar la logística. En términos generales, la presencia equilibrada de estos tres segmentos indica un entorno con capacidad suficiente para sostener un sistema de acopio continuo y estable.

Figura 6

Disposición final del aceite



La disposición final del aceite revela prácticas diversas entre los establecimientos, aunque con una tendencia alentadora hacia el almacenamiento para recolección formal. En este grupo se encuentran 58 establecimientos, lo que indica un nivel importante de conciencia ambiental o, al

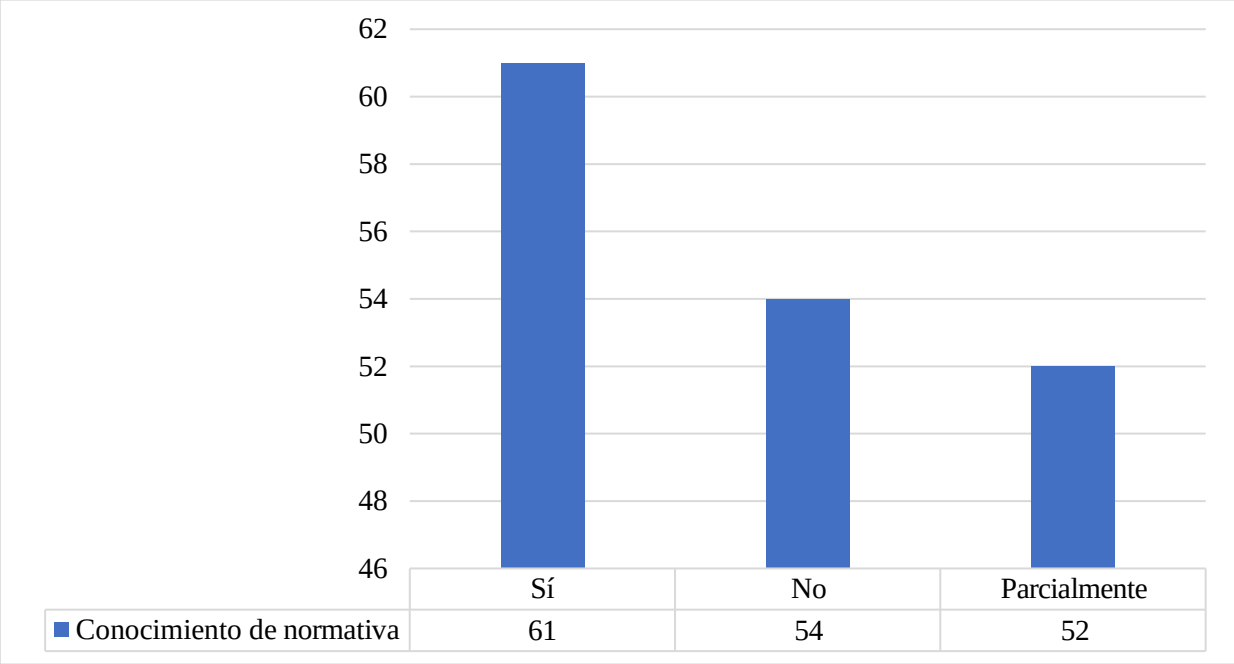
menos, de reconocimiento de que el aceite usado debe manejarse de manera diferenciada. Esta práctica constituye un punto de partida favorable para la implementación de un sistema organizado de recolección.

Sin embargo, una proporción considerable aún recurre a prácticas inadecuadas o poco reguladas. Un total de 38 establecimientos reporta desechar el aceite directamente por el desagüe, una acción que sigue siendo habitual pese a los riesgos ambientales y operativos que representa. De manera similar, 34 establecimientos entregan el aceite a terceros informales, una alternativa que, aunque evita su vertimiento, mantiene la actividad fuera de los canales de gestión autorizados y limita la trazabilidad del residuo. Finalmente, 37 establecimientos agrupan otras formas de disposición, que pueden incluir desde almacenamiento temporal hasta entregas esporádicas sin un esquema definido.

Al interpretar este conjunto de prácticas, se observa un escenario mixto. Por un lado, existe una base significativa de establecimientos dispuestos a manejar el aceite de forma responsable, lo que favorece la consolidación de un sistema formal de acopio. Por otro lado, persisten hábitos que sugieren la necesidad de campañas educativas y de acompañamiento para promover la transición hacia prácticas más sostenibles. En general, la distribución evidencia tanto un potencial claro para la recolección organizada como desafíos asociados a la informalidad y a la falta de información.

Figura 7

Conocimiento de normativa ambiental



El conocimiento de la normativa ambiental muestra una distribución que, aunque no es totalmente homogénea, permite reconocer un nivel de información relativamente favorable entre los establecimientos. El grupo más numeroso corresponde a quienes afirmaron conocer la normativa, con 61 casos. Esta respuesta sugiere que una parte importante de los negocios tiene alguna familiaridad con las disposiciones que regulan el manejo adecuado de residuos como el Aceite de Cocina Usado, lo cual puede facilitar la adopción de prácticas formales de gestión.

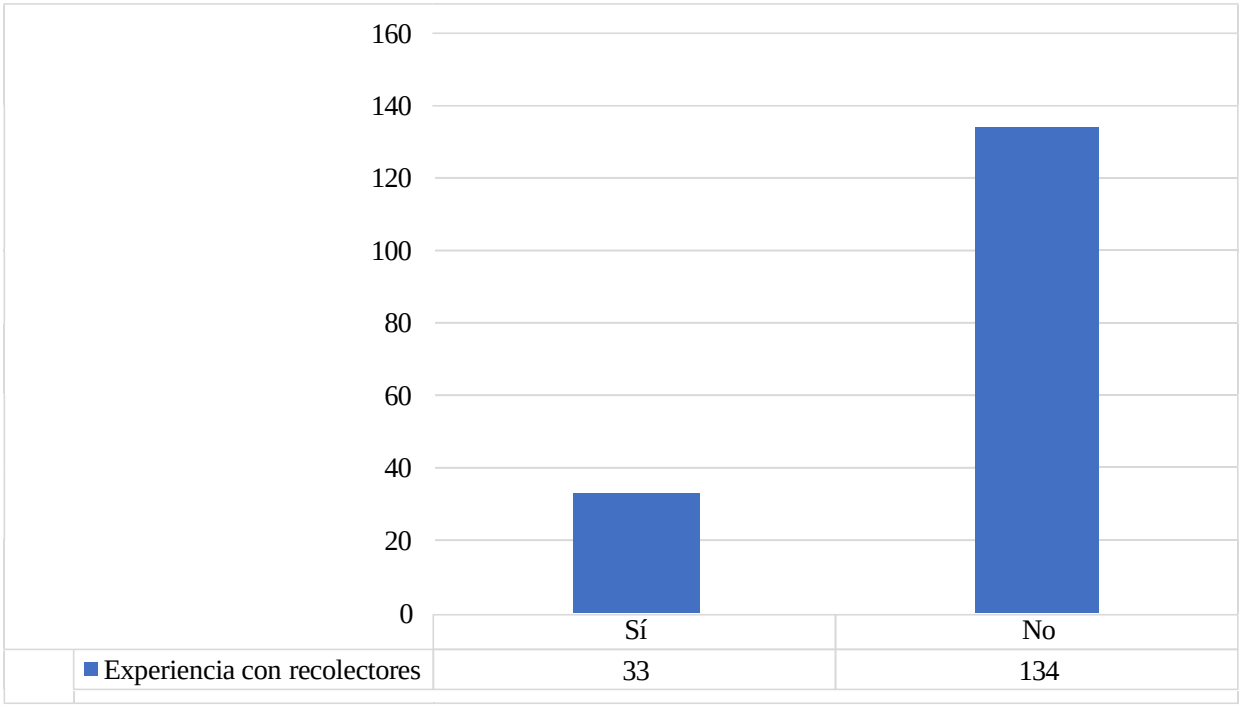
En contraste, 54 establecimientos señalaron no conocer la normativa, un número considerable que evidencia vacíos de información y posibles dificultades para el cumplimiento de los lineamientos ambientales. De manera muy cercana se encuentra el grupo que manifestó conocerla parcialmente, con 52 casos. Este segmento resulta especialmente relevante porque

suele agrupar a negocios que tienen nociones generales, pero carecen de elementos específicos para aplicar la norma de manera correcta.

Al interpretar estos resultados, se observa un escenario equilibrado en el que coexisten establecimientos informados con otros que aún requieren procesos de sensibilización y acompañamiento. La presencia de un número significativo de negocios con desconocimiento total o parcial indica que, para consolidar un sistema formal de recolección y disposición del aceite, será necesario fortalecer la difusión de la normativa ambiental y promover acciones educativas que permitan cerrar esas brechas de información.

Figura 8

Experiencia previa con recolectores de aceite



La experiencia previa con recolectores de aceite muestra una marcada asimetría entre los establecimientos encuestados. Únicamente 33 negocios señalaron haber tenido contacto o algún

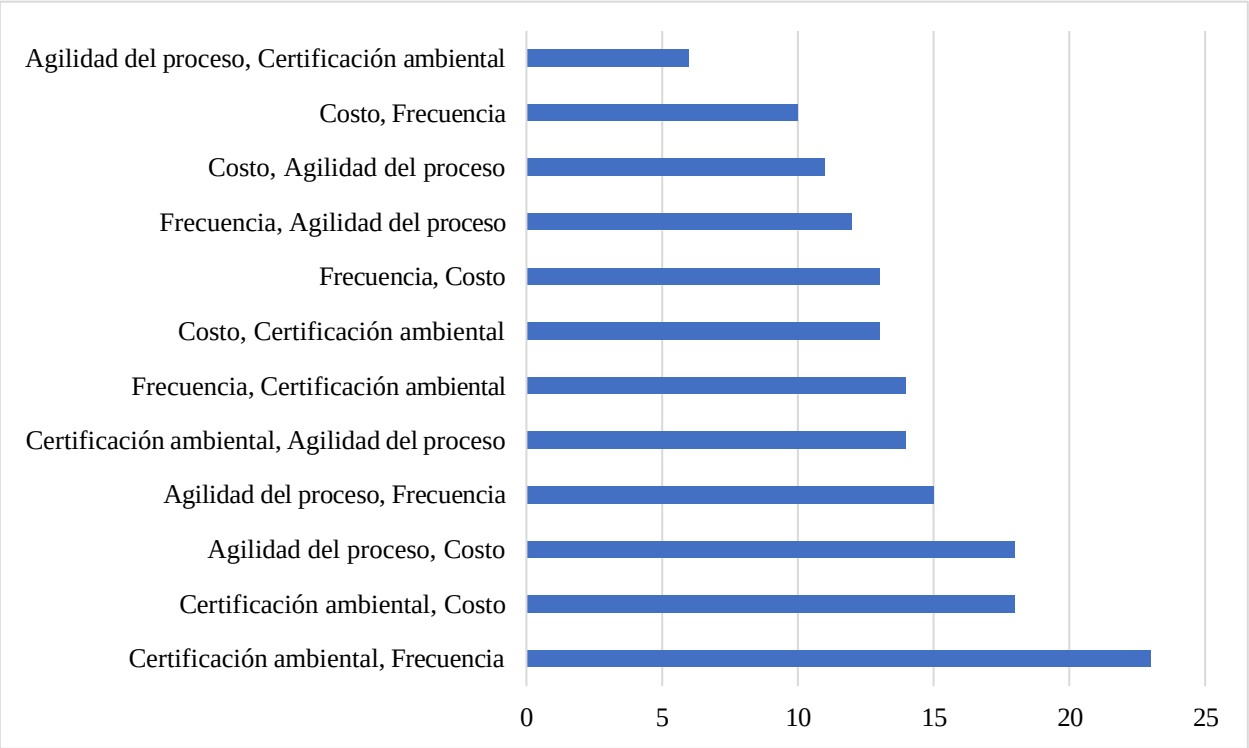
tipo de relación con un gestor de Aceite de Cocina Usado, mientras que 134 afirmaron no haber contado nunca con este servicio. Esta diferencia tan amplia evidencia que, en el municipio, la presencia de programas formales de recolección ha sido limitada o, al menos, no ha logrado consolidarse como una práctica habitual dentro del sector gastronómico y comercial.

Al analizar este comportamiento, se percibe un escenario con un alto potencial de inserción, precisamente porque la mayoría de los establecimientos no ha tenido experiencias previas. Esta ausencia de servicios estructurados puede convertirse en una oportunidad para introducir un modelo de gestión más confiable, continuo y visible. Asimismo, el hecho de que solo una minoría haya tenido contacto con recolectores sugiere que las iniciativas existentes pueden ser informales, esporádicas o poco conocidas.

En conjunto, los datos indican que el mercado local se encuentra en una etapa temprana respecto al manejo del ACU, lo que abre un espacio significativo para implementar un sistema de recolección que genere confianza, cubra la demanda actual y contribuya a transformar hábitos de disposición que aún se mantienen dispersos o poco regulados.

Figura 9

Factores más valorados



La valoración de los factores asociados al servicio de recolección de aceite permite identificar cuáles elementos resultan más determinantes para los establecimientos al momento de elegir un gestor. El patrón más destacado corresponde a la combinación de certificación ambiental y frecuencia de recolección, que alcanza el valor más alto con 23 menciones. Esto sugiere que los negocios otorgan gran importancia a contar con un servicio que garantice el cumplimiento de la normativa ambiental y que, además, opere con regularidad, evitando acumulaciones o retrasos que puedan afectar sus actividades.

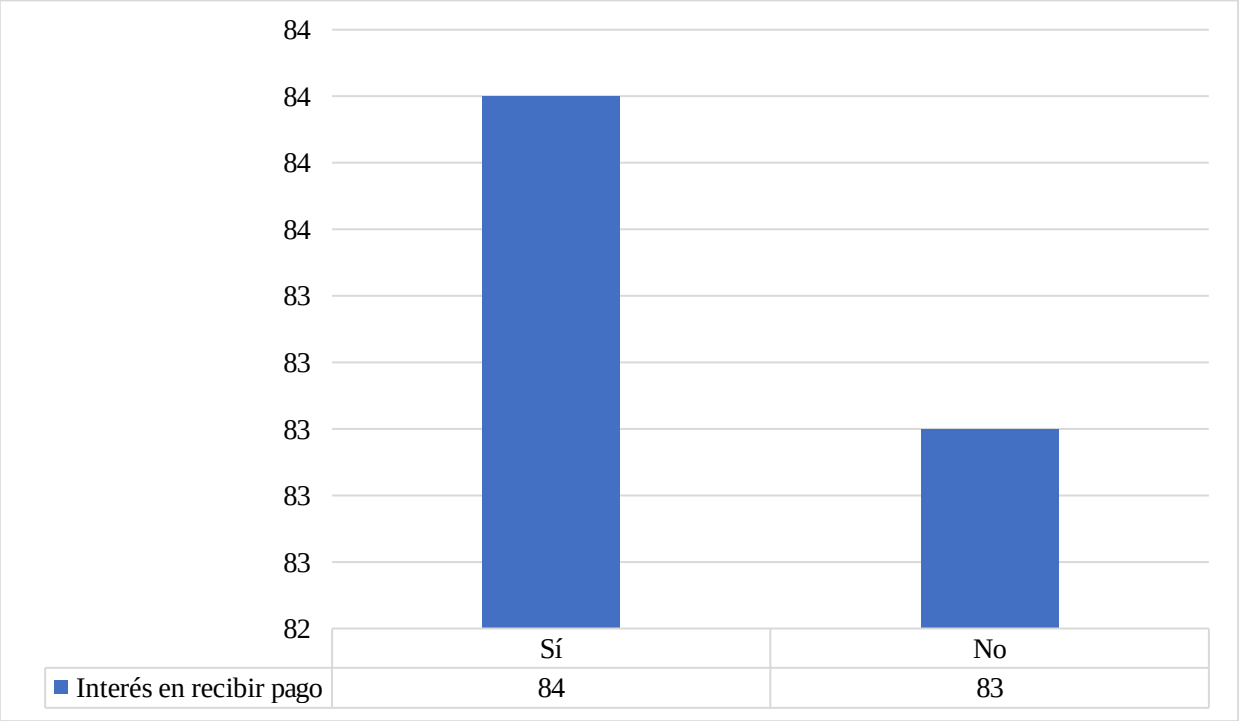
En un segundo nivel aparecen combinaciones donde la certificación ambiental sigue ocupando un lugar central, acompañada de factores como el costo o la agilidad del proceso. Estas preferencias indican que los establecimientos valoran la formalidad y la trazabilidad del servicio,

pero también esperan que sea accesible económicamente y que no genere interrupciones en su operación diaria. De manera similar, otras combinaciones que incluyen la frecuencia y la agilidad del proceso muestran que la eficiencia en la recolección es un componente clave para la toma de decisiones.

Los factores menos mencionados corresponden a combinaciones donde la agilidad del proceso aparece sin la certificación ambiental o con menor relación con la frecuencia, lo cual evidencia que, aunque la rapidez es apreciada, no constituye un criterio prioritario si no está acompañada por garantías ambientales o por un esquema de recolección constante.

Figura 10

Interés en recibir pago

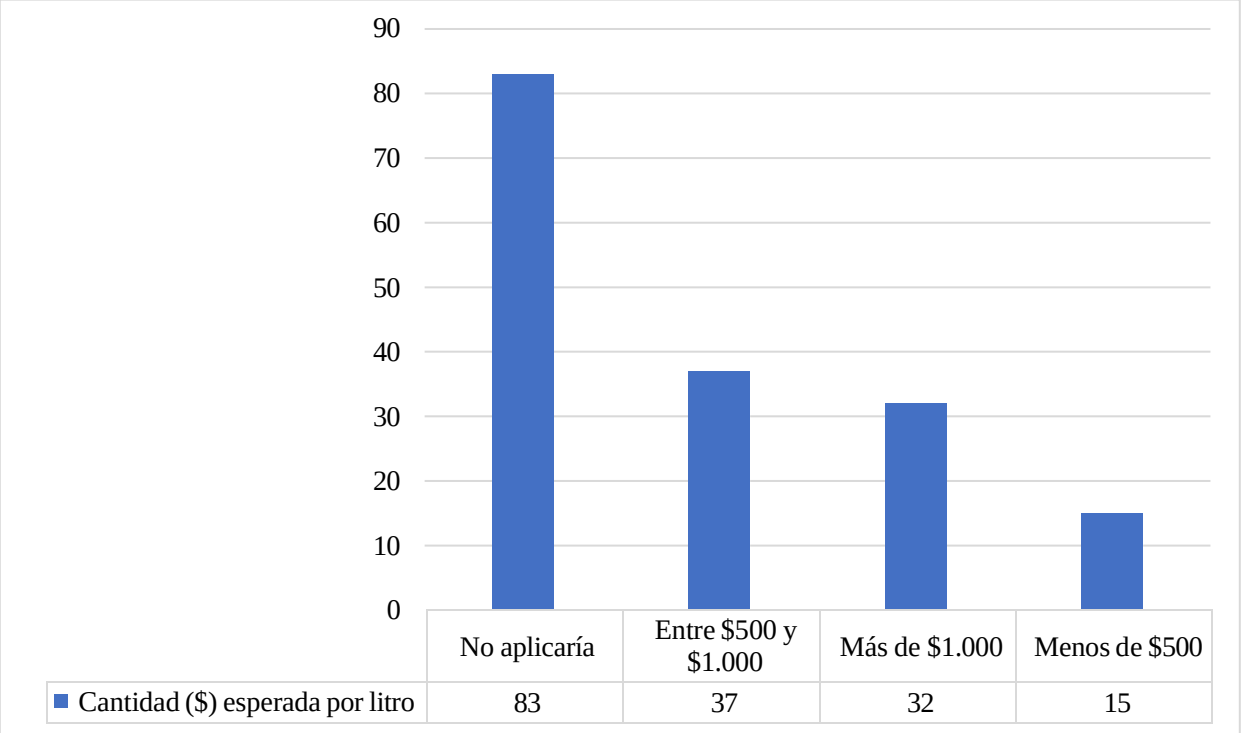


El interés en recibir un pago por la entrega del aceite usado muestra una distribución casi equilibrada, aunque con una ligera inclinación hacia quienes sí desean algún tipo de compensación económica. Un total de 84 establecimientos manifestó estar interesados en recibir pago, lo que evidencia que, para una parte significativa de los negocios, el aceite usado es percibido como un residuo con valor comercial y no simplemente como un desecho sin utilidad. Esta disposición podría facilitar la negociación con posibles gestores, siempre que las condiciones económicas sean claras y coherentes con el mercado.

Por otro lado, 83 establecimientos indicaron no estar interesados en recibir un pago. Esta respuesta puede interpretarse desde varias perspectivas. Para algunos negocios, el valor principal puede encontrarse en disponer del residuo de forma adecuada y sin generar costos adicionales, mientras que para otros la prioridad podría estar en la rapidez o la regularidad del servicio antes que en el incentivo económico. Incluso es posible que algunos establecimientos hayan respondido desde un lugar de desconocimiento del mercado, sin tener claridad sobre las prácticas actuales de compensación.

Figura 11

Cantidad ($) esperada por litro



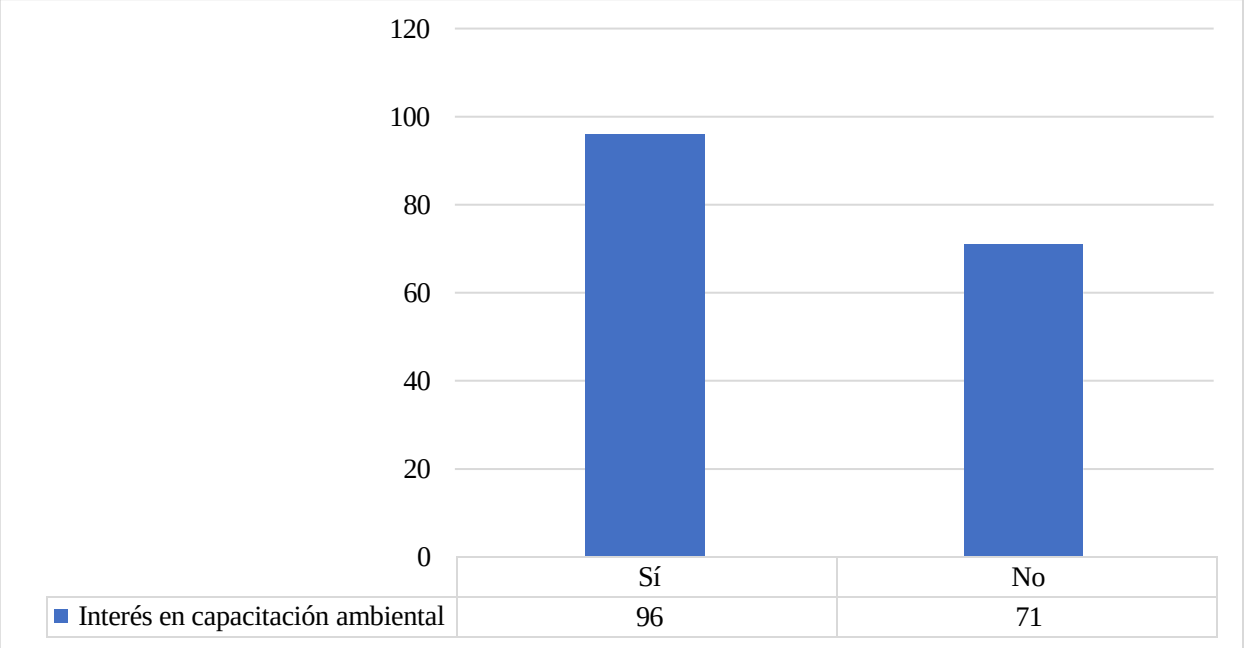
La cantidad de pago esperada por litro de aceite usado muestra una tendencia clara hacia la no exigencia de compensación económica. Un total de 83 establecimientos indicó que el pago "no aplicaría", lo que coincide con los resultados anteriores donde una proporción similar manifestó no requerir incentivos monetarios para entregar el residuo. Este comportamiento sugiere que, para una parte considerable de los negocios, la prioridad está en deshacerse del aceite de manera adecuada y en contar con un servicio confiable, más que en obtener un ingreso adicional.

En los otros rangos aparecen distribuciones más moderadas. Un grupo de 37 establecimientos expresó que esperaría un pago entre $500 y $1.000 por litro, lo que puede interpretarse como una valoración moderada del residuo, coherente con los precios de compra

que manejan algunos gestores en otros municipios. Por su parte, 32 establecimientos señalaron que aceptarían más de $1.000 por litro, una expectativa más alta que podría estar influenciada por percepciones informales del mercado o por experiencias previas aisladas. Finalmente, 15 negocios indicaron estar dispuestos a recibir menos de $500, un valor que generalmente se asocia a prácticas muy iniciales o a la disposición a colaborar con el programa sin esperar una retribución significativa.

Figura 12

Interés en capacitación ambiental



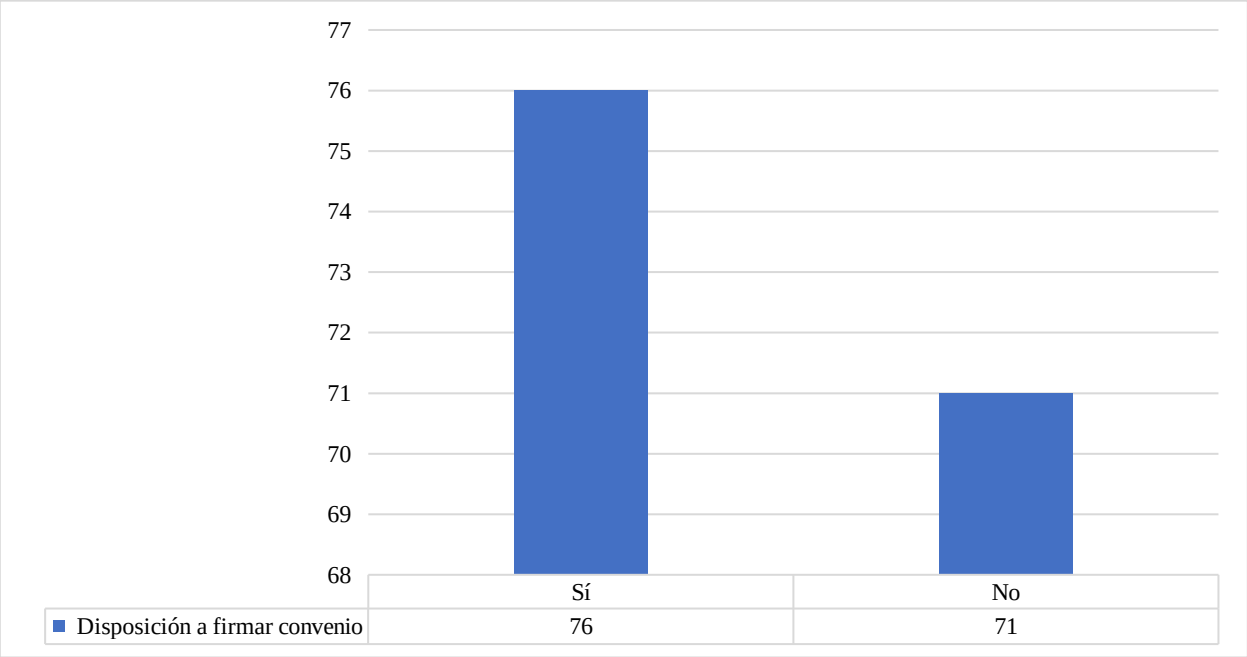
El interés en recibir capacitación ambiental presenta una inclinación marcada hacia la disposición a participar en procesos formativos. Un total de 96 establecimientos manifestó estar interesado en recibir capacitación, lo que sugiere que existe una apertura significativa para fortalecer conocimientos sobre el manejo adecuado del Aceite de Cocina Usado y, en general, sobre prácticas sostenibles dentro de la operación diaria. Esta respuesta indica que muchos

negocios reconocen la necesidad de contar con información más clara y actualizada para cumplir con la normativa y mejorar sus procesos internos.

Por otro lado, 71 establecimientos señalaron no estar interesados en recibir capacitación. Esta respuesta puede deberse a distintos motivos, desde la percepción de no tener tiempo disponible hasta la creencia de que ya poseen el conocimiento suficiente, o incluso la falta de conciencia sobre la importancia del tema. En algunos casos, también puede reflejar desconfianza hacia procesos externos o la idea de que la capacitación no aporta beneficios directos e inmediatos.

Figura 13

Disposición a firmar convenio



La disposición a firmar un convenio para la recolección de aceite usado muestra una diferencia moderada entre quienes aceptarían formalizar el proceso y quienes no lo harían. Un

total de 76 establecimientos manifestó estar dispuesto a firmar un convenio, una respuesta que evidencia apertura hacia la formalización del servicio y hacia la adopción de prácticas más estructuradas y permanentes. Este grupo representa un segmento importante que podría facilitar la consolidación del modelo de gestión, ya que la firma de convenios permite garantizar continuidad, programar rutas y asegurar el cumplimiento mutuo de compromisos.

Por otra parte, 71 establecimientos señalaron que no firmarían un convenio. Esta posición puede tener múltiples explicaciones. Algunos negocios podrían percibir la formalización como un compromiso rígido o innecesario, otros pueden desconfiar de acuerdos escritos, especialmente si no han tenido experiencias previas con gestores formales, y también es posible que algunos prefieran mantener flexibilidad para decidir a quién entregar el aceite según conveniencia.

Estos resultados revelan un escenario donde la formalización es viable, aunque no completamente asegurada. La cercanía numérica entre ambos grupos sugiere que, para lograr una mayor aceptación, será necesario acompañar la propuesta con explicaciones claras sobre los beneficios del convenio, la transparencia de los procesos y las garantías ofrecidas por el servicio. La firma de convenios no solo ordena la relación con los establecimientos, sino que también contribuye a construir confianza y estabilidad en la cadena de gestión del aceite usado.

4.1.2 Encuesta aplicada a hogares

La encuesta dirigida a los hogares tuvo como propósito comprender, desde una perspectiva más cercana al entorno doméstico, los hábitos de consumo, las prácticas de disposición del aceite de cocina usado y el nivel de conocimiento ambiental asociado a este residuo. Aunque la generación de aceite en los hogares es menor en comparación con los establecimientos comerciales, su presencia es constante y acumulativa, y por ello constituye un componente importante dentro de la caracterización general del mercado del ACU en el municipio.

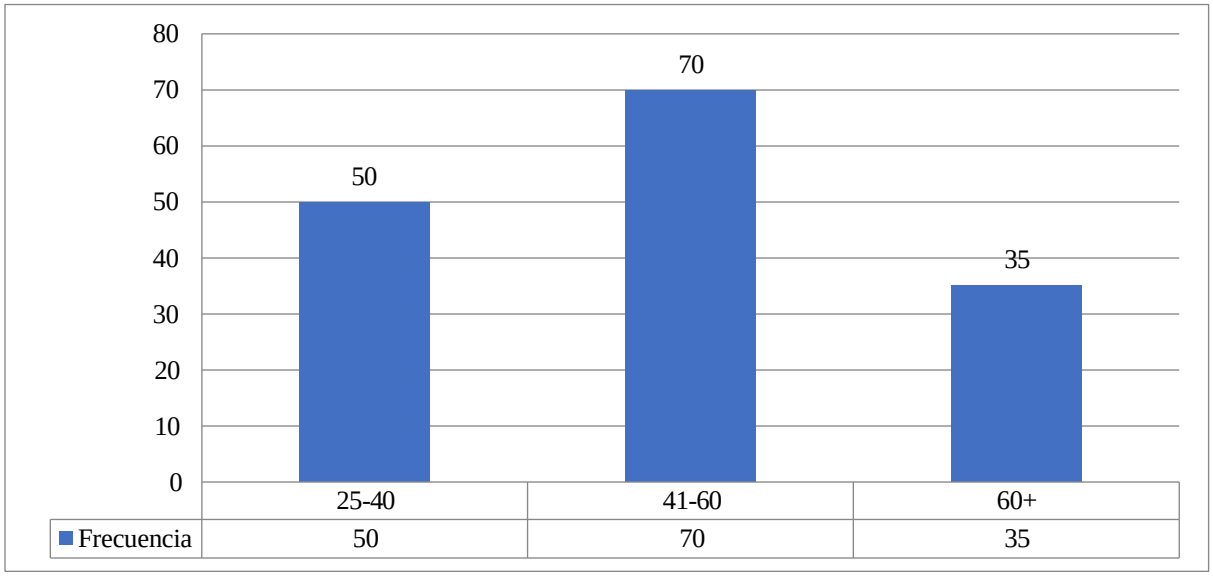
Este instrumento se diseñó para obtener información detallada sobre las características demográficas básicas del hogar, sus patrones de uso del aceite en la preparación de alimentos, el modo en que gestionan el residuo y la disposición que tendrían para vincularse a un programa formal de recolección. A partir de estas preguntas era posible identificar tanto los comportamientos arraigados como las oportunidades de mejora, teniendo en cuenta que la disposición inadecuada del aceite suele originarse en prácticas cotidianas que pasan desapercibidas, pero que generan impactos ambientales significativos.

La encuesta también incorporó preguntas orientadas a conocer el nivel de sensibilización ambiental existente en la población y a explorar la aceptación de posibles incentivos o mecanismos de recolección domiciliaria. Esta información permite observar, con mayor precisión, los factores que podrían facilitar la implementación de un programa de gestión del

aceite usado en el ámbito residencial y, al mismo tiempo, reconocer las barreras que aún persisten para su adopción.

Figura 14

Edad de los encuestados

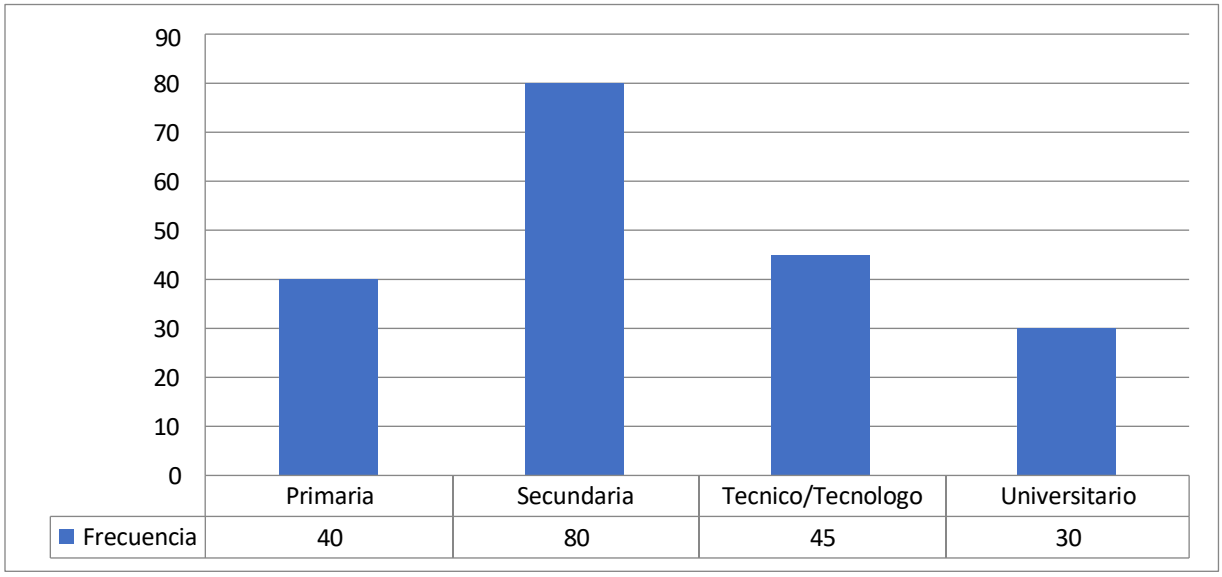


La distribución etaria evidencia que la mayoría de los encuestados se encuentra entre los 41 y 60 años, un grupo que suele representar a los jefes de hogar con mayor estabilidad económica y con trayectorias prolongadas en la administración doméstica. Este dato no es menor, porque su experiencia acumulada influye en las decisiones cotidianas, incluida la manera como gestionan los residuos generados en el hogar. La presencia de 50 personas entre los 25 y 40 años refleja un segmento más joven, generalmente asociado a dinámicas familiares en formación, con hábitos de consumo más flexibles, pero también con mayor exposición a mensajes ambientales contemporáneos. Por su parte, los 35 encuestados mayores de 60 años representan hogares donde predominan prácticas tradicionales y, en ocasiones, una menor adopción de nuevas prácticas ambientales. Esta composición diversa en edades permite anticipar diferencias

significativas en las percepciones, capacidades y motivaciones relacionadas con la recolección de aceite usado.

Figura 15

Nivel educativo de los encuestados

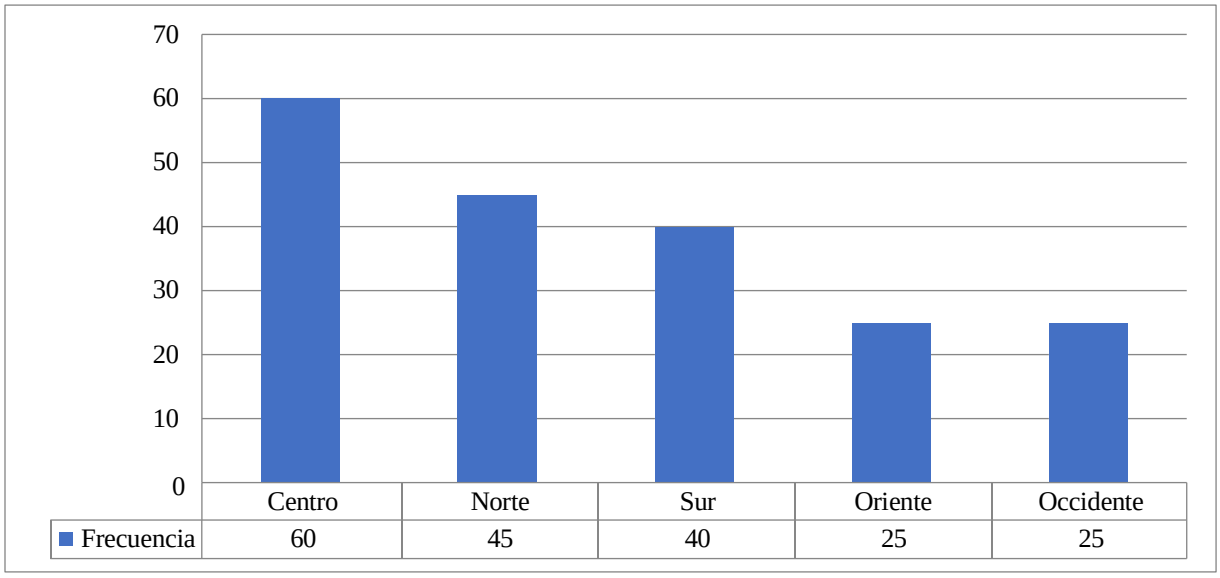


La distribución etaria evidencia que la mayoría de los encuestados se encuentra entre los 41 y 60 años, un grupo que suele representar a los jefes de hogar con mayor estabilidad económica y con trayectorias prolongadas en la administración doméstica. Este dato no es menor, porque su experiencia acumulada influye en las decisiones cotidianas, incluida la manera como gestionan los residuos generados en el hogar. La presencia de 50 personas entre los 25 y 40 años refleja un segmento más joven, generalmente asociado a dinámicas familiares en formación, con hábitos de consumo más flexibles pero también con mayor exposición a mensajes ambientales contemporáneos. Por su parte, los 35 encuestados mayores de 60 años representan hogares donde predominan prácticas tradicionales y, en ocasiones, una menor adopción de

nuevas prácticas ambientales. Esta composición diversa en edades permite anticipar diferencias significativas en las percepciones, capacidades y motivaciones relacionadas con la recolección de aceite usado.

Figura 16

Zona de residencia

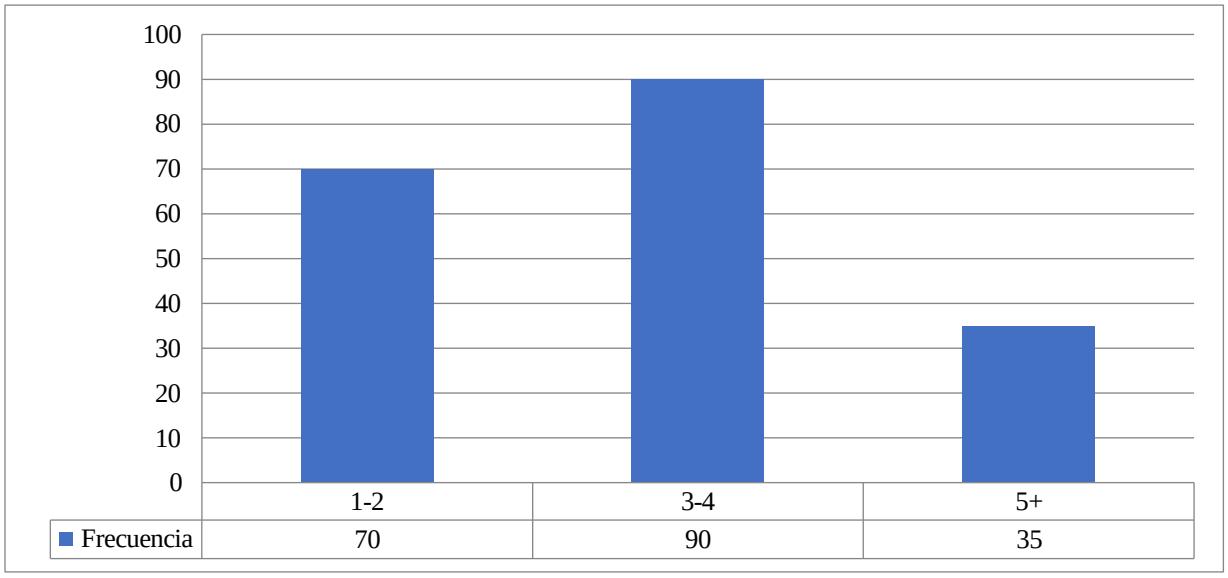


El hecho de que la mayor parte de los encuestados se ubique en el centro, con 60 personas, coincide con la mayor densidad urbana, donde las dinámicas residenciales y comerciales suelen entrelazarse. Esta zona puede convertirse en un punto estratégico para iniciar programas piloto de recolección por su accesibilidad y concentración. En las zonas norte y sur se observa una participación equilibrada, 45 y 40 hogares respectivamente, lo que sugiere sectores residenciales consolidados, con características socioeconómicas diversas. Oriente y Occidente, con 25 hogares cada uno, podrían representar zonas de menor participación ciudadana o menor densidad poblacional. Esta distribución territorial permite anticipar retos específicos: en las

zonas centrales se requerirá regularidad y eficiencia logística, mientras que en las zonas periféricas puede ser necesario fortalecer la comunicación y la disponibilidad del servicio para lograr una participación más amplia.

Figura 17

Número de personas en el hogar

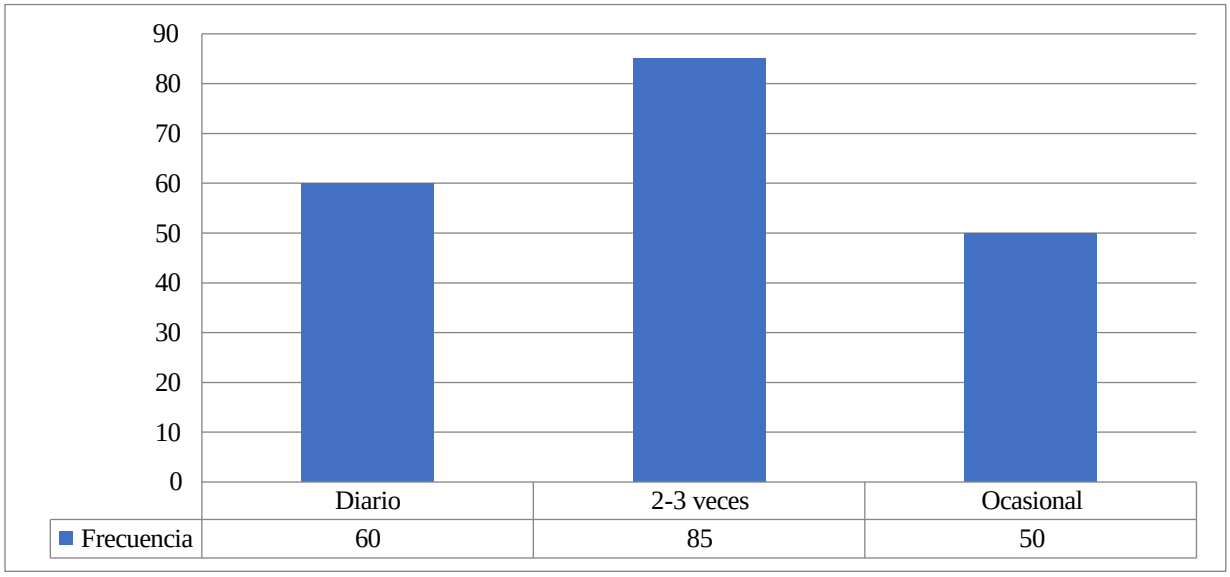


El tamaño de los hogares refleja comportamientos potencialmente asociados a la generación de aceite. La mayor parte de ellos, 90 hogares con entre 3 y 4 integrantes, probablemente dispone de una actividad culinaria más frecuente en la semana, lo que implica un volumen mayor y más constante de generación de ACU. Los hogares pequeños, con 70 registros, suelen consumir menos aceite, pero también pueden mostrar hábitos arraigados en la disposición. En el caso de los hogares con 5 o más miembros, 35 en total, es común que la preparación de alimentos sea más constante y volumétrica, lo que incrementa la cantidad de aceite usado.

Entender la estructura familiar es clave para determinar la periodicidad adecuada de la recolección, así como para identificar sectores con mayor potencial de generación del residuo.

Figura 18

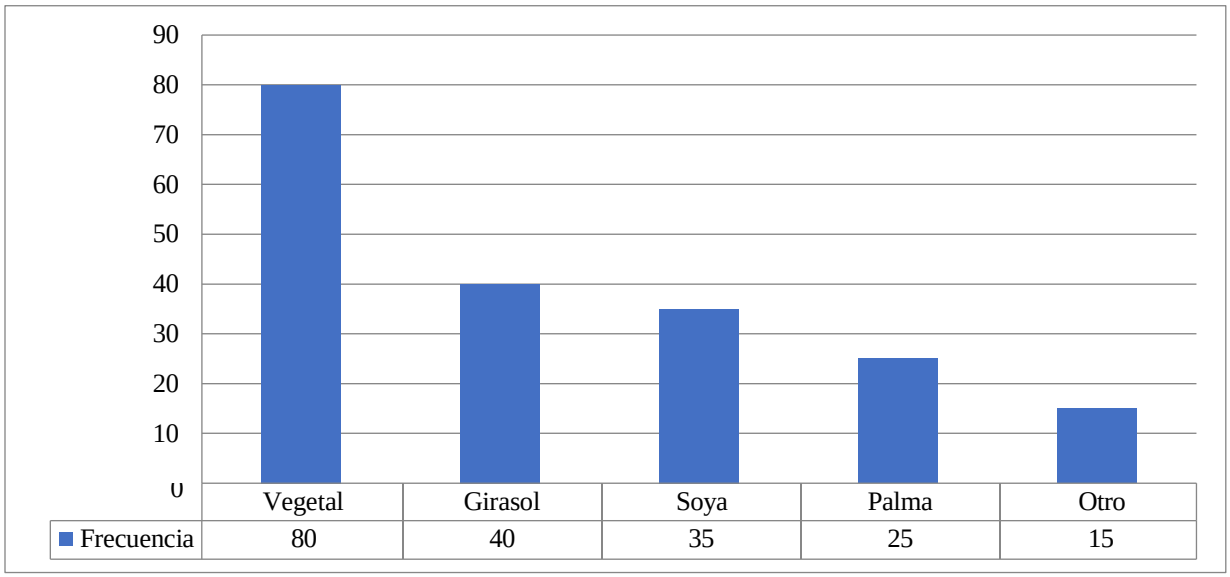
Frecuencia de preparación de alimentos fritos



La alta frecuencia de preparación de fritos en el rango de 2 a 3 veces por semana, con 85 hogares, reafirma la relevancia de este residuo en la dinámica doméstica. La presencia de 60 hogares que cocinan fritos diariamente revela un grupo significativo con un consumo intensivo, que puede convertirse en un aliado clave para garantizar un abastecimiento constante de ACU. Al mismo tiempo, los 50 hogares con hábitos ocasionales representan un segmento que, aunque genera volúmenes más bajos, contribuye de forma acumulativa a la oferta total de aceite usado. Estas prácticas permiten anticipar la magnitud del residuo y ajustar estrategias diferenciadas según la intensidad del consumo.

Figura 19

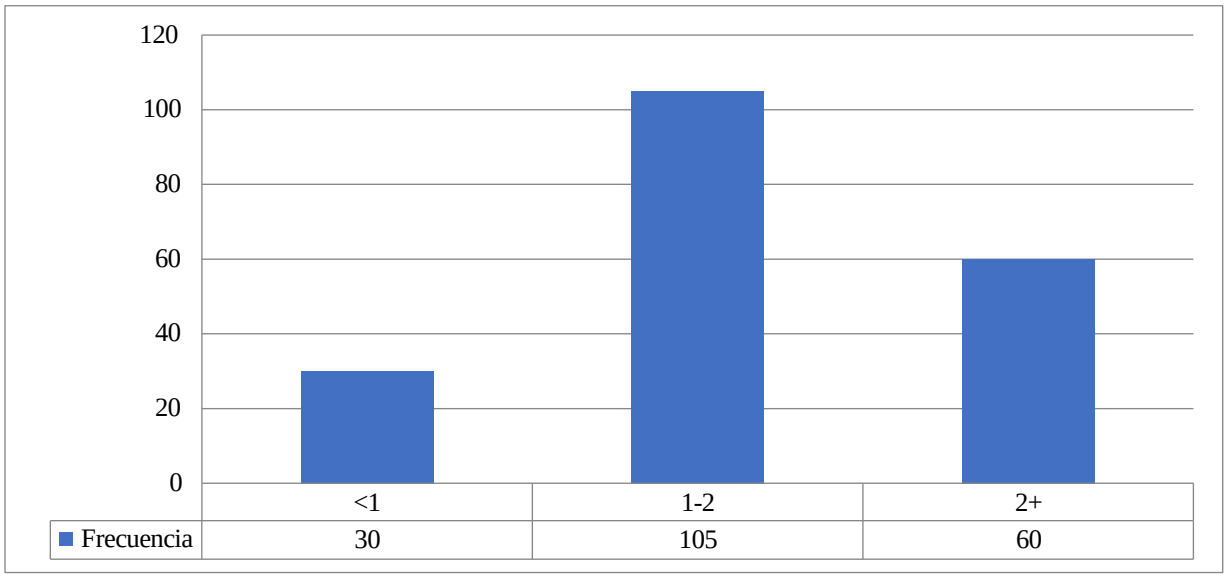
Tipo de aceite usado con mayor frecuencia



El predominio del aceite vegetal, con 80 registros, indica que la mayoría de los hogares utiliza un producto accesible y convencional, lo cual homogeneiza parcialmente la calidad del residuo generado. El aceite de girasol y el de soya, con 40 y 35 registros respectivamente, muestran la existencia de preferencias variadas, aunque con menor peso. La presencia del aceite de palma y de otros tipos en menor proporción sugiere prácticas específicas asociadas a gustos particulares o a usos culinarios diferenciados. Esta composición es relevante para el proceso de transformación, ya que la mezcla de aceites puede afectar el rendimiento del biodiésel o de otros derivados industriales.

Figura 20

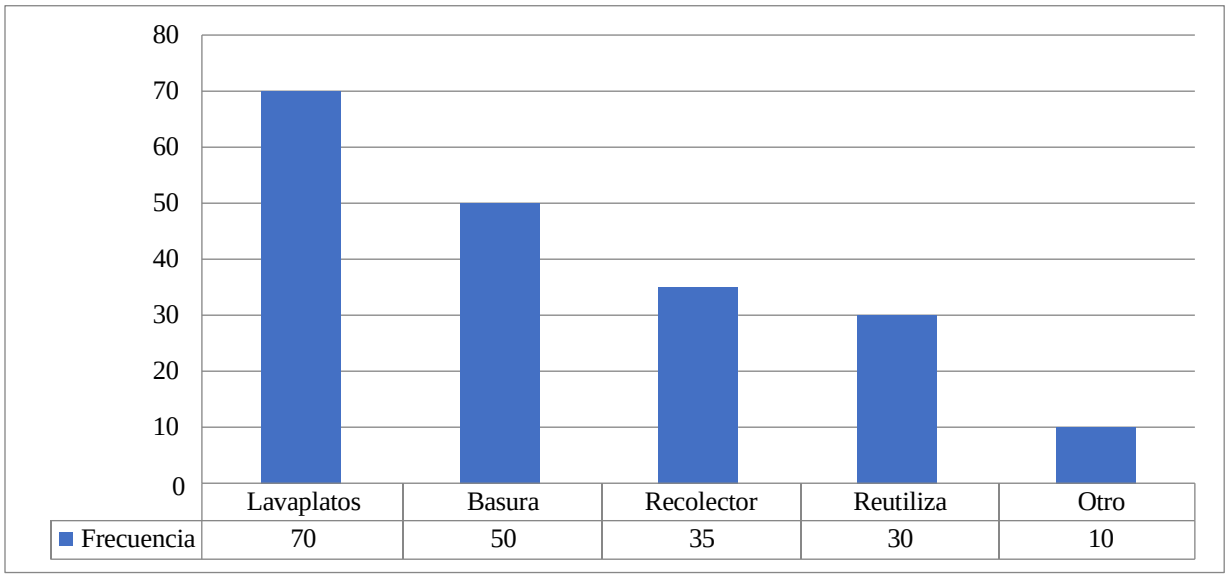
Cantidad de aceite usado mensualmente (en litros)



La categoría de 1 a 2 litros mensuales, con 105 hogares, representa el segmento más significativo y establece un promedio de generación que puede considerarse típico en el municipio. Este valor, aunque moderado, se vuelve relevante si se observa de manera acumulativa. Los 60 hogares que generan más de 2 litros reflejan un consumo más elevado, probablemente vinculado a prácticas alimentarias frecuentes o a familias más numerosas. En contraste, los 30 hogares que producen menos de 1 litro evidencian dinámicas menos intensivas, aunque no por ello menos importantes en términos ambientales. Esta información permite estimar la capacidad total de recolección domiciliaria y proyectar escenarios logísticos realistas.

Figura 21

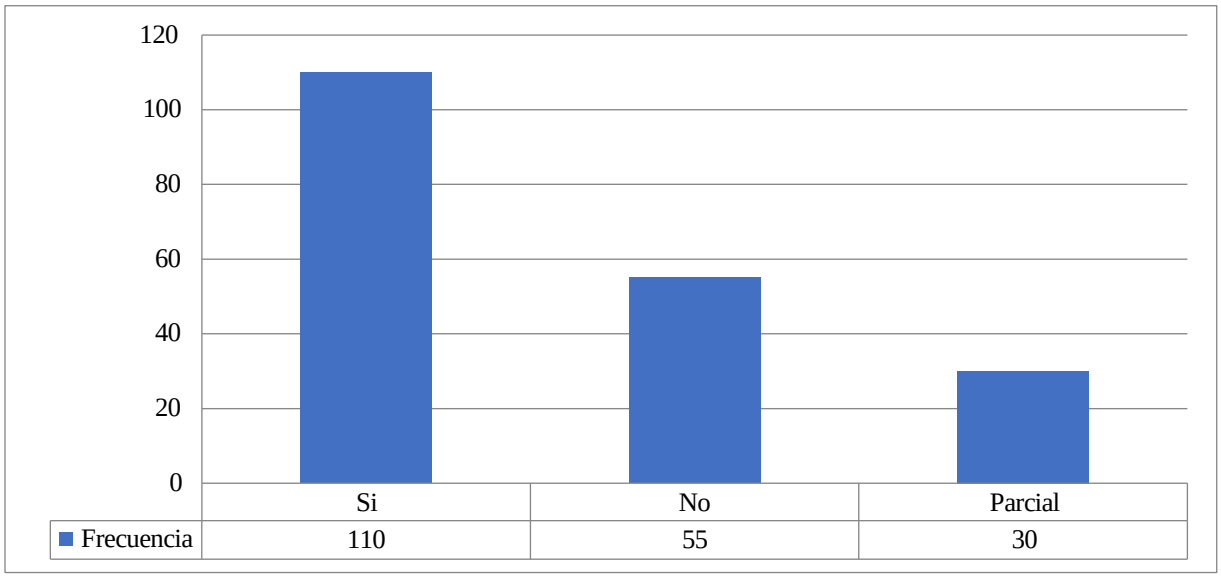
Disposición final del ACU



La prevalencia del vertimiento del aceite por el lavaplatos, con 70 hogares, confirma un comportamiento profundamente arraigado que continúa siendo uno de los principales desafíos ambientales. Desechar el aceite en la basura, práctica reportada por 50 hogares, tampoco garantiza un manejo adecuado, ya que puede generar filtraciones, malos olores y problemas en los rellenos sanitarios. Las prácticas responsables, como almacenar el aceite para entregarlo a recolectores o reutilizarlo, aparecen en menor proporción, con 35 y 30 hogares respectivamente. Esta distribución evidencia la necesidad de fortalecer procesos educativos y de facilitar la infraestructura para promover prácticas de gestión adecuadas, especialmente en hogares que aún no son conscientes de los impactos ambientales de sus acciones.

Figura 22

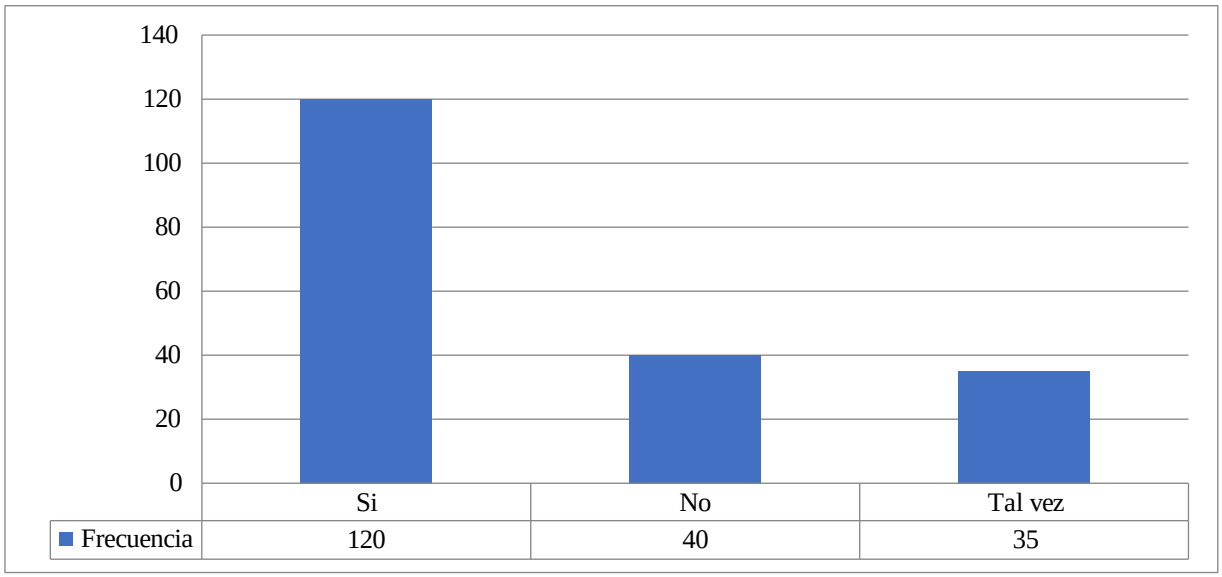
Conocimiento sobre contaminación del agua por ACU



El hecho de que 110 hogares manifiesten conocer que el aceite contamina el agua sugiere la existencia de una base informada que puede facilitar la adopción de prácticas responsables. Sin embargo, el grupo de 55 hogares que desconoce este impacto es significativo y evidencia brechas importantes de información. Los 30 hogares que conocen este aspecto parcialmente representan un segmento intermedio que podría beneficiarse especialmente de campañas educativas. Estos resultados apuntan a la necesidad de una estrategia pedagógica más amplia que aborde no solo la normativa, sino también los efectos tangibles del manejo inadecuado del aceite en el entorno inmediato.

Figura 23

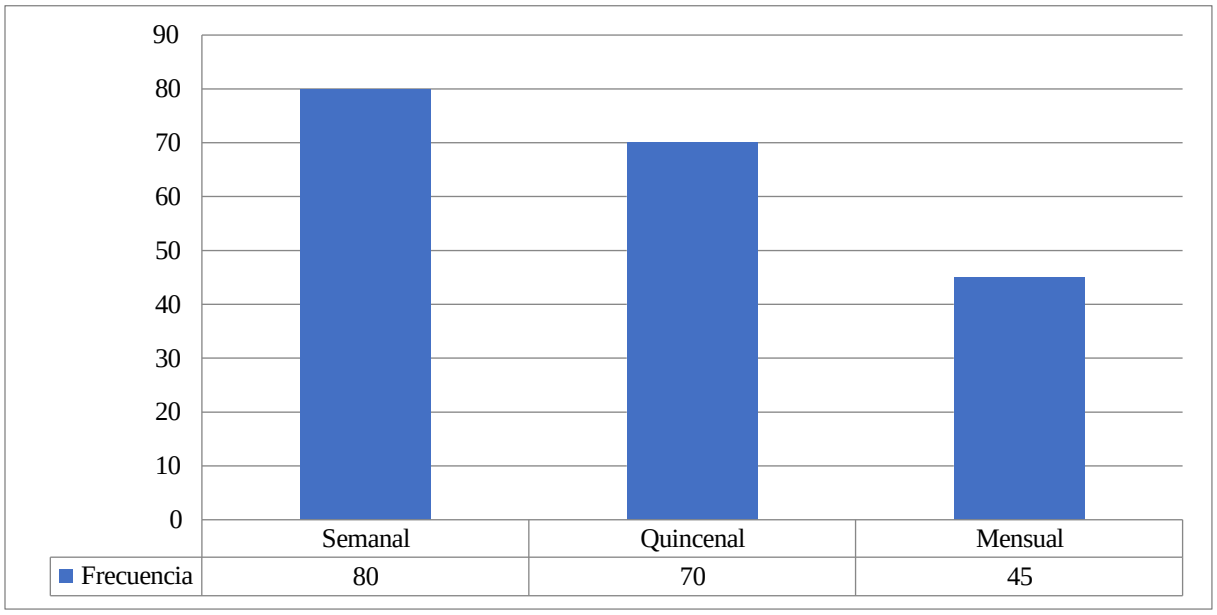
Interés de participar en programas de recolección de ACU



El interés expresado por 120 hogares para participar en un programa de recolección muestra una disposición positiva, que se convierte en un elemento clave para la viabilidad del proyecto. La presencia de 40 hogares no interesados indica que, aunque existe receptividad, aún se debe trabajar en generar confianza y explicar los beneficios del servicio. El grupo de 35 hogares que responde “tal vez” representa una oportunidad estratégica, ya que suelen ser hogares que requieren información adicional o garantías de que el servicio será práctico, gratuito o ambientalmente relevante. En conjunto, se observa un escenario potencialmente favorable para la implementación de un sistema formal de recolección, siempre que se acompañe de estrategias de comunicación efectivas y de una logística clara y accesible.

Figura 24

Preferencia en frecuencia de recolección del ACU

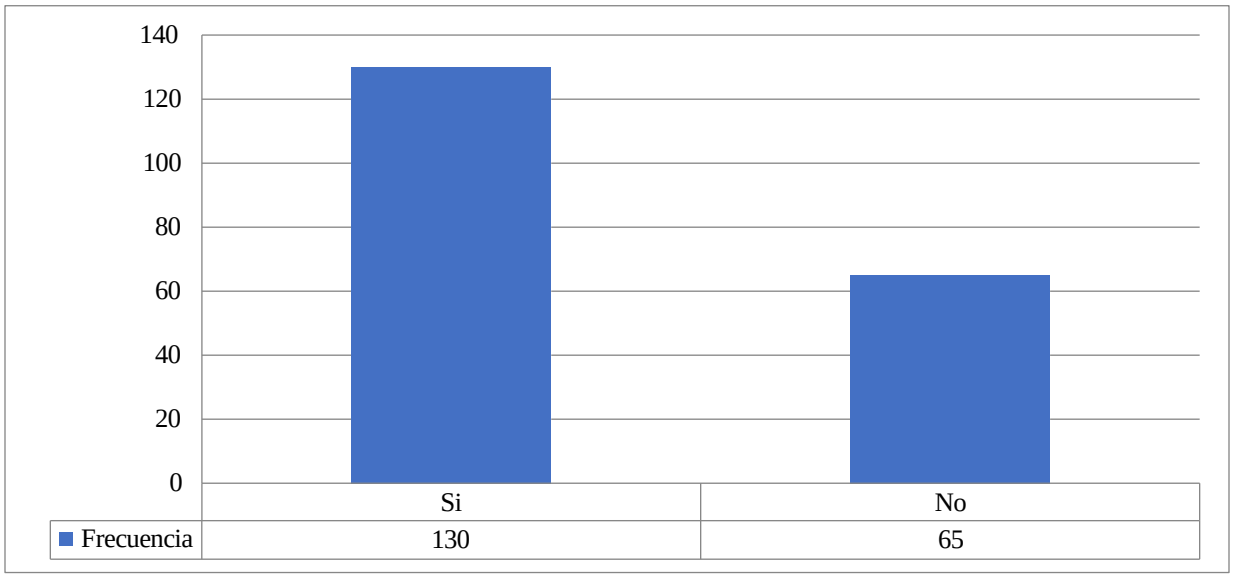


*L*a preferencia por la frecuencia de recolección del aceite usado revela un patrón que se ajusta bastante bien a las dinámicas domésticas de consumo. El hecho de que 80 hogares opten por una recolección semanal indica que, para un segmento considerable de la población, el almacenamiento del aceite no resulta cómodo o conveniente por periodos prolongados. Este grupo, probablemente compuesto por hogares que cocinan fritos con frecuencia o por familias numerosas, expresa la necesidad de un servicio ágil que evite acumulaciones indeseadas y que garantice una gestión regular del residuo.

La recolección quincenal, con 70 hogares, se posiciona como una alternativa equilibrada que parece ajustarse tanto a quienes generan cantidades moderadas como a quienes prefieren un manejo del residuo menos rutinario. Este punto intermedio sugiere que una parte importante de la población estaría dispuesta a esperar un poco más, siempre que la periodicidad sea clara y constante.

Figura 25

Disposición de almacenar el aceite hasta su recolección



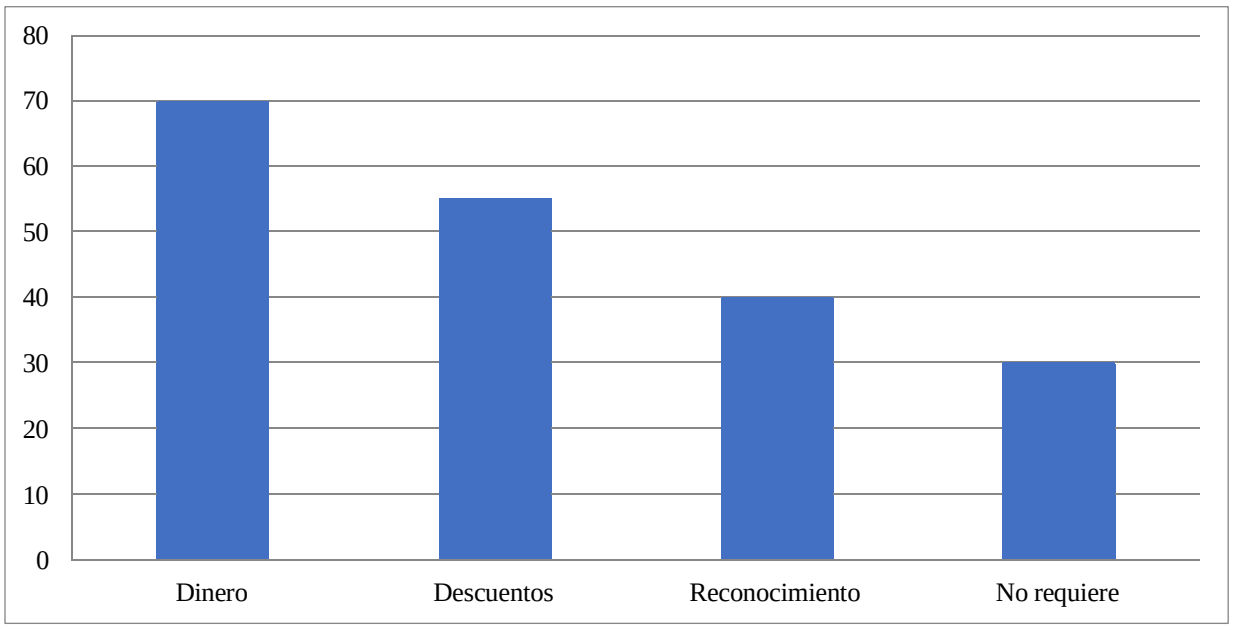
La disposición a almacenar el aceite hasta su recolección muestra una tendencia bastante favorable. Un total de 130 hogares manifestó estar dispuesto a conservar el residuo temporalmente, lo que representa una actitud clave para la viabilidad del programa. Esta apertura sugiere que la mayoría comprende que el almacenamiento en envases adecuados es un paso necesario para garantizar una gestión responsable del aceite, y también refleja un nivel de compromiso ambiental que resulta alentador. Es probable que este grupo esté más sensibilizado frente a los impactos negativos del vertimiento del aceite o que reconozca el valor de colaborar con un sistema formal de recolección.

Los 65 hogares que no están dispuestos a almacenar el residuo pueden estar motivados por distintas razones. Algunos podrían percibir el aceite como un material incómodo de manipular o almacenar por su olor, textura o espacio requerido. Otros quizás no cuentan con

recipientes adecuados o con un lugar donde conservar el residuo sin que interfiera en su rutina doméstica. Esta resistencia también puede reflejar una falta de información sobre los riesgos ambientales del desecho inadecuado o sobre la importancia del almacenamiento en el proceso de recolección.

Figura 26

Incentivo que lo motivaría



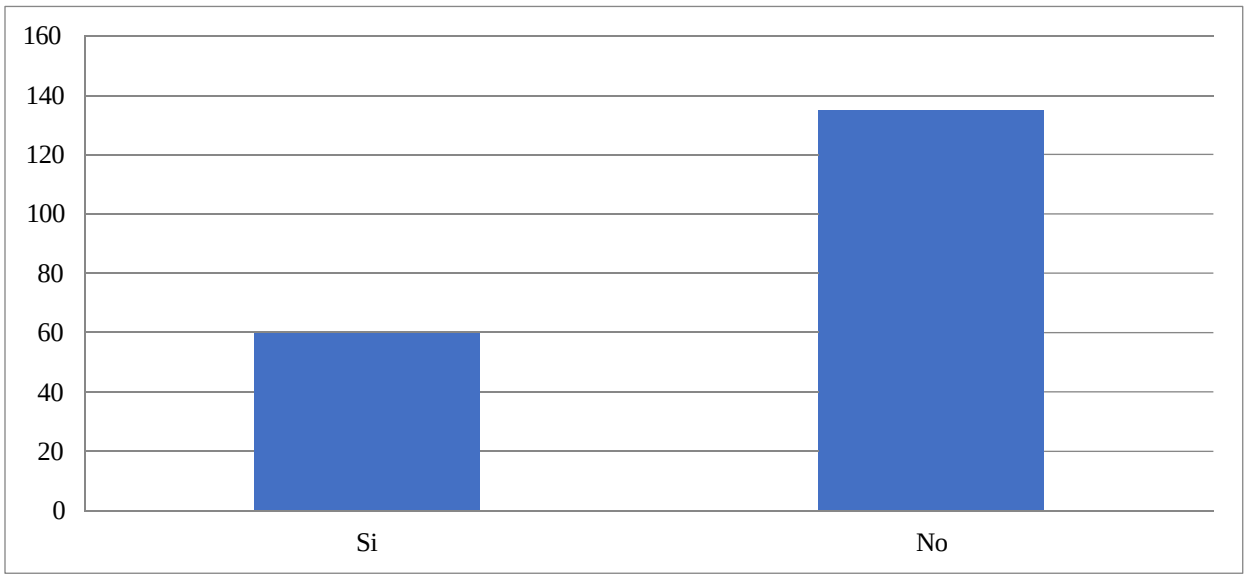
La distribución de los incentivos preferidos revela una tendencia clara hacia la motivación económica directa. El hecho de que 70 hogares señalen el dinero como su principal incentivo evidencia que una parte considerable de la población percibe el aceite usado no solo como un residuo, sino como un recurso con valor potencial. Esta percepción puede facilitar la participación en programas de recolección, siempre que exista una compensación tangible que reconozca el esfuerzo de almacenar y entregar el residuo correctamente.

El segundo incentivo más valorado corresponde a los descuentos, con 55 hogares. Esta preferencia sugiere que los hogares también responden positivamente a estrategias indirectas de beneficio económico, especialmente aquellas vinculadas a productos o servicios que ya forman parte de su consumo habitual. En términos prácticos, este tipo de incentivo podría integrarse a alianzas comerciales locales que fortalezcan la sostenibilidad del programa.

El reconocimiento ambiental, con 40 hogares, ocupa un lugar intermedio y refleja un segmento que valora más la dimensión ética y ambiental de la gestión del aceite que los beneficios económicos en sí mismos. Este grupo suele estar compuesto por personas con mayor sensibilidad ambiental o con un nivel educativo que favorece la comprensión de los impactos ecológicos.

Figura 27

Disposición de pago (si fuese obligatorio)



La disposición de pago ante una eventual obligatoriedad del servicio presenta un contraste marcado que aporta información valiosa sobre la percepción del programa entre los hogares. Solo 60 personas manifestaron estar dispuestas a pagar por la recolección, incluso bajo un escenario regulatorio. Este grupo minoritario probablemente reconoce la importancia del servicio, comprende su costo operativo o está familiarizado con programas similares en otras ciudades donde la gestión ambiental implica un aporte económico.

En cambio, 135 hogares expresaron que no estarían dispuestos a pagar, incluso si la regulación lo exigiera. Esta respuesta masiva sugiere varias interpretaciones. En primer lugar, podría reflejar una percepción de que el manejo del aceite usado es una responsabilidad institucional, no doméstica, lo cual es común en contextos donde los servicios de aseo y manejo de residuos suelen estar incluidos en tarifas fijas. También puede evidenciar una resistencia general a asumir nuevos pagos en un entorno económico donde los hogares priorizan gastos esenciales. Finalmente, esta negativa puede estar relacionada con el desconocimiento del costo real que implica la gestión adecuada del residuo o con una baja percepción del riesgo ambiental que representa su disposición incorrecta.

4.2 Estudio de mercados

El estudio de mercados constituye una pieza central dentro del proceso de formulación del proyecto, pues permite comprender con mayor claridad el escenario real en el que operaría la empresa dedicada a la recolección y comercialización del Aceite de Cocina Usado en Ocaña. Más que limitarse a una lectura mecánica de cifras, este análisis busca interpretar el comportamiento del entorno, reconocer a los actores que intervienen en la cadena del residuo y descubrir las oportunidades que emergen en un contexto donde la sostenibilidad empieza a ocupar un lugar más visible en la agenda local.

A medida que se examinan los hábitos de generación del aceite, tanto en los establecimientos comerciales como en los hogares, se hace evidente que detrás de este residuo existe una dinámica constante y, en ocasiones, poco valorada. El aceite usado circula silenciosamente en la cotidianidad de la ciudad y, sin embargo, su impacto ambiental puede ser profundo cuando no se gestiona adecuadamente. Por eso, conocer quién lo produce, en qué cantidades, qué hacen actualmente con él y qué tan dispuestos están a entregarlo a un sistema formal permite trazar una imagen más completa del mercado. Este estudio también se detiene en quienes demandan el aceite ya recuperado, empresas transformadoras que lo convierten en biodiésel o en productos industriales. El diálogo entre la oferta local y la demanda regional e incluso nacional abre un espacio para pensar el aceite no solo como un residuo problemático, sino como un recurso con valor económico.

4.2.1 Descripción del servicio

La empresa propuesta ofrece un servicio integral de recolección, almacenamiento y aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado generado en establecimientos comerciales y hogares del municipio de Ocaña. El servicio comienza desde el mismo punto de generación del residuo, donde los usuarios reciben orientación y, cuando se requiera, recipientes adecuados para su almacenamiento temporal. A partir de allí, la empresa asume la responsabilidad de realizar rutas de recolección programadas que se ajustan a la frecuencia y al volumen que cada usuario produce, de modo que el manejo del aceite se convierta en una actividad sencilla y confiable para quienes participan.

Una vez recolectado, el aceite es trasladado a un centro de acopio donde se realiza un proceso básico de filtrado, clasificación y almacenamiento seguro. Este espacio funciona como un punto de transición que garantiza la calidad del material y su trazabilidad, antes de ser transportado hacia empresas transformadoras especializadas en la producción de biodiésel, jabones, lubricantes ecológicos o insumos industriales. De esta manera, el residuo que antes era un contaminante potencial se convierte en una materia prima con valor ambiental y económico. El servicio no se limita a la operación logística. También integra acciones de sensibilización, acompañamiento y divulgación, con el fin de fomentar prácticas responsables en los usuarios. Al incorporar este componente educativo, se busca que el manejo del aceite usado deje de ser una tarea aislada y pase a formar parte de una cultura ambiental más amplia y sostenida en el tiempo.

4.2.2 Determinación mensual de la oferta

La oferta de Aceite de Cocina Usado en el municipio de Ocaña se configura a partir del volumen que actualmente generan tanto los establecimientos dedicados a la preparación de alimentos como los hogares. Cada uno de estos sectores aporta desde dinámicas distintas, aunque complementarias, que permiten dimensionar el potencial real del municipio para sostener un sistema formal de recolección. Antes de proyectar escenarios futuros, resulta necesario identificar cuánto aceite se produce hoy, cómo se distribuye entre los generadores y en qué medida este volumen puede ser recuperado de manera efectiva.

En el caso de los establecimientos comerciales, la oferta se concentra en negocios con actividad culinaria constante, lo que garantiza una generación de aceite relativamente estable mes a mes. Su aporte constituye la base del servicio, no solo por la cantidad producida, sino por la regularidad propia de sus operaciones. Los hogares, por su parte, presentan volúmenes menores, aunque extendidos en todo el territorio, conformando una oferta distribuida que tiende a crecer a medida que aumenta la conciencia ambiental y se fortalecen los mecanismos de recolección domiciliaria. Conocer esta oferta permite entender la magnitud del recurso disponible y anticipar la capacidad de abastecimiento que la empresa podría garantizar a los transformadores industriales. A partir de las encuestas aplicadas, se establecieron rangos de generación que permiten estimar valores mínimos y máximos para cada categoría, los cuales se presentan a continuación en forma de tablas diferenciadas para establecimientos comerciales y hogares. Estas tablas constituyen la base cuantitativa para evaluar la viabilidad del proyecto y proyectar su comportamiento en el corto y mediano plazo.

Las tablas que se muestran a continuación sintetizan esta distribución y evidencian los rangos de generación, el volumen estimado y la participación relativa de cada grupo dentro del total municipal.

Tabla 4

Oferta de ACU por parte de establecimientos comerciales

Fuente generadora	Rango de generación mensual	Número de generadores	Volumen mínimo	Volumen máximo	Volumen promedio	Participación en la oferta total (%)
Establecimientos comerciales	Menos de 10 litros	52	260	520	390	10%
	Entre 10 y 30 litros	63	630	1890	1260	32%
	Más de 30 litros	52	1560	3120	2340	59%
Total		167	2450	5530	3990	100%

Nota. La tabla muestra la oferta de ACU por parte de los establecimientos comerciales encuestados en Ocaña.

Tabla 5

Oferta de ACU por parte de hogares

Fuente generadora	Rango de generación mensual	Número de generadores	Volumen mínimo	Volumen máximo	Volumen promedio	Participación en la oferta total (%)
Hogares	Menos de 1 litro	30	15	30	22,5	7%
	Entre 1 y 2 litros	105	105	210	157,5	48%
	Más de 2 litros	60	120	180	150	45%
Total		195	240	420	330	100%

Tabla 6

Proporción mensual de oferta

Fuente generadora	Volumen promedio	Participación en la oferta
Establecimientos comerciales	3990	92%
Hogares	330	8%
Total	4320	100%

4.2.3 Determinación anual de la oferta

Tabla 7

Determinación anual de la oferta

Fuente generadora	Volumen mensual promedio (L/mes)	Volumen anual estimado (L/año)	Participación (%)
Establecimientos comerciales	3.990	47.880	92 %
Hogares	330	3.960	8 %
Total, municipal	4.320	51.840	100 %

4.2.4 Determinación mensual de la demanda

4.3 Estudio técnico

El estudio técnico constituye una pieza decisiva dentro de la evaluación de factibilidad del proyecto, pues permite comprender, con cierto nivel de profundidad y al mismo tiempo con una mirada práctica, cómo sería posible transformar un residuo altamente contaminante como el Aceite de Cocina Usado en un insumo de valor para cadenas industriales que demandan aceites reciclados, principalmente la producción de biodiésel y jabonería. Este apartado aborda, por tanto, la estructura operativa que haría viable el proyecto, desde la selección de la tecnología adecuada hasta la determinación del tamaño, la localización y los recursos físicos necesarios para ejecutar el proceso de manera eficiente y segura.

Aunque el ACU suele considerarse un desecho cotidiano, su gestión requiere un sistema organizado que conecte múltiples fases. Primero, la recolección en restaurantes, asaderos y panaderías que generan volúmenes significativos; después, el acopio y el pretratamiento que permiten estabilizar el material; finalmente, las etapas de filtrado, purificación y almacenamiento que garantizan un aceite recuperado con condiciones aptas para su comercialización en mercados especializados. Precisamente por esa cadena de actividades que se articula de forma secuencial, el estudio técnico no se limita a describir operaciones, sino que procura justificar que estas pueden implementarse en la realidad local de Ocaña, considerando restricciones logísticas, ambientales y tecnológicas que podrían influir en la eficiencia del sistema.

4.3.1 Descripción del proyecto

El proyecto propone la creación de una empresa dedicada a la recolección, acopio y transformación inicial del Aceite de Cocina Usado generado en establecimientos gastronómicos de Ocaña, con el fin de convertir este residuo en un insumo aprovechable para industrias que fabrican biodiésel, jabones y otros productos derivados. La iniciativa surge como respuesta a dos problemáticas que, aunque a simple vista parecen desconectadas, se intersectan de manera evidente en la región. Por un lado, la creciente producción de ACU en restaurantes, asaderos, hoteles y panaderías, que suele terminar vertido en alcantarillados o suelos sin ningún tratamiento. Por otro, la oportunidad de insertar a Ocaña en una cadena productiva más sostenible, donde un residuo local se transforma en materia prima con valor económico y ambiental.

El proyecto plantea un modelo operativo relativamente compacto, pero técnicamente robusto, que se estructura alrededor de una planta de acopio y pretratamiento capaz de procesar volúmenes constantes de ACU recolectado, filtrarlo, decantarlo y dejarlo en condiciones aptas para su comercialización. Esta planta funcionaría como un eslabón intermedio entre los generadores locales del residuo y los compradores especializados, que requieren estándares mínimos de calidad antes de continuar el proceso de industrialización. De este modo, la empresa no busca realizar la transformación total hacia biodiésel, sino asegurar un tratamiento inicial adecuado que estabilice el aceite y facilite su colocación en el mercado regional o nacional.

La propuesta incorpora además un componente logístico que resulta esencial: un sistema de recolección programada mediante contenedores herméticos distribuidos en los puntos de generación. Este sistema, sencillo en apariencia, constituye la base del modelo, ya que garantiza la trazabilidad del residuo, reduce riesgos de contaminación cruzada y permite proyectar de manera más precisa los volúmenes de operación. Sobre esta dinámica logística se construye, entonces, el flujo completo del proceso técnico, que incluye recepción, tamizaje, almacenamiento temporal, filtrado y purificación inicial.

4.3.2 Tamaño del proyecto

El tamaño del proyecto constituye una de las decisiones más sensibles dentro del estudio de factibilidad, ya que define la capacidad real de operación que tendrá la empresa y, al mismo tiempo, delimita los requerimientos de infraestructura, equipos y recursos humanos necesarios para garantizar un funcionamiento eficiente. En proyectos de reciclaje de ACU, el tamaño no se determina únicamente por el deseo de capturar una porción del mercado disponible, sino por la interacción entre la demanda estimada, la logística de recolección y las características técnicas de la tecnología seleccionada para el tratamiento inicial del aceite.

4.3.2.1 Tamaño orientado por la demanda. La determinación del tamaño inicial del proyecto parte del análisis de la demanda potencial de Aceite de Cocina Usado (ACU) en Ocaña, entendida no como una demanda de compra directa del residuo, sino como la disponibilidad real de aceite residual que los establecimientos gastronómicos generan de manera continua. En este contexto, la demanda se configura como la oferta local de ACU susceptible de ser recolectada y

canalizada hacia un sistema formal de aprovechamiento. De ahí que la estimación del tamaño no pueda desligarse de un mapeo cuidadoso de los establecimientos productores, su frecuencia de recambio de aceite y los volúmenes promedio que manejan.

Los datos recopilados en el estudio de mercado permiten observar que la generación de ACU presenta un comportamiento relativamente estable, aun cuando los puntos de producción se encuentran dispersos. Restaurantes, asaderos, fritanguerías, panaderías y pequeños negocios que trabajan con procesos de fritura generan entre pocos litros semanales hasta cantidades más significativas en el caso de establecimientos de mayor rotación. Este patrón sugiere que, en lugar de una concentración puntual de grandes productores, existe un tejido amplio de pequeños y medianos generadores que, en conjunto, representan un volumen considerable disponible para la recolección sistemática.

4.3.2.2 Tamaño condicionado por los recursos disponibles. Aunque la demanda potencial establece un horizonte atractivo para el aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado en Ocaña, el tamaño real con el que el proyecto puede iniciar su operación depende, en última instancia, de los recursos físicos, financieros y organizativos que la empresa es capaz de movilizar en su primera etapa. Esta relación entre aspiración de mercado y disponibilidad de recursos obliga a adoptar una postura técnica más cautelosa, donde el dimensionamiento del proyecto se define no solo por lo que podría captarse, sino por lo que efectivamente puede procesarse con los medios existentes.

En términos de infraestructura, el predio destinado al proyecto ofrece un conjunto de condiciones que influyen directamente en la capacidad de operación. El espacio disponible delimita el número y volumen de los tanques de acopio, la ubicación de las zonas de filtrado y decantación, así como los corredores de circulación para carga y descarga. Estas variables, que parecen meramente espaciales, resultan determinantes para evitar saturación de áreas, retrasos en el flujo operacional o situaciones de riesgo ambiental por manejo inadecuado del residuo. Por ello, aun cuando la demanda sugiera un potencial elevado, la infraestructura debe dimensionarse de manera proporcional al área útil realmente aprovechable.

En paralelo, los recursos tecnológicos también imponen límites concretos. Las bombas, filtros, mallas y sistemas de purificación poseen capacidades nominales que no pueden sobrepasarse sin comprometer su eficiencia o su vida útil. Cada equipo opera bajo ciclos de trabajo que requieren pausas, mantenimientos y tiempos de limpieza; de modo que la capacidad teórica suele diferir de la capacidad efectiva. En consecuencia, el tamaño del proyecto debe armonizarse con el rendimiento real que los sistemas seleccionados pueden sostener a lo largo del mes.

Asimismo, los recursos financieros disponibles condicionan la posibilidad de adquirir equipos de mayor capacidad, implementar soluciones tecnológicas más avanzadas o expandir la logística de recolección a zonas más alejadas del casco urbano. En la fase inicial, es común que la empresa adopte un tamaño moderado que privilegie estabilidad operativa antes que expansión acelerada. Esta prudencia financiera no limita el potencial del proyecto, sino que lo ordena y lo protege frente a riesgos de sobreinversión.

4.3.2.3 Tamaño determinado por la tecnología. La tecnología constituye uno de los factores más decisivos en la definición del tamaño del proyecto, ya que cada sistema de tratamiento del Aceite de Cocina Usado ofrece capacidades, ritmos de operación y niveles de eficiencia distintos. Aunque la demanda y los recursos disponibles delinean un marco general, es la tecnología la que finalmente establece cuánto puede procesarse por hora, por día o por ciclo, y en qué condiciones es posible mantener una operación estable y segura.

En una planta de aprovechamiento de ACU, las tecnologías más comunes se organizan en tres grupos: prefiltrado y tamizaje, decantación y separación por gravedad, y filtración o purificación fina, que puede realizarse mediante mallas de alta densidad, filtros de presión o sistemas de centrifugación. Cada una de estas etapas posee requerimientos propios y condiciona el tiempo total del proceso. De hecho, la decantación, que depende de la separación natural entre fases por densidad, puede tardar varias horas, mientras que el filtrado mecánico opera en tiempos más cortos, pero exige supervisión y mantenimiento frecuente.

Estas diferencias implican que no es posible adoptar un tamaño de planta sin comprender el rendimiento real de los equipos. Un sistema de filtrado por malla, por ejemplo, es adecuado para volúmenes moderados y permite un escalamiento relativamente sencillo, aunque requiere pausas periódicas para la limpieza de los filtros. Por su parte, un filtro de presión aumenta el caudal procesado, pero demanda una inversión mayor y condiciones más estrictas de operación. En niveles superiores, la centrifugación ofrece eficiencia y velocidad, aunque supone un costo inicial bastante más alto y una operación técnica especializada.

La tecnología influye también en la calidad del producto final. Un filtrado insuficiente reduce la vida útil del aceite purificado y limita su comercialización, mientras que un proceso más riguroso, que incluya deshidratación y eliminación de impurezas finas, amplía las posibilidades de venta a mercados que exigen estándares más altos. Por ello, la decisión tecnológica no solo afecta la capacidad, sino también el posicionamiento comercial del proyecto.

4.3.2.4 Tamaño óptimo del proyecto. El tamaño óptimo del proyecto emerge de la articulación de los tres factores previamente analizados: la demanda potencial de Aceite de Cocina Usado disponible en Ocaña, los recursos que la empresa puede movilizar en su fase inicial y la capacidad real que ofrece la tecnología seleccionada. No se trata, por tanto, de un valor impuesto de manera arbitraria, sino de una configuración que busca equilibrar lo deseable con lo posible, evitando tanto el sobredimensionamiento que suele generar costos excesivos como el su dimensionamiento que puede limitar la operación desde sus primeros meses.

En este punto, el tamaño óptimo se define como aquel nivel de procesamiento mensual que puede sostenerse de forma estable, con márgenes de seguridad y sin tensionar los equipos, la logística ni el personal. La planta debe ser capaz de manejar los volúmenes de ACU que es razonable captar en los primeros meses, y a la vez debe contar con holguras operativas que permitan absorber incrementos graduales conforme la red de establecimientos aliados se fortalezca. Este equilibrio es crucial en proyectos de reciclaje, donde la oferta de residuo depende tanto del comportamiento del sector gastronómico como del éxito de las estrategias de sensibilización y captación.

Al integrar estos criterios, se obtiene un tamaño de referencia que orienta el diseño técnico. Dicho tamaño, más que fijar un límite rígido, funciona como una base para planificar la infraestructura mínima, el número y la capacidad de los tanques, la potencia requerida en las bombas y el ritmo de operación de los sistemas de filtrado y purificación. En términos prácticos, garantiza que la empresa pueda operar con eficiencia desde su puesta en marcha, sin comprometer la calidad del aceite recuperado ni los tiempos de respuesta en la recolección. A medida que el proyecto avance, el tamaño óptimo puede revisarse y ampliarse. La escalabilidad es, de hecho, una característica valiosa en este tipo de plantas, pues permite incorporar gradualmente nuevos tanques, mejorar la tecnología o ampliar el número de rutas de recolección. Sin embargo, esta expansión solo será sostenible si el tamaño inicial ha sido correctamente dimensionado, con una base técnica suficientemente sólida y una operación que demuestre estabilidad en su flujo productivo.

4.3.3 Localización del proyecto

La localización del proyecto constituye un elemento central dentro de su evaluación técnica, pues determina no solo los costos operativos asociados al transporte y manejo del residuo, sino también la eficiencia ambiental y la seguridad con la que pueden desarrollarse las actividades propias del aprovechamiento del ACU. Elegir el lugar adecuado implica analizar, de manera articulada, variables territoriales, normativas, logísticas y tecnológicas que inciden directamente en la sostenibilidad del modelo empresarial.

En este sentido, la decisión de ubicar el proyecto en Ocaña se sustenta en una convergencia de factores favorables. La ciudad concentra una actividad gastronómica amplia y diversificada, lo que garantiza un flujo constante de aceite residual susceptible de ser recolectado. Además, su tamaño urbano y su distribución geográfica permiten estructurar rutas de recolección eficientes, evitando desplazamientos excesivos y reduciendo costos asociados al transporte. Esta cercanía entre los puntos de generación y el punto de tratamiento, aunque parezca un detalle operativo, constituye una ventaja competitiva significativa, especialmente en las etapas iniciales donde la empresa depende de una logística ajustada y flexible.

4.3.3.1 Macro localización del proyecto. La macro localización permite situar el proyecto dentro de un contexto territorial amplio, donde confluyen dinámicas productivas, ambientales y logísticas que influyen directamente en la viabilidad del aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado. En esta escala, el departamento de Norte de Santander ofrece un conjunto de condiciones que, aunque heterogéneas, resultan favorables para el desarrollo de iniciativas vinculadas a la economía circular y, en particular, a la gestión responsable de residuos generados por el sector gastronómico.

En términos productivos, Norte de Santander presenta una actividad comercial y de servicios en crecimiento sostenido, especialmente en municipios intermedios como Ocaña, Los Patios o Villa del Rosario, además de la concentración mayoritaria ubicada en Cúcuta. Esta estructura económica descentralizada implica que el volumen de ACU no se concentra exclusivamente en la capital departamental, sino que se distribuye en corredores urbanos y rurales donde operan cientos de establecimientos que utilizan aceite vegetal como parte de sus

procesos culinarios. Esta diversidad territorial no solo amplía la disponibilidad del residuo, sino que permite proyectar rutas de recolección regionales en fases futuras del proyecto, con una lógica gradual de expansión.

Desde la perspectiva ambiental, el departamento enfrenta retos significativos asociados al manejo de residuos líquidos y a la contaminación de fuentes hídricas. El vertimiento informal del ACU continúa siendo una práctica común en zonas urbanas y periurbanas, generando problemas de obstrucción en redes de alcantarillado y afectaciones en la calidad del agua. En este sentido, el proyecto se inserta de manera coherente en las agendas departamentales que promueven modelos de gestión más sostenibles, alineándose con políticas ambientales orientadas al control de vertimientos y a la reducción del impacto de residuos orgánicos no biodegradables. Esta correspondencia con prioridades regionales fortalece la pertinencia del proyecto y facilita su articulación con actores institucionales.

La conectividad vial de Norte de Santander constituye otro elemento relevante para la macro localización. Los corredores que unen Ocaña con la zona metropolitana de Cúcuta y con municipios circundantes permiten visualizar un abastecimiento regional de ACU en el mediano plazo, respaldado por vías primarias y secundarias que, aunque presentan variabilidad en su estado, garantizan movilidad suficiente para operaciones logísticas de pequeña y mediana escala. Asimismo, la cercanía del departamento con mercados industriales de Santander y Cesar abre posibilidades comerciales para el aceite purificado, pues ambos departamentos cuentan con empresas que demandan insumos derivados del ACU.

4.3.3.2 Micro localización del proyecto. La micro localización permite situar el proyecto en un espacio territorial específico, evaluando las condiciones físicas, urbanas y funcionales del lugar donde se instalará la planta de aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado. En este nivel de análisis, el municipio de Ocaña emerge como un punto estratégico debido tanto a su dinámica económica como a la configuración particular de su tejido urbano. Estas características, que a primera vista parecen cotidianas, terminan incidiendo directamente en la eficiencia del sistema de recolección y en la operación interna de la planta.

Ocaña concentra una actividad gastronómica considerable, diversificada entre restaurantes tradicionales, asaderos, panaderías, ventas informales organizadas y pequeños establecimientos que utilizan frituras como parte central de su oferta culinaria. Esta concentración de generadores de ACU aun dispersa en distintos barrios, facilita la estructuración de rutas de recolección cortas, con recorridos previsibles y costos logísticos controlados. La proximidad entre los puntos productores y el lugar de tratamiento se convierte, entonces, en un factor determinante para garantizar estabilidad en los volúmenes recolectados y eficiencia operacional desde las primeras fases del proyecto.

El predio seleccionado para la instalación de la planta, ubicado dentro del perímetro urbano extendido de Ocaña, ofrece condiciones favorables para su adecuación técnica. El acceso vial es suficiente para permitir la entrada y salida de vehículos de carga liviana, lo que facilita las operaciones de recolección y transporte del residuo. Asimismo, la disponibilidad de servicios públicos como energía y agua asegura la operatividad de los equipos de filtrado y limpieza,

mientras que la existencia de redes de drenaje o sumideros adecuados reduce riesgos asociados a la manipulación del residuo.

La compatibilidad normativa también juega un papel importante en la micro localización. El predio se encuentra en una zona cuyos usos del suelo permiten actividades de carácter productivo o de servicios especializados, lo que disminuye la probabilidad de conflictos regulatorios y asegura condiciones de operación acordes con las exigencias ambientales. Esta ubicación, además, mantiene una distancia prudente respecto a áreas predominantemente residenciales, lo que reduce posibles molestias derivadas del tránsito de vehículos o del manejo del ACU.

4.3.4 Ingeniería del proceso productivo

La ingeniería del proceso productivo constituye el núcleo técnico del proyecto, pues describe con precisión cómo se transforma el Aceite de Cocina Usado desde su estado inicial, heterogéneo y contaminado, hasta un insumo estabilizado y apto para ser comercializado a la industria del biodiésel o a productores de jabones y derivados. Este análisis no se limita a enumerar operaciones; busca, más bien, comprender la lógica interna del proceso, la secuencia de actividades, los equipos involucrados y las condiciones bajo las cuales el flujo productivo puede sostenerse con eficiencia y seguridad.

En plantas de aprovechamiento de ACU, el proceso se caracteriza por una transición gradual entre etapas sucias y etapas limpias. El aceite recolectado contiene restos de alimentos,

agua, partículas carbonizadas y, en ocasiones, contaminantes externos derivados del manejo inadecuado del residuo. Por tanto, el flujo de ingeniería se orienta a separar, remover y estabilizar estas impurezas mediante operaciones físicas relativamente sencillas, pero que deben ejecutarse bajo controles mínimos para garantizar la calidad del producto final. La coherencia del proceso depende, además, de una logística de recolección organizada, del uso de contenedores adecuados y de una manipulación cuidadosa del residuo en cada etapa.

El diseño técnico reconoce que la eficiencia del proceso no reside únicamente en la capacidad de los equipos, sino en la articulación entre tiempos de decantación, caudales de bombeo y ritmos de filtrado. De hecho, una parte significativa del trabajo ocurre de manera pasiva, mientras el aceite reposa y las fases se separan por gravedad. Este aspecto, a menudo subestimado, condiciona la capacidad efectiva de la planta, ya que introduce tiempos de espera que no pueden reducirse sin comprometer la calidad del producto. Por otra parte, las etapas activas como el filtrado, la purificación y el almacenamiento final requieren supervisión continua y ajustes operativos para asegurar uniformidad entre los lotes procesados.

Tabla 8

Etapas del proceso productivo del ACU

Etapa del proceso	Propósito técnico	Actividades principales	Requerimientos técnicos y operativos	Criterios de control y riesgos
1. Recolección en establecimientos gastronómicos	Captar el ACU en condiciones seguras, evitando dilución excesiva o contaminación con otros residuos.	Se contacta a cada establecimiento para confirmar el día y la franja horaria de recolección, se verifica que los contenedores entregados previamente estén correctamente cerrados y sin fugas, se retira el contenedor lleno y se entrega uno limpio y vacío para garantizar la continuidad del servicio, se registra de manera básica el origen, la fecha y el volumen aproximado obtenido, y finalmente se	Vehículo de carga liviana, contenedores de HDPE con tapa hermética, elementos de protección personal básicos, formatos físicos o aplicación simple para registro de recolección.	Se controla que el aceite no venga mezclado con agua, jabón o químicos en exceso, se minimiza el riesgo de derrames durante carga y descarga, y se reconoce como riesgo la variabilidad en cantidad y calidad del ACU según el tipo de establecimiento.

		acomodan los contenedores en el vehículo de forma estable para evitar derrames durante el traslado.		
2. Recepción del ACU en planta	Registrar formalmente el ingreso del ACU y realizar una primera verificación de su condición.	Al llegar a planta se descargan los contenedores en un área delimitada, se limpian externamente para evitar goteos en el piso, se pesan para estimar el volumen neto de aceite recibido por establecimiento, se abren de manera controlada para inspeccionar color, olor y presencia de agua visible o residuos extraños, se retiran manualmente elementos grandes como tapas,	Báscula industrial, área de recepción techada y con bandejas de retención, contenedores auxiliares para residuos sólidos, fichas de recepción y elementos de protección personal obligatorios.	Se verifica que no ingresen lotes claramente degradados o contaminados con sustancias incompatibles, se previenen derrames durante la apertura de contenedores y se mantiene un registro mínimo de trazabilidad para cada lote recibido.

		palillos o restos sólidos evidentes y, con base en esta revisión, se decide si el lote es apto para ingresar al proceso o requiere segregación especial.		
3. Prefiltrado o tamizaje inicial	Separar sólidos de mayor tamaño para proteger bombas y filtros posteriores.	El contenido de cada contenedor se vierte lentamente sobre un tamiz o malla gruesa colocado sobre un recipiente o tanque intermedio, se deja que el aceite fluya por gravedad sin agitar en exceso para no resuspender sedimentos, se utilizan herramientas simples para ayudar a desprender restos adheridos a la malla, se acumulan los	Tamices metálicos de abertura amplia, soportes estables para sostener el tamiz, recipientes intermedios o tanques de transferencia, área ventilada y superficie de trabajo fácil de limpiar.	Se controla que la malla no se obstruya de forma prolongada, se evita que los sólidos retenidos permanezcan demasiado tiempo sin retirar por riesgo de olores, y se reconoce como riesgo la posible salpicadura de aceite si aún conserva cierta temperatura.

		sólidos retenidos en recipientes designados para su disposición posterior y, al finalizar cada lote, se realiza una limpieza rápida del tamiz para mantener su capacidad de filtración.		
4. Almacenamiento temporal y decantación	Permitir la separación natural por gravedad entre aceite, agua y sedimentos.	El aceite prefiltrado se transfiere a tanques de Almacenamiento temporal, se registra la fecha y el lote para conocer el tiempo de reposo, se deja en quietud durante un periodo mínimo estimado entre doce y cuarenta y ocho horas según la turbidez inicial, se observan periódicamente las capas formadas para identificar	Tanques verticales con válvulas de purga, mirillas o puntos de inspección, tapas que reduzcan ingreso de polvo e insectos, área bien ventilada y superficie impermeabilizada.	Se controla el tiempo de reposo mínimo por lote, se evitan movimientos bruscos del tanque que mezclen nuevamente las fases y se reconoce como riesgo la acumulación prolongada de sedimentos que puede generar malos olores si no se purgan de manera periódica.

		la fase oleosa superior y las fases acuosa y de sedimentos en el fondo, y finalmente se purgan por la válvula inferior el agua y los lodos acumulados, procurando no perturbar la capa superior de aceite útil.		
5. Filtrado fino	Mejorar la claridad del aceite eliminando partículas pequeñas en suspensión.	Desde la parte superior del tanque de decantación se extrae el aceite con una bomba, cuidando que la succión no se ubique cerca del fondo, se conduce el flujo hacia filtros de malla fina o filtros de cartucho, se supervisan los manómetros u otros indicadores para detectar aumento de presión	Bombas resistentes a aceites, filtros de malla fina o cartuchos reemplazables, tubería adecuada, manómetros o indicadores de presión y un área donde se pueda manipular el equipo de manera segura.	Se controla que la presión no supere los límites recomendados por el fabricante, se programa la limpieza o cambio de filtros antes de que se saturen completamente y se reconoce como riesgo la disminución de caudal o la rotura de elementos filtrantes si se fuerza el sistema.

		asociado a obstrucción, se decide si es necesario recircular el aceite por una segunda pasada cuando la turbidez sigue siendo elevada y se registran los tiempos de filtración y el volumen efectivamente procesado para ajustar posteriormente los parámetros de operación.		
6. Purificación y deshidratación	Reducir la humedad residual y estabilizar el aceite para su almacenamiento y comercialización.	El aceite filtrado se conduce a un tanque equipado con sistema de calentamiento, se eleva la temperatura de manera gradual hasta un rango moderado que favorezca la evaporación del agua sin degradar el aceite, se mantiene este nivel	Tanque con resistencias o sistema de calentamiento seguro, termómetro industrial para controlar la temperatura, sistema de agitación lenta si se considera necesario y, opcionalmente, equipos complementarios como	Se controla que la temperatura no supere el límite establecido para evitar oxidación, se previene el contacto directo con aceite caliente mediante uso estricto de elementos de protección personal y se reconoce como

		térmico durante un tiempo definido mientras se observa la presencia de burbujeo o señales de eliminación de humedad, se puede aplicar una agitación suave para homogenizar la temperatura sin generar emulsiones, y al finalizar se deja reposar el aceite para que se estabilice antes de pasar a los tanques finales.	centrífugas para mejorar la purificación.	riesgo la presencia de vapores calientes que deben manejarse en un entorno ventilado.
7. Almacenamiento final del aceite recuperado	Conservar el aceite purificado en condiciones limpias, estables y trazables hasta su entrega al comprador.	Se transfiere el aceite purificado a tanques de almacenamiento que se hayan limpiado previamente, se registra el lote con fecha de procesamiento, volumen final y parámetros	Tanques de almacenamiento limpios de HDPE o acero, sistema de rotulación y codificación de lotes, hojas de registro y un área de almacenamiento	Se controla que no haya mezclas involuntarias de lotes distintos, se vigila que las tapas permanezcan cerradas y se reconoce como riesgo la posible recontaminación si el

		básicos de calidad, se cierran los tanques de forma hermética para evitar ingreso de polvo o humedad ambiental, se organiza el inventario siguiendo un orden que facilite la rotación de producto y se prepara la documentación necesaria para su eventual transporte y venta.	ordenada y protegida de contaminantes externos.	área no se mantiene limpia o si se manipulan los tanques sin las debidas precauciones.
8. Manejo y disposición de residuos generados	Gestionar de manera adecuada lodos, sólidos y aguas residuales conforme a normatividad ambiental.	Se recolectan los lodos y sedimentos purgados de los tanques en recipientes resistentes y claramente identificados, se almacenan temporalmente en un área ambiental delimitada y con piso impermeabilizado, se	Contenedores diferenciados para lodos y sólidos, área ambiental con drenaje controlado, acuerdos formales con gestor ambiental autorizado y protocolos internos de manejo de residuos.	Se controla que los residuos no se acumulen durante periodos prolongados para evitar olores intensos, se previenen derrames en zonas no preparadas y se reconoce como riesgo la imposición de

	separan los residuos sólidos de mayor tamaño que provienen del tamizaje para su disposición según las indicaciones del gestor, se registran los volúmenes aproximados de residuos generados por periodo y se coordina de forma periódica la entrega a un gestor autorizado, manteniendo los soportes documentales correspondientes.	sanciones si no se cumple con la normativa de manejo de residuos.

La ingeniería del proceso productivo constituye el corazón técnico del proyecto, ya que permite comprender cómo se transforma un residuo altamente heterogéneo como el Aceite de Cocina Usado en un insumo purificado y estable, capaz de integrarse a cadenas industriales externas. Este proceso, aunque se basa en operaciones físicas relativamente simples, exige una organización precisa de flujos, tiempos, equipos y controles básicos que garantizan una operación eficiente, segura y coherente con los exigentes estándares ambientales que regulan este tipo de actividades.

Desde una perspectiva integral, la ingeniería del proceso articula cuatro dimensiones simultáneas: la logística de recolección, la preparación inicial del aceite, el tratamiento técnico para su purificación y el manejo adecuado de los residuos generados. Estas dimensiones se conectan mediante un flujo continuo que atraviesa la planta, evitando retrocesos innecesarios y permitiendo que cada etapa agregue valor al producto intermedio sin interrumpir el avance hacia la obtención del aceite purificado. Esta continuidad no es solamente operativa, sino estratégica, ya que minimiza pérdidas, mejora la eficiencia energética y reduce la incertidumbre en la planificación de volúmenes.

La primera parte del proceso, la recolección, ocurre fuera de la planta, pero influye determinante en la calidad del aceite recibido. La forma en que se captura el ACU incide en la cantidad de agua, sólidos y contaminantes que deberán retirarse en etapas posteriores. Por esta razón, el proceso comienza con una logística ordenada de recolección en establecimientos gastronómicos. Esta logística no es un simple traslado, sino un mecanismo de estandarización: el uso de contenedores herméticos, el intercambio por contenedores limpios y la regularidad de las

rutas conforman un sistema que asegura que el residuo llegue con un nivel básico de integridad fisicoquímica.

Una vez en planta, inicia el tratamiento técnico propiamente dicho. La recepción del ACU permite clasificar el residuo y verificar que cumple con los parámetros mínimos para ingresar al proceso. Aunque esta etapa parece inmediata, su importancia radica en que evita fallas posteriores: detectar lotes demasiado contaminados, con alto contenido de agua o con materiales extraños previene obstrucciones, pérdidas de eficiencia y riesgos operativos. Esta verificación inicial habilita el paso al prefiltrado.

El prefiltrado marca el inicio de la depuración física del aceite. Mediante un tamizaje grueso se eliminan sólidos de gran tamaño, tales como restos de alimentos carbonizados o partículas metálicas, que podrían causar daños mecánicos en bombas, tuberías o en sistemas de filtración más sensibles. Esta remoción temprana constituye una primera barrera de protección para el sistema técnico completo y responde a buenas prácticas de manejo de aceites residuales, en las que se prioriza la reducción de contaminantes sólidos desde las etapas iniciales del proceso (Mittelbach y Remschmidt, 2004). Posteriormente, el aceite prefiltrado se transfiere a tanques de almacenamiento temporal, donde tiene lugar la operación natural más determinante del proceso: la decantación.

La decantación constituye el núcleo del proceso, pues permite que el aceite, el agua y los sedimentos se separen de manera espontánea como resultado de las diferencias de densidad entre fases. Este reposo, que puede extenderse varias horas o incluso días según el volumen y las

condiciones del lote, proporciona una purificación inicial que reduce significativamente la carga de trabajo de las etapas posteriores (Canakci y Van Gerpen, 2001). Desde el punto de vista ingenieril, resulta fundamental garantizar condiciones adecuadas en los tanques, tales como ausencia de vibraciones, estabilidad térmica cercana a temperatura ambiente y suficiente tiempo de residencia, factores que inciden directamente en la eficiencia de la separación. Una purga controlada del agua decantada y de los sedimentos acumulados incrementa la eficiencia global del proceso y reduce el desgaste prematuro de equipos ubicados aguas abajo.

Superada esta fase, el aceite decantado ingresa al sistema de filtrado fino. Esta operación emplea elementos filtrantes de mayor precisión con el fin de remover partículas de menor tamaño que permanecen en suspensión, contribuyendo a la reducción de la turbidez y a la mejora de la estabilidad físicoquímica del aceite. El filtrado fino es una etapa crítica, ya que prepara el insumo para la purificación final y condiciona la calidad del producto obtenido (Knothe, Van Gerpen y Krahl, 2005). Variables como la presión de operación, el caudal, el estado de saturación de los filtros y el régimen de recirculación deben ser monitoreadas de manera continua, puesto que desviaciones no controladas pueden comprometer la claridad del aceite y generar pérdidas operativas.

La última etapa técnica corresponde a la purificación y deshidratación del aceite. En esta fase, el fluido es sometido a un calentamiento moderado que facilita la evaporación del agua residual, aprovechando la diferencia entre los puntos de ebullición del agua y del aceite. Esta intervención térmica debe ser rigurosamente controlada, dado que temperaturas excesivas favorecen procesos de oxidación y degradación del aceite, mientras que temperaturas

insuficientes pueden dejar humedad remanente que afecta la calidad y la estabilidad del producto final (ASTM International, 2019). En algunos esquemas de procesamiento se incorpora el uso de centrífugas, las cuales mejoran la separación de microimpurezas y trazas de agua, incrementando el nivel de pureza alcanzado. Posteriormente, el aceite es sometido a un nuevo periodo de reposo que permite estabilizar sus propiedades antes del almacenamiento definitivo.

Finalmente, el aceite purificado se almacena en tanques que cumplen condiciones estrictas de limpieza, hermeticidad y trazabilidad, garantizando la conservación de sus características fisicoquímicas hasta su comercialización. Esta etapa no debe entenderse como un procedimiento meramente administrativo, sino como un componente esencial del control de calidad del proceso. De forma paralela, los residuos generados, tales como lodos, sólidos retenidos y aguas contaminadas, son gestionados conforme a protocolos ambientales y normativas vigentes, con el propósito de minimizar impactos negativos sobre el entorno y asegurar un manejo responsable de los subproductos del proceso (FAO, 2011).

4.3.5 Requerimientos de equipos, maquinaria e infraestructura

La implementación del proceso productivo exige identificar los equipos, la maquinaria y la infraestructura mínima necesaria para garantizar una operación segura y eficiente. En este tipo de plantas, orientadas al aprovechamiento primario del Aceite de Cocina Usado, los requerimientos técnicos no corresponden a maquinaria industrial compleja ni a tecnologías altamente automatizadas, sino a un conjunto de dispositivos accesibles, robustos y suficiente-mente precisos para sostener el flujo operativo descrito previamente. El objetivo es

asegurar una operación técnicamente controlada sin incurrir en inversiones desproporcionadas que no se justifiquen en la etapa inicial del proyecto.

En esta sección, por tanto, se detallan los elementos esenciales para la recolección, recepción, pretratamiento, filtración, purificación y almacenamiento del ACU, así como los componentes mínimos de infraestructura que permiten la adecuada disposición de residuos y la organización funcional de la planta. Los requerimientos se presentan de forma realista, considerando disponibilidad comercial, costos razonables y facilidad de mantenimiento.

4.3.5.1 Equipos y maquinaria principal del proceso. La operación técnica de una planta dedicada al aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado exige un conjunto de equipos e instalaciones que, aunque no corresponden a tecnologías industriales de alta complejidad, sí deben ofrecer solidez, funcionalidad y seguridad suficientes para sostener las etapas del proceso productivo. La naturaleza del ACU, un residuo viscoso, heterogéneo y susceptible a la degradación, obliga a seleccionar dispositivos que permitan manejarlo con control, minimizando riesgos de derrames, obstrucciones y afectaciones ambientales. Por esta razón, los requerimientos que se presentan en este apartado responden a criterios de pertinencia técnica y de viabilidad económica, buscando un equilibrio entre eficiencia y realismo operativo.

En esta escala de proyecto, el objetivo no es implementar maquinaria sofisticada ni automatizaciones que resulten costosas e innecesarias, sino asegurar que cada etapa, desde la recepción hasta la purificación final, disponga del equipo adecuado para cumplir su función con estabilidad. Asimismo, la infraestructura requerida no implica grandes edificaciones industriales,

sino áreas funcionales, bien organizadas y compatibles con el flujo lineal del proceso. Este conjunto de elementos constituye la base física sobre la cual puede operar la planta, garantizando condiciones mínimas de bioseguridad, orden y control técnico.

La tabla siguiente presenta una descripción ampliada y técnica de los equipos principales, junto con sus capacidades recomendadas y una justificación clara que demuestra por qué cada elemento es necesario dentro del proceso

Tabla 9

Equipos y Maquinaria Principal del Proceso

Equipo principal	Descripción y función técnica (profundizada)	Capacidad / especificaciones recomendadas (detalladas)	Justificación técnica y pertinencia (ampliada)
1. Tamices metálicos de prefiltrado	Elementos iniciales destinados a separar sólidos gruesos, restos de comida, carbones, partículas densas, evitando la entrada de materiales contaminantes o abrasivos al sistema de decantación. Estabilizan la carga entrante y disminuyen la presión operativa sobre los procesos posteriores.	Malla 1–3 mm; acero inoxidable o galvanizado; superficie útil para 10–15 L por pasada; marco rígido antideformación; diseño ergonómico para operación continua.	Reducen riesgos de obstrucción en bombas y filtros finos, disminuyen mantenimiento, mejoran la claridad del aceite previo al reposo y evitan la acumulación excesiva de sedimentos. Resultan esenciales en cualquier sistema de pretratamiento.
2. Tanques de decantación (2 × 1.500 L)	Recipientes donde el ACU permanece en reposo para la separación gravitacional entre aceite, agua y lodos. Actúan como núcleo pasivo del sistema, determinando la calidad previa a la fase de purificación.	Tanques verticales en HDPE; 1.500 L útiles; tapa hermética; válvula inferior de purga; paredes resistentes a impactos; base elevada para purga segura.	Dos unidades permiten alternar carga, reposo y limpieza. La capacidad total de 3.000 L ofrece margen para crecimiento sin sobredimensionar. El HDPE asegura resistencia, inocuidad y bajo costo.

3. Bomba de transferencia principal	Facilita el movimiento del aceite entre etapas con un flujo estable, sin generar turbulencias que remuevan sedimentos.	Caudal 20–40 L/min; potencia 0.5–1 HP; diseño centrífugo o rotor flexible; materiales compatibles con aceites vegetales; temperatura máx. 80 °C; válvulas anti-retorno.	Evita trasiegos manuales y garantiza continuidad. Minimiza cavitación y protege la integridad del aceite. Equipo esencial para operar en flujo ordenado.
4. Bomba de transferencia de respaldo	Unidad duplicada para asegurar que el proceso continúe ante fallas o mantenimiento de la bomba principal.	Mismas especificaciones que la bomba principal.	Las bombas son puntos críticos en procesos con fluidos viscosos. Un fallo detiene la planta por completo. Contar con respaldo es indispensable para continuidad y evitar pérdidas.
5. Bomba exclusiva para aceite purificado	Dedicada exclusivamente a movilizar el aceite ya purificado, evitando contaminación cruzada con aceite crudo.	Caudal 20–40 L/min; materiales inoxidables; adecuada para aceites limpios; operación suave.	Impedir mezcla entre producto crudo y purificado es un estándar industrial básico. Esta unidad asegura calidad final e inocuidad.
6. Filtro de malla fina o cartucho filtrante (principal)	Sistema de filtración secundaria que remueve partículas pequeñas, mejora la claridad y prepara el aceite para la purificación por calor.	Grado de filtración 50–150 micras; cuerpo metálico o HDPE reforzado; caudal ≥20 L/min; manómetro para identificar saturación.	Reduce turbidez y evita que partículas ingresen a la etapa térmica, donde podrían quemarse y afectar la calidad. Es vital para la estabilidad del producto.

7. Carcasa filtrante de respaldo	Unidad idéntica a la principal para permitir continuidad operativa cuando el cartucho se satura.	Especificaciones iguales a la unidad principal.	La saturación de filtros es frecuente; sin unidad gemela, la operación debe detenerse. Garantiza continuidad y minimiza tiempos muertos.

Nota. La selección de los equipos y la definición de sus capacidades se realizó bajo criterios de pertinencia técnica y viabilidad operativa para un proyecto de escala local. Por ello, se privilegiaron tecnologías accesibles, de fácil mantenimiento y con un nivel de complejidad proporcional al volumen de aceite que se espera procesar en la etapa inicial. Las especificaciones propuestas representan rangos recomendados según el comportamiento del ACU durante las fases de prefiltrado, decantación, filtración fina y purificación, y pueden ajustarse de acuerdo con la disponibilidad comercial o con la posibilidad de ampliar la capacidad instalada en el futuro.

4.3.5.2 Equipos auxiliares y herramientas operativas. Además de la maquinaria principal que soporta las etapas críticas del proceso productivo, la operación cotidiana de una planta de aprovechamiento de Aceite de Cocina Usado requiere un conjunto de equipos auxiliares y herramientas que, si bien no intervienen directamente en la transformación del residuo, son indispensables para garantizar la continuidad del flujo, la seguridad del personal y el orden interno del sistema. Su función se despliega en un plano complementario: facilitar el traslado de cargas, asegurar la limpieza del entorno, controlar derrames, apoyar las labores de inspección y contribuir a la trazabilidad de los lotes.

En plantas de pequeña y mediana escala, estos elementos no representan inversiones elevadas, pero sí constituyen un soporte operativo decisivo. La ausencia de alguno de ellos puede generar retrasos, pérdidas de eficiencia o incluso riesgos para la integridad del personal y del producto. Por ello, se consideran parte del equipamiento mínimo requerido para que el proceso funcione de manera estable, previsible y técnicamente organizada.

La siguiente tabla presenta los principales equipos auxiliares y herramientas necesarias, con una descripción ampliada de su función, sus especificaciones recomendadas y su pertinencia dentro del proyecto:

Tabla 10

Requerimiento de equipos y herramientas auxiliares

Equipo / herramienta	Descripción y función operativa	Especificaciones recomendadas	Justificación técnica / pertinencia
Carretillas y dollys	Facilitan el traslado de contenedores llenos, tambores y equipos dentro de la planta sin cargas excesivas sobre el personal.	Capacidad 150–250 kg; plataforma metálica o HDPE rígido; ruedas reforzadas; manija ergonómica.	Incrementan eficiencia y previenen lesiones, especialmente en áreas con recorridos repetitivos.
Recipientes auxiliares para residuos	Almacenan sólidos gruesos, lodos o sedimentos purgados antes de su gestión ambiental.	Contenedores HDPE 15–30 L; tapa hermética; color diferenciado del ACU.	Mantienen segregación de residuos, reducen contaminación cruzada y cumplen normativas ambientales.
Bandejas de retención pequeñas	Contienen derrames menores durante trasvases, inspecciones o purgas.	Bandejas plásticas o metálicas; capacidad 10–20 L; diseño antiderrame.	Evitan contaminación del piso y facilitan limpieza durante operaciones rutinarias.
Bandeja de retención de mayor capacidad	Contención principal bajo bombas, tuberías o filtración, donde pueden generarse fugas más significativas.	HDPE o metálica; capacidad 50–100 L; base estable.	En áreas críticas el riesgo de derrame es mayor; esta bandeja evita impactos ambientales y paradas de emergencia.
Herramientas manuales básicas	Conjunto para ajustes cotidianos, apertura de filtros, liberación de piezas y limpieza.	Juego industrial; espátula resistente; llave de correa para carcazas filtrantes.	Permite resolver mantenimientos menores sin detener la planta ni requerir asistencia externa.

Termómetro portátil	Mide temperatura del aceite en puntos distintos al tanque principal.	Rango 0–150°C; resistente a aceite y humedad; lectura rápida.	Garantiza control térmico adecuado incluso fuera del sistema principal, evitando sobrecalentamientos.
Kit de control de derrames	Elementos para contener y absorber fugas accidentales.	Absorbentes industriales, paños, barreras, pala plástica, bolsas de residuos, tapones de drenaje.	Responde a incidentes inevitables; reduce riesgos ambientales y asegura cumplimiento de regulación.
Extintores tipo ABC y K	Control de incendios eléctricos y de grasas/aceites.	Un ABC de 10 lb y un tipo K cercano a la zona de purificación.	El aceite caliente presenta riesgo de ignición; ambos tipos son obligatorios según estándares de seguridad.
Equipos de protección personal (EPP)	Protegen al personal frente a calor, derrames, resbalones y objetos cortantes.	Guantes anticorte resistentes a aceites, gafas, botas antideslizantes, delantal impermeable.	Condición esencial para operar con ACU; evita lesiones y cumple normas laborales.
Marcadores, etiquetas y registros operativos	Permiten rotular lotes, tanques, recipientes y registrar operaciones diarias.	Etiquetas resistentes a humedad/aceites; marcadores permanentes; hojas o registro digital.	La trazabilidad es requisito básico de control de calidad y auditoría.
Cajas o estantes organizadores	Mobiliario donde se almacenan herramientas, repuestos y accesorios.	Estantes metálicos o plásticos; capacidad modular.	Mantienen orden y reducen pérdidas de material, acelerando tiempos de operación.

Linterna o lámpara portátil	Apoya inspecciones de tanques, válvulas y zonas de baja visibilidad.	Lámpara LED recargable, resistente a humedad y aceites.	Permite revisar fugas, nivelaciones o conexiones internas sin desmontar equipos.
Mangueras certificadas para aceite con acoples rápidos	Conectan tanques, filtros y bombas sin riesgo de fugas.	Mangueras industriales resistentes a aceites; acoples metálicos rápidos; resistencia térmica.	Evitan derrames, contaminación y entrada de aire; críticas para operación limpia y estable.
Kit básico de mantenimiento para bombas	Repuestos esenciales para reducir tiempos de inactividad en equipos críticos.	Sellos mecánicos, empaques, lubricantes compatibles, tornillería.	La bomba es un punto crítico; disponer de repuestos evita detenciones prolongadas.
Bolsas y contenedores reforzados para residuos húmedos	Manejo seguro de sólidos impregnados de aceite previo a disposición final.	Bolsas gruesas de polietileno; contenedores con tapa resistente.	Aseguran contención correcta, reducen goteos y previenen contaminación.
Extractor o ventilador portátil	Controla vapores calientes en áreas donde se calienta aceite.	Ventilador industrial portátil; carcasa metálica; flujo ≥1.500 m^3/h.	Disipa vapores y calor excesivo, manteniendo condiciones seguras y evitando acumulación inflamable.
Botiquín de primeros auxilios	Atención inmediata ante cortes, quemaduras o incidentes menores.	Botiquín industrial con materiales para quemaduras y vendajes.	Indispensable según normativa de seguridad en plantas con calor, herramientas y fluidos.

Estación lavaojos portátil	Proporciona limpieza inmediata ante salpicaduras de aceite, especialmente caliente.	Dispositivo portátil con flujo continuo; 10–20 L de solución o agua limpia.	Reduce gravedad de lesiones oculares; exigencia básica en espacios con riesgo de proyecciones.
Registro de mantenimiento preventivo	Documento físico o digital para planificar, registrar y verificar mantenimientos.	Formatos impresos o sistema digital sencillo.	Reduce fallas críticas, organiza intervenciones y asegura continuidad del proceso.

4.3.5.3 Infraestructura mínima requerida. La infraestructura constituye el soporte físico sobre el cual se organiza y opera el proceso de aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado. A diferencia de plantas industriales de gran escala, este proyecto no demanda edificaciones altamente especializadas ni instalaciones sofisticadas; sin embargo, sí requiere espacios funcionales, ordenados y técnicamente coherentes con el flujo de operaciones descrito en la ingeniería del proceso. El objetivo es garantizar un tránsito continuo del residuo desde su ingreso hasta su purificación final, manteniendo condiciones de seguridad, limpieza y control ambiental que eviten riesgos para el personal y el entorno.

La infraestructura mínima se compone de una serie de zonas independientes pero conectadas de manera lógica. Cada una cumple una función específica dentro del sistema, y su adecuada delimitación evita cruces innecesarios entre áreas sucias y áreas limpias, reduce pérdidas operativas y contribuye al cumplimiento de normativas ambientales básicas. En plantas de pequeña y mediana escala, esta organización puede realizarse en un espacio relativamente compacto, siempre que se respeten distancias funcionales, vías de circulación y condiciones estructurales simples como ventilación, iluminación y superficies resistentes.

Área de recepción y descarga del ACU

El área de recepción y descarga del aceite de cocina usado constituye el punto de partida del proceso interno y funciona como una zona de transición entre la recolección externa y las operaciones técnicas de la planta. En este espacio ingresan los contenedores procedentes de restaurantes y establecimientos gastronómicos, donde se realiza la descarga, el pesaje y una

inspección preliminar del residuo, orientada a identificar presencia de contaminantes evidentes, exceso de agua o condiciones inadecuadas del material recolectado. La literatura técnica coincide en que esta verificación inicial resulta clave para evitar la incorporación de residuos no conformes al proceso productivo y para garantizar la trazabilidad del aceite desde su ingreso a la planta (FAO, 2011).

Dado que el ACU es un residuo viscoso y potencialmente derramable, el diseño del área debe contemplar superficies impermeables, resistentes a grasas y agentes químicos, con pendientes controladas que faciliten la limpieza y la contención de fugas accidentales. Estas condiciones son coherentes con las recomendaciones para instalaciones de manejo de residuos líquidos, en las que se prioriza la prevención de riesgos operativos y ambientales desde la etapa de recepción (European Commission, 2018). Asimismo, se recomienda que esta zona cuente con sistemas básicos de drenaje y con protocolos claros de limpieza, a fin de evitar acumulaciones que puedan generar riesgos sanitarios o de deslizamiento.

Desde el punto de vista funcional, la ubicación del área de recepción debe permitir acceso directo desde la vía de ingreso, reduciendo maniobras innecesarias y minimizando el cruce con otras áreas del proceso. La amplitud del espacio es igualmente relevante, pues facilita la manipulación segura de los contenedores y disminuye la probabilidad de accidentes laborales durante las operaciones de carga y descarga. Organismos especializados en seguridad industrial destacan que una adecuada distribución espacial en zonas de recepción reduce de manera significativa los incidentes asociados a golpes, caídas y derrames (OSHA, 2015).

Tabla 11

Condiciones de infraestructura para el area de recepción y descarga del ACU

Elemento	Requerimiento mínimo	Finalidad técnica
Superficie	Piso impermeabilizado, con pendiente suave hacia drenaje	Facilitar limpieza, evitar acumulación de aceite
Ventilación	Ventilación natural o extractores simples	Disipar olores y mejorar condiciones de trabajo
Limpieza	Punto de agua cercano; manguera o Aspersor	Lavado de contenedores y derrames
Control	Báscula industrial accesible en esta área	Registrar volúmenes recibidos por establecimiento
Seguridad	Bandejas de retención y señalización Visible	Contener derrames, proteger al personal
Espacio	Área suficiente para mover carretillas con Contenedores	Evitar choques, optimizar flujo de trabajo

Zona de prefiltrado

La zona de prefiltrado constituye la primera estación técnica en la que el aceite de cocina usado inicia su proceso de depuración física. En este espacio se instalan tamices o sistemas de filtración gruesa destinados a separar restos de alimentos, partículas de mayor tamaño y sólidos visibles, antes de que el aceite sea transferido a los tanques de decantación. La literatura especializada señala que esta etapa inicial es fundamental para proteger los equipos posteriores, reducir obstrucciones y mejorar la eficiencia global del sistema de tratamiento, especialmente cuando se trabaja con aceites provenientes de establecimientos gastronómicos con alta variabilidad en la carga de impurezas (Mittelbach y Remschmidt, 2004).

Desde el punto de vista operativo, esta labor exige superficies estables, impermeables y resistentes a grasas, así como materiales de fácil higienización, dado que los sólidos retirados suelen presentar alta humedad, contenido graso elevado y, en muchos casos, olores desagradables producto de la degradación del residuo. Las guías técnicas sobre manejo de aceites usados recomiendan que las áreas de filtración inicial estén diseñadas para facilitar la limpieza frecuente y evitar la acumulación de residuos orgánicos que puedan generar riesgos sanitarios o ambientales (FAO, 2011).

Adicionalmente, la zona de prefiltrado debe contar con una adecuada iluminación que permita al operador identificar visualmente el nivel de impureza del aceite y tomar decisiones relacionadas con la aceptación, reclasificación o reprocesamiento del lote. Este control visual temprano resulta relevante para garantizar la calidad del aceite que ingresa a las etapas posteriores y para mantener la trazabilidad del proceso (Knothe, Van Gerpen y Krahl, 2005). En términos de distribución en planta, se recomienda que esta zona se ubique próxima al área de recepción y descarga, con el fin de evitar desplazamientos innecesarios de aceite sin procesar, reducir riesgos de derrames y optimizar los flujos operativos dentro de la instalación, tal como sugieren las buenas prácticas de diseño para instalaciones de tratamiento de residuos líquidos (European Commission, 2018).

Tabla 12

Condiciones de infraestructura para la zona de prefiltrado

Elemento	Requerimiento mínimo	Finalidad técnica
Mesón o superficie	Mesa metálica o estructura rígida	Sostener tamices con estabilidad
Iluminación	Iluminación directa y suficiente	Facilitar inspección visual del aceite
Limpieza	Superficie de fácil lavado (metal o concreto sellado)	Evitar acumulación de grasa y residuos
Contención	Recipientes para sólidos retirados	Mantener orden y evitar dispersión
Ubicación	Proximidad inmediata al área de Recepción	Reducir desplazamientos y riesgo de derrames

Área de decantación

La decantación representa el núcleo volumétrico del proceso, en tanto concentra el mayor tiempo de permanencia del aceite dentro de la planta y posibilita la separación natural de las fases oleosa, acuosa y sólida por diferencia de densidades. En esta zona se disponen los tanques donde el aceite de cocina usado reposa durante varias horas, e incluso días según el volumen y las condiciones del lote, permitiendo que el agua y los sedimentos se depositen en el fondo mientras la fracción oleosa se estabiliza en la parte superior. Diversos estudios coinciden en que una decantación adecuada reduce de manera significativa la carga de impurezas que deben manejar las etapas posteriores de filtración y purificación, incrementando la eficiencia global del proceso (Canakci y Van Gerpen, 2001).

Dado que se trata de un espacio que aloja grandes volúmenes de fluido, la infraestructura debe ser robusta y segura, tanto desde el punto de vista estructural como operativo. Los tanques deben permitir inspecciones periódicas, mediciones visuales y purgas controladas de agua y lodos sin interferir con el tránsito interno ni comprometer la seguridad del personal. Las guías técnicas para el tratamiento de aceites usados resaltan la importancia de contar con accesos adecuados y con dispositivos de drenaje que faciliten la eliminación de fases indeseadas sin necesidad de manipulaciones complejas (Mittelbach y Remschmidt, 2004).

El piso del área de decantación debe estar completamente impermeabilizado, ser resistente a grasas y nivelado, con el fin de evitar infiltraciones, acumulaciones peligrosas y derrames no controlados. Estas condiciones responden a los lineamientos de las mejores técnicas disponibles para instalaciones de tratamiento de residuos líquidos, donde se prioriza la contención y el control ambiental desde las zonas de almacenamiento temporal (European Commission, 2018). Asimismo, la presencia de ventilación natural o asistida resulta necesaria para mitigar la acumulación de olores intensos derivados del reposo prolongado del aceite y de la descomposición de residuos orgánicos asociados.

Tabla 13

Condiciones de infraestructura para el área de decantación

Elemento	Requerimiento mínimo	Finalidad técnica
Piso	Superficie nivelada e impermeabilizada	Sostener peso de tanques y contener fugas
Ventilación	Natural o forzada	Evitar acumulación de olores

Organización	Espacio entre tanques para inspección	Facilitar mantenimiento y purga
Acceso	Vías libres a válvulas inferiores	Permitir purga de agua y sedimentos
Seguridad	Señalización de zona técnica	Delimitar área y evitar tránsito innecesario

Zona de filtrado fino

En esta zona se desarrolla la segunda etapa de depuración del aceite, orientada a la eliminación de partículas pequeñas que permanecen en suspensión tras la decantación, mediante el uso de filtros de malla fina o sistemas de cartuchos. Esta fase cumple una función crítica dentro del proceso, ya que permite reducir la turbidez, mejorar la estabilidad del aceite y proteger los equipos de purificación posteriores. La literatura especializada señala que un filtrado fino eficiente incide directamente en la calidad del producto final y en la vida útil de bombas, resistencias y otros componentes mecánicos del sistema Knothe et al. (2005).

La infraestructura de esta zona debe ofrecer condiciones de estabilidad mecánica y control operativo, dado que aquí entran en funcionamiento bombas, carcasas filtrantes y sistemas de presión. Se requiere una superficie firme y nivelada que permita soportar el peso de los equipos y minimizar vibraciones, así como conexiones eléctricas seguras y protegidas contra humedad y salpicaduras. Las guías técnicas sobre instalaciones de tratamiento de aceites y residuos líquidos destacan que la correcta disposición de los equipos y la estabilidad estructural

reducen fallos operativos y riesgos asociados a sobrepresiones o desconexiones accidentales (European Commission, 2018).

Adicionalmente, el diseño del área debe incorporar bandejas de contención o sistemas de retención secundaria, ya que el proceso de filtrado puede generar pequeñas fugas durante el cambio de filtros, la purga de aire o el mantenimiento de las carcasas. La presencia de estos sistemas permite una respuesta inmediata ante derrames menores y evita la dispersión del aceite hacia otras áreas de la planta. Organismos de referencia en seguridad industrial y manejo de fluidos recomiendan que las zonas donde se trabaja con aceites presurizados cuenten con medidas de contención y fácil limpieza para prevenir riesgos de contaminación cruzada y accidentes laborales (OSHA, 2015).

Tabla 14

Condiciones de infraestructura para la zona de filtrado fino

Elemento	Requerimiento mínimo	Finalidad técnica
Superficie	Plataforma estable y resistente	Sostener filtros y bomba
Electricidad	Toma eléctrica regulada	Operación segura de la bomba
Contención	Bandejas de retención	Manejo de fugas menores
Iluminación	Luz suficiente para leer manómetros	Controlar saturación del filtro
Acceso	Espacio para retirar y limpiar filtros	Mantener eficiencia operativa

Área de purificación o deshidratación

Esta zona concentra el equipo de calentamiento donde el aceite se deshidrata para eliminar humedad residual. Al tratarse de aceite caliente, la zona requiere un diseño más cuidadoso: piso resistente a altas temperaturas, acceso controlado, ventilación que disperse vapores y separación física respecto a materiales combustibles. Es indispensable que este espacio facilite maniobras seguras durante el vaciado y llenado del tanque, y que permita supervisar temperatura sin exponerse a riesgos térmicos.

Tabla 15

Condiciones de infraestructura para el área de purificación o deshidratación

Elemento	Requerimiento mínimo	Finalidad técnica
Superficie	Piso resistente al calor y a goteos	Evitar daños estructurales
Electricidad	Línea regulada para resistencias	Operación segura del tanque caliente
Ventilación	Natural o extractores	Disipar vapores y calor
Seguridad	Extintor tipo K cercano	Control de incendios por aceites
Distancia	Separación de materiales combustibles	Prevenir ignición accidental

Almacenamiento final

Esta zona concentra el equipo de calentamiento en el cual el aceite previamente filtrado es sometido a un proceso de deshidratación destinado a eliminar la humedad residual aún presente. La aplicación de calor controlado permite la evaporación del agua, aprovechando la

diferencia entre los puntos de ebullición del agua y del aceite, lo cual resulta fundamental para garantizar la estabilidad y calidad del producto final. La literatura técnica destaca que la eliminación adecuada de la humedad es una condición crítica, ya que su presencia afecta negativamente la conservación del aceite y limita su aprovechamiento posterior, especialmente en procesos industriales o de transformación energética Knothe et al. (2005).

Dado que en esta etapa se trabaja con aceite caliente, el diseño del área requiere consideraciones de seguridad más estrictas. El piso debe ser resistente a temperaturas elevadas, impermeable y antideslizante, de manera que soporte derrames accidentales sin deteriorarse ni generar riesgos de caídas. Asimismo, se recomienda un acceso controlado al área, con delimitación clara y señalización visible, para reducir la exposición del personal no autorizado. Las mejores prácticas en instalaciones térmicas y de manejo de fluidos calientes señalan la importancia de separar físicamente esta zona de materiales combustibles y de otras áreas operativas sensibles, como medida preventiva frente a incidentes por sobrecalentamiento o ignición accidental (OSHA, 2015).

La ventilación cumple un papel clave en esta zona, ya que permite dispersar vapores y olores generados durante el calentamiento del aceite, evitando acumulaciones que puedan resultar incómodas o peligrosas para el personal. En este sentido, las guías técnicas para el tratamiento de residuos líquidos recomiendan combinar ventilación natural con sistemas de extracción localizada cuando sea necesario, especialmente en procesos que involucran calor y sustancias orgánicas (European Commission, 2018). Una ventilación adecuada contribuye,

además, a mantener condiciones ambientales estables que favorecen el control térmico del proceso.

Finalmente, el diseño del área debe facilitar maniobras seguras durante el llenado y vaciado del tanque de purificación, incorporando accesos adecuados, válvulas de operación ergonómica y puntos de observación que permitan supervisar la temperatura y el estado del aceite sin exponer al operador a riesgos térmicos directos. La posibilidad de monitorear variables críticas a distancia o mediante instrumentos visibles desde zonas seguras es un aspecto valorado en sistemas modernos de tratamiento de aceites usados, ya que refuerza tanto la seguridad laboral como el control de calidad del proceso (Mittelbach y Remschmidt, 2004; FAO, 2011).

Tabla 16

Condiciones de infraestructura para el área de almacenamiento final

Elemento	Requerimiento mínimo	Finalidad técnica
Superficie	Piso impermeable y limpio	Mantener calidad del aceite purificado
Organización	Sistema de rotulación de tanques	Garantizar trazabilidad por lotes
Protección	Espacio seco y ventilado	Evitar recontaminación
Acceso	Paso libre para carga y descarga	Facilitar operaciones de despacho

Área ambiental (Manejo de Residuos)

El proceso de tratamiento del aceite de cocina usado genera residuos secundarios, principalmente lodos provenientes de la decantación, partículas sólidas retenidas en las etapas de

prefiltrado y filtrado fino, así como pequeñas cantidades de aguas contaminadas asociadas a purgas y operaciones de limpieza. Esta zona debe estar diseñada para almacenar temporalmente dichos residuos de forma ordenada, diferenciada y segura, evitando derrames, mezclas no controladas y cualquier riesgo de contaminación del suelo o de cuerpos de agua. La correcta gestión de estos subproductos es un componente esencial de los sistemas de valorización de residuos, dado que condiciona el cumplimiento ambiental y la sostenibilidad global del proyecto (FAO, 2011).

En esta área se concentran recipientes claramente identificados y diferenciados según el tipo de residuo generado, lo que facilita su manejo posterior, ya sea para disposición final o para entrega a gestores autorizados. Las guías técnicas y normativas internacionales sobre tratamiento de residuos líquidos recomiendan que el almacenamiento temporal se realice en contenedores resistentes, con tapas herméticas y ubicados en espacios delimitados, de modo que se minimicen emisiones de olores, riesgos sanitarios y exposiciones innecesarias del personal (European Commission, 2018). La segregación adecuada de residuos también contribuye a mejorar la trazabilidad ambiental del proceso y a simplificar los registros exigidos por las autoridades competentes.

El piso de esta zona debe estar completamente impermeabilizado, ser resistente a grasas y agentes químicos, y presentar una superficie que facilite la limpieza y la contención de eventuales derrames. Estas condiciones responden a los principios de prevención de la contaminación y de control de riesgos ambientales aplicables a instalaciones de manejo de residuos industriales y agroindustriales (UNEP, 2016). En algunos casos, se recomienda

incorporar bordillos o sistemas de retención perimetral que actúen como barrera secundaria frente a fugas accidentales.

Tabla 17

Condiciones de infraestructura para el Área Ambiental

Elemento	Requerimiento mínimo	Finalidad técnica
Piso	Impermeabilizado con borde perimetral	Evitar contaminación del suelo
Contenedores	Diferenciados por tipo de residuo	Separación adecuada y orden
Señalización	Zona restringida claramente identificada	Cumplimiento normativo
Acceso	Área accesible para gestor autorizado	Facilitar retiro periódico

4.3.6 Requerimiento de servicios básicos

El funcionamiento continuo y seguro de una planta de aprovechamiento de Aceite de Cocina Usado depende de la disponibilidad y estabilidad de ciertos servicios básicos, que constituyen el soporte energético, ambiental y operativo del proceso productivo. Aunque el consumo global de una instalación de esta escala no es elevado, sí existen demandas puntuales que deben ser consideradas: equipos eléctricos de bombeo, resistencias para calentamiento del aceite, sistemas de ventilación y puntos de agua para limpieza y manejo de residuos.

Una evaluación rigurosa de estos requerimientos permite verificar la viabilidad de la localización seleccionada, anticipar necesidades de infraestructura adicional y establecer los costos operativos básicos que se integrarán en el estudio financiero. En esta planta, los servicios

críticos se concentran en energía eléctrica, suministro de agua, ventilación/extracción, manejo de aguas residuales y disponibilidad de comunicación interna para control documental.

Tabla 18

Requerimientos de servicios básicos

Servicio básico	Uso en la planta	Justificación técnica
Energía eléctrica	Alimentar bombas de trasiego, resistencia del tanque de purificación, iluminación y extracción	La purificación requiere aporte térmico estable; las bombas no pueden operar con caídas de tensión; la iluminación y el extractor son esenciales para seguridad y Ergonomía
Agua potable	Limpieza de áreas, lavado de implementos y preparación de soluciones desengrasantes	Aunque el proceso no consume agua, la limpieza frecuente de zonas con grasa evita riesgos de resbalones, contaminación y acumulación de Residuos
Drenaje y manejo de aguas residuales	Evacuación de aguas de lavado con trazas mínimas de aceite	Es necesario contar con trampa de grasas para cumplir normas ambientales y evitar obstrucciones en el sistema de Alcantarillado
Ventilación / extracción	Disipar vapores ligeros y calor generado en la purificación	Mantiene condiciones térmicas seguras, reduce concentración de olores y mejora el ambiente laboral
Iluminación industrial	Asegurar visibilidad adecuada en zonas técnicas y en inspección del proceso	Evita errores en manejo de válvulas, conexiones y componentes; reduce riesgos por manipulación de equipos
Comunicaciones internas	Registro de datos del proceso, trazabilidad, coordinación administrativa	Permite gestionar lotes, registrar volúmenes y garantizar trazabilidad exigida por control ambiental o clientes

4.3.7 Requerimiento de insumos y materiales auxiliares

Además de la maquinaria principal, la operación cotidiana de la planta exige un conjunto de insumos y materiales auxiliares que permiten mantener la continuidad del proceso, asegurar la higiene del entorno y sostener los niveles de calidad del aceite recuperado. Estos insumos no participan directamente en la transformación del ACU, pero sí cumplen funciones esenciales para el funcionamiento seguro y ordenado del sistema productivo.

En plantas de pequeña–mediana escala, estos elementos suelen incluir materiales filtrantes reemplazables, implementos de limpieza industrial, elementos de protección personal, lubricantes básicos para mantenimiento, contenedores auxiliares y reactivos simples para verificación de parámetros. El dimensionamiento de estos insumos se basa en la frecuencia de uso asociada al proceso y en la necesidad de garantizar un stock mínimo que evite interrupciones operativas.

Tabla 19

Requerimiento de insumos y materiales auxiliares

Insumo / material auxiliar	**Uso dentro del proceso**	**Justificación técnica**
Mallas y cartuchos filtrantes (50–150 micras)	Reemplazos periódicos en filtrado fino	Mantienen eficiencia del sistema y evitan contaminación del aceite purificado

Bolsas filtrantes o tamices secundarios	Prefiltrado rápido del ACU recibido	Disminuyen carga de sólidos gruesos y prolongan vida útil de filtros principales
Detergentes industriales desengrasantes	Limpieza diaria de pisos, bandejas, mangueras y puntos de descarga	Evitan acumulación de grasa, reducen riesgos de resbalones y mantienen higiene
Paños absorbentes y material para control de derrames	Contención inmediata ante goteos y pequeños derrames	Minimizan riesgos operativos y previenen contaminación Cruzada
Absorbente granular o pellets anti-derrame	Manejo de derrames mayores o zonas muy engrasadas	Asegura control efectivo de incidentes y facilita limpieza profunda
Lubricantes y grasas técnicas para bombas	Mantenimiento preventivo de bombas y válvulas	Reduce desgaste mecánico y garantiza continuidad del proceso
Reactivos simples de control de calidad (humedad, densidad)	Evaluación básica del aceite antes y después de purificación	Permiten verificar condiciones mínimas del producto y ajustar decisiones operativas
Guantes, botas y EPP de recambio (nitrilo, PVC, delantal impermeable)	Protección del personal ante contacto con ACU, superficies calientes o resbaladizas	Cumplen normas de seguridad industrial y previenen accidentes
Guantes gruesos de caucho para manipulación de contenedores	Manejo inicial de ACU y manipulación de recipientes pesados	Resisten grasa y evitan accidentes durante recepción y prefiltrado
Mangueras auxiliares y conectores resistentes a aceite	Transferencia interna entre contenedores, tanques y filtros	Evitan fugas y permiten maniobras seguras dentro de la planta

Bandejas o contenedores auxiliares	Recepción temporal de ACU o lodos; apoyo en purgas y maniobras	Evitan derrames y facilitan trabajo operativo
Recipientes plásticos para purga de agua y sedimentos	Recolección del agua separada durante decantación	Necesarios para manejo ordenado de subproductos líquidos
Sellos de goma o empaques de repuesto para carcasa filtrante	Mantenimiento del sistema de filtración	Garantizan cierre hermético y operación segura bajo presión
Llave tipo correa / prensa para apertura de carcasa filtrante	Cambio de cartuchos y mantenimiento del filtro	Permite desmontaje seguro del sistema sin daños
Termopar o cinta térmica indicadora (opcional avanzado)	Monitoreo externo de temperatura del tanque en purificación	Aumenta precisión térmica y previene riesgos por sobrecalentamiento
Recipiente metálico o anti-calor para apoyar herramientas calientes	Operación segura del tanque de purificación	Reduce riesgos de quemaduras y organiza la zona de trabajo
Esponjas industriales / cepillos duros	Limpieza de contenedores en área de recepción	Evitan acumulación de residuos y mejoran condiciones sanitarias
Desinfectante o sanitizante	Limpieza complementaria de zonas húmedas o grasosas	Reduce olores y carga biológica, mejora higiene general
Etiquetas, marcadores y elementos de trazabilidad	Identificación de lotes, fechas de decantación y volúmenes	Garantizan trazabilidad documental y cumplimiento Normativo
Marquillas resistentes a aceite y temperatura	Rotulación de tanques finales y recipientes calientes	Aseguran identificación estable y legible en condiciones oleosas
Sellos o precintos de seguridad para lotes finales	Asegurar integridad y cierre del aceite purificado	Previenen manipulaciones no autorizadas y garantizan calidad

Bolsas industriales reforzadas para residuos grasos	Disposición temporal de residuos sólidos contaminados	Evitan fugas y cumplen normas ambientales
Contenedor exclusivo para absorbentes contaminados	Manejo diferenciado de residuos absorbentes	Evita contaminación cruzada y facilita recolección por gestor
Señalización adhesiva (rutas, advertencias, prohibiciones)	Orden y seguridad en todas las áreas de la planta	Evita cruces entre áreas sucias y limpias y orienta al personal
Cinta antideslizante	Zonas con riesgo por grasa o humedad	Aumenta seguridad y reduce riesgo de caídas
Papel industrial tipo wiper	Limpieza operativa rápida en todas las áreas	Permite respuesta inmediata ante derrames o manipulaciones

4.3.8 Requerimiento de mantenimientos

El mantenimiento debe gestionarse como un sistema organizado que combine acciones rutinarias, preventivas y correctivas, estableciendo responsabilidades y frecuencias claras para cada equipo o área. En plantas pequeñas–medianas como esta, la fiabilidad de las bombas, la estabilidad del sistema de purificación y el buen estado de las válvulas y tuberías son elementos que condicionan directamente la capacidad instalada. Por ello, el plan no solo debe describir qué se hace, sino también cuándo, cómo, quién lo ejecuta y bajo qué criterio se determina que una intervención es necesaria.

El esquema que se presenta a continuación sintetiza actividades periódicas, responsables directos y criterios que permiten definir si una intervención debe adelantarse por excepción.

Tabla 20

Requerimientos de mantenimientos

Equipo / Área	Actividad de mantenimiento	Frecuencia	Responsable
Bombas de trasiego	Lubricar sellos, revisar vibración, verificar conexiones	Mensual	Operador asistente
Tanques de decantación	Limpieza interna, inspección de válvulas y purgas	Cada 4–6 semanas	Operador líder
Sistema de filtrado fino	Cambio de mallas/cartuchos, revisión de juntas	Semanal	Operador asistente
Tanque de purificación (calefacción)	Verificar resistencia, termostato, cableado y válvula de descarga	Mensual en lo eléctrico; trimestral en limpieza profunda	Operador asistente
Tuberías, válvulas y mangueras	Ajustes, detección de fugas, sustitución de piezas desgastadas	Mensual	Operador asistente
Extractor / ventilación	Limpieza de aspas, revisión del motor	Trimestral	Operador asistente
Área de almacenamiento final	Limpieza, verificación de sellos y tapones	Semanal	Operador líder
Instalación eléctrica	Revisión del tablero, breakers y puesta a tierra	Semestral	Operador asistente
Pisos, desagües y trampa de grasas	Limpieza profunda y revisión de obstrucciones	Semanal	Auxiliar operativo

Estructura general y señalización	Ajustes, reposición de señalética, verificación de rutas de evacuación	Semestral	Responsable técnico

4.3.9 Diagrama de distribución

El diagrama de distribución espacial constituye uno de los elementos centrales del estudio técnico, pues permite visualizar cómo se articulan las áreas, los equipos y los flujos operativos dentro del predio destinado al aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado. Más allá de representar la ubicación de cada elemento, el lay–out expresa la lógica interna del proceso: su secuencia, sus transiciones, las zonas de mayor demanda operativa y las rutas que facilitan o dificultan la eficiencia del sistema.

En proyectos de escala local, como el aquí planteado, la distribución debe privilegiar soluciones simples y de bajo costo que aseguren un flujo lineal, reduzcan riesgos y mantengan la separación adecuada entre áreas sucias, áreas técnicas y áreas limpias. Un buen diseño espacial evita cruces innecesarios entre el aceite sin procesar y el aceite purificado, minimiza tiempos de traslado y fortalece las condiciones básicas de orden, seguridad y bioseguridad. La meta no es construir una planta industrial compleja, sino adaptar el espacio disponible para que cada etapa suceda de manera ordenada, continua y supervisable, sin interrupciones que afecten la calidad del producto o el bienestar del personal.

4.3.6.1 Principios de distribución aplicados al proyecto. El diagrama de distribución espacial constituye uno de los elementos centrales del estudio técnico, pues permite visualizar cómo se articulan las áreas, los equipos y los flujos operativos dentro del predio destinado al aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado. Más allá de representar la ubicación de cada elemento, el lay–out expresa la lógica interna del proceso: su secuencia, sus transiciones, las zonas de mayor demanda operativa y las rutas que facilitan o dificultan la eficiencia del sistema.

En proyectos de escala local, como el aquí planteado, la distribución debe privilegiar soluciones simples y de bajo costo que aseguren un flujo lineal, reduzcan riesgos y mantengan la separación adecuada entre áreas sucias, áreas técnicas y áreas limpias. Un buen diseño espacial evita cruces innecesarios entre el aceite sin procesar y el aceite purificado, minimiza tiempos de traslado y fortalece las condiciones básicas de orden, seguridad y bioseguridad. La meta no es construir una planta industrial compleja, sino adaptar el espacio disponible para que cada etapa suceda de manera ordenada, continua y supervisable, sin interrupciones que afecten la calidad del producto o el bienestar del personal.

Flujo lineal del proceso

El diagrama de distribución espacial constituye uno de los elementos centrales del estudio técnico, en la medida en que permite visualizar de forma integrada cómo se articulan las áreas, los equipos y los flujos operativos dentro del predio destinado al aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado. Más allá de representar la ubicación física de cada componente, el lay–out expresa la lógica interna del proceso productivo, su secuencia operativa, las transiciones entre

etapas y las zonas de mayor demanda técnica y humana. La literatura sobre diseño de plantas coincide en que una adecuada distribución espacial incide directamente en la eficiencia del proceso, la seguridad del personal y el control de la calidad del producto (Tompkins et al., 2010).

En proyectos de escala local, como el aquí planteado, la distribución debe privilegiar soluciones simples, funcionales y de bajo costo, orientadas a garantizar un flujo preferiblemente lineal del proceso. Este enfoque busca reducir retrocesos, minimizar cruces innecesarios y evitar interferencias entre etapas incompatibles, especialmente entre áreas consideradas sucias, áreas técnicas intermedias y áreas limpias. Las guías técnicas para el tratamiento de residuos y aceites usados destacan que una correcta separación espacial contribuye a disminuir riesgos de contaminación cruzada y facilita el control operativo en instalaciones de pequeña y mediana escala (FAO, 2011; European Commission, 2018).

Un diseño espacial adecuado evita cruces innecesarios entre el aceite sin procesar y el aceite purificado, reduce los tiempos de traslado interno y favorece condiciones básicas de orden, seguridad y bioseguridad. Asimismo, permite una mejor supervisión de las operaciones, al hacer visibles los puntos críticos del proceso y facilitar el acceso a equipos que requieren monitoreo frecuente. Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, la claridad en los flujos y la reducción de movimientos improductivos son principios fundamentales para mejorar la eficiencia global del sistema, incluso en instalaciones con recursos limitados (Muther y Hales, 2015).

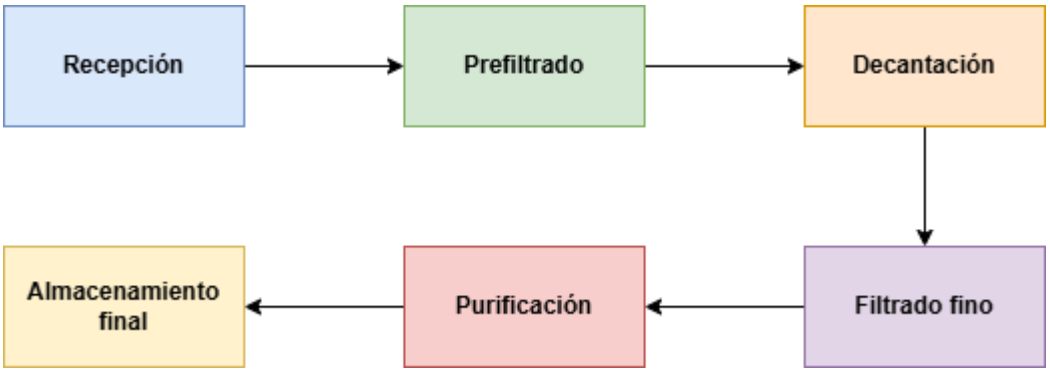
En este sentido, la meta del diseño no es la construcción de una planta industrial compleja, sino la adaptación racional del espacio disponible para que cada etapa del proceso

ocurra de manera ordenada, continua y supervisable. Un lay–out bien concebido permite que el proceso fluya sin interrupciones, reduce la probabilidad de errores operativos y contribuye al bienestar del personal, factores que resultan determinantes para la viabilidad técnica y social de un proyecto de aprovechamiento de Aceite de Cocina Usado en contextos locales.

A continuación, se muestra el flujo traducido en una secuencia espacial clara:

Figura 28

Flujo de procesos de la planta



Separación funcional entre áreas sucias, áreas técnicas y áreas limpias

La calidad del aceite recuperado depende, en gran medida, de la correcta segregación espacial entre áreas sucias, áreas técnicas intermedias y áreas limpias. El Aceite de Cocina Usado recién recolectado contiene residuos orgánicos, humedad y partículas quemadas que, si no se controlan desde el diseño del lay–out, pueden generar contaminación cruzada hacia etapas posteriores del proceso. En contraste, el aceite purificado requiere un entorno más controlado, libre de interferencias físicas y ambientales propias de las primeras fases. La literatura técnica

sobre manejo de aceites usados y tratamiento de residuos coincide en que la separación clara entre zonas de distinta criticidad reduce riesgos sanitarios y operativos, fortalece el control de calidad y mejora la estabilidad del proceso, especialmente en instalaciones de pequeña y mediana escala (FAO, 2011; European Commission, 2018).

Minimización de desplazamientos y esfuerzo operativo

Aunque el proceso de aprovechamiento del ACU no requiere maquinaria altamente automatizada, sí involucra la manipulación frecuente de contenedores llenos de aceite, operaciones de trasvase, inspecciones visuales y tareas periódicas de limpieza. Una distribución espacial inadecuada puede incrementar innecesariamente las distancias que el personal debe recorrer o la cantidad de veces que los contenedores deben moverse, elevando el esfuerzo físico, los tiempos operativos y el riesgo de derrames o accidentes laborales. Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, la alineación del flujo físico con la secuencia del proceso y la reducción de movimientos improductivos constituyen principios fundamentales para mejorar la eficiencia global del sistema, incluso en contextos con recursos técnicos y financieros limitados (Tompkins et al., 2010; Muther y Hales, 2015).

Accesibilidad permanente para inspección, mantenimiento y carga

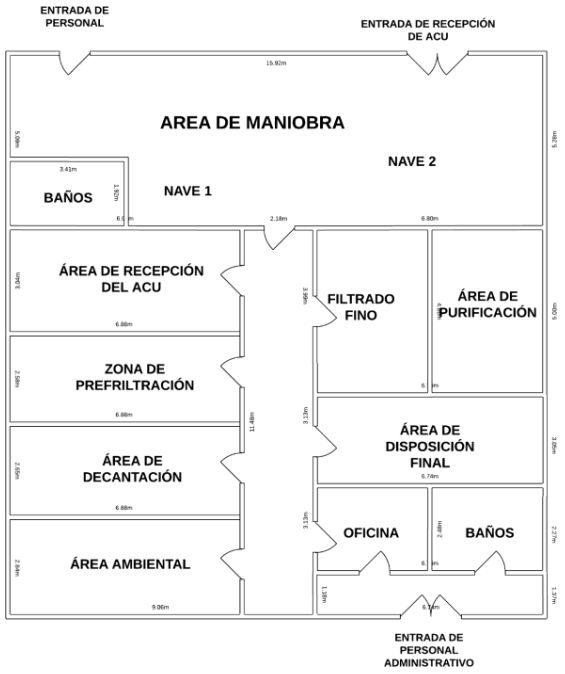
El proceso de aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado presenta características que requieren supervisión continua y acceso frecuente a los equipos. Existen tanques que deben purgarse periódicamente, filtros que requieren limpieza o reemplazo regular, bombas que

necesitan acceso frontal para inspección y zonas donde es necesario verificar la presencia de humedad o sedimentos. Un diseño espacial que limite el acceso visual o físico a estos puntos críticos incrementa los tiempos de intervención, dificulta el mantenimiento preventivo y aumenta la probabilidad de fallas no detectadas. Las guías técnicas en materia de seguridad industrial y tratamiento de residuos recomiendan priorizar la accesibilidad como un criterio central del diseño, al facilitar la supervisión, reducir riesgos operativos y asegurar la continuidad del proceso (OSHA, 2015; European Commission, 2018).

Diagrama de distribución de planta

Figura 29

Distribución en planta



4.3.7 Capacidad instalada del proyecto

La capacidad instalada del proyecto expresa el máximo volumen de Aceite de Cocina Usado que la planta puede procesar en un periodo dado, bajo las condiciones de diseño técnico propuestas y con los equipos dimensionados en el estudio. No se trata solamente de cuánto aceite podría pasar por las bombas o por los filtros, sino del conjunto del sistema: tiempos de reposo en los tanques de decantación, ritmo de recolección, disponibilidad de mano de obra, y continuidad de la operación.

En una planta de aprovechamiento de ACU, la capacidad no la define exclusivamente un equipo aislado, sino el eslabón más lento del proceso, normalmente la decantación y, en segundo término, la purificación. Por ello, el cálculo debe partir de estos puntos críticos y no de una suma idealizada de caudales instantáneos.

4.3.6.1 Parámetros operativos. Los parámetros operativos corresponden a los valores de referencia que regulan el ritmo de trabajo de la planta: número de tanques, volúmenes útiles, tiempos de reposo, cantidad de ciclos diarios, duración de la jornada y grado de utilización efectiva de los equipos. En conjunto definen el “marco de operación” dentro del cual se estima la capacidad instalada.

En este proyecto se asume una operación continua, pero no intensiva, que combina estabilidad técnica con un uso responsable de los recursos humanos y energéticos. Por ello se

privilegia un equilibrio entre volumen procesado y seguridad operacional, antes que forzar el sistema hasta sus límites teóricos.

Tabla 21

Parámetros operativos de capacidad instalada de la planta

Parámetro operativo	Valor adoptado	Unidad	Justificación técnica resumida
Frecuencia de recolección de ACU	3	días/semana	Ritmo adecuado para una planta pequeña, permite consolidar rutas estables y ampliar el volumen recolectado sin aumentar excesivamente los costos logísticos.
Volumen promedio recolectado por jornada	1.400	litros/jornada	Ajuste derivado de la ampliación de la red de generadores y la optimización de rutas, manteniendo la operación con un solo vehículo de carga liviana.
Volumen semanal recolectado (real)	4.200	litros/semana	Resultado directo de la frecuencia de recolección (3 jornadas) por el nuevo volumen promedio por jornada (1.400 L).
Número de tanques de almacenamiento inicial	1	tanque	Funciona como punto de recepción y tránsito del ACU previo a la decantación, evitando acumulaciones prolongadas y manteniendo control básico por lotes.
Capacidad útil del tanque de almacenamiento inicial	1.500	litros	Capacidad ajustada para soportar una jornada promedio de 1.400 L con un margen operativo mínimo, sin sobredimensionar la infraestructura.

Número de tanques de decantación	2	tanques	Permite alternancia entre carga, reposo y descarga, garantizando continuidad del proceso sin interrupciones.
Capacidad útil por tanque de decantación	1.500	litros	Volumen compatible con el área física disponible y suficiente para absorber incrementos graduales en la recolección.
Volumen total útil de decantación (instalado)	3.000	litros/lote	Capacidad combinada de los dos tanques de decantación, que define el máximo teórico diario del sistema.
Tiempo de decantación por lote	24	horas	Intervalo adecuado para la separación natural de fases aceite–agua–sedimentos en condiciones normales de operación.
Factor de utilización de tanques	0,80	proporción	Considera tiempos de purga, limpieza, maniobras y pequeñas ineficiencias propias de una planta de escala local.
Capacidad efectiva diaria de decantación (teórica)	2.400	litros/día	Resultado de aplicar el factor de utilización a la capacidad instalada; representa el potencial máximo diario del sistema.
Días de operación semanal	6	días/semana	Mantiene un día destinado a limpieza general, organización interna y mantenimiento ligero.
Capacidad semanal de decantación (teórica)	14.400	litros/semana	Proyección del potencial de la planta (2.400 L/día × 6 días), considerada como margen para crecimiento futuro.
Volumen semanal efectivamente alimentado	4.200	litros/semana	Limitado por la capacidad real de recolección en el escenario ajustado del proyecto, no por la capacidad instalada.

Rendimiento del proceso de decantación	0,70	proporción	Estimación conservadora del aceite recuperable tras la separación de agua, sólidos y lodos.
Volumen semanal de aceite vendible (real)	2.940	litros/semana	Producto del volumen efectivamente alimentado (4.200 L) por el rendimiento del proceso (0,70).
Volumen mensual de aceite vendible (real)	11.760	litros/mes	Proyección mensual basada en 4 semanas de operación estable (2.940 L/semana × 4).

En primer lugar, se establece que la planta operará con dos tanques de decantación de 1 500 litros útiles cada uno. Esta configuración responde tanto al espacio disponible como al tamaño real del proyecto, en coherencia con los principios de dimensionamiento gradual recomendados para instalaciones de valorización de residuos en fases iniciales. Tanques de menor capacidad incrementarían las maniobras operativas, los tiempos improductivos y la frecuencia de trasvases, mientras que tanques de mayor tamaño no serían plenamente aprovechados en una etapa temprana del proyecto, caracterizada por volúmenes semanales moderados de Aceite de Cocina Usado. La literatura técnica sobre tratamiento de aceites residuales señala que el sobredimensionamiento temprano de equipos suele traducirse en ineficiencias operativas y mayores costos sin beneficios proporcionales en la calidad del proceso (Mittelbach y Remschmidt, 2004; FAO, 2011). En este contexto, la capacidad total de 3 000 litros representa el volumen teórico que podría someterse a decantación en una jornada bajo condiciones ideales y sin interrupciones.

No obstante, la operación real incorpora fricciones técnicas inevitables. El llenado de los tanques es secuencial y requiere control visual permanente, la purga de agua y sedimentos demanda tiempo adicional y cada tanque debe retirarse temporalmente de operación para limpieza interna y verificación de condiciones. Por esta razón se adopta un factor de utilización del 0,80, el cual reconoce explícitamente las pérdidas asociadas a maniobras, esperas y mantenimientos menores. Este enfoque es coherente con los criterios de capacidad efectiva utilizados en ingeniería de procesos, donde se distingue entre capacidad instalada, capacidad teórica y capacidad real o efectiva, siendo esta última la más adecuada para análisis económicos y de desempeño operativo (Tompkins et al., 2010; Muther y Hales, 2015). Como resultado, la capacidad efectiva de decantación se estima en 2 400 litros diarios, valor que representa de forma más realista el comportamiento operativo del sistema.

En segundo lugar, se redefine el papel de la etapa de purificación dentro del sistema. Aunque la planta dispone de un tanque de purificación con una capacidad útil de 500 litros, diseñado para operar con un consumo energético moderado, la capacidad efectiva de esta fase no depende únicamente del número de ciclos posibles por jornada, sino del volumen real que ingresa desde la recolección. En procesos de tratamiento físico de aceites usados, la literatura resalta que las etapas térmicas rara vez constituyen el cuello de botella inicial, siempre que la decantación y la recolección estén adecuadamente dimensionadas Knothe et al. (2005). Dado que el proyecto inicia con un volumen de entrada de 2 400 litros de ACU por semana y que aproximadamente el 70 % resulta recuperable tras la decantación, la purificación procesa alrededor de 1 680 litros semanales, cifra significativamente inferior al potencial máximo del equipo instalado. En esta fase del proyecto, la purificación no limita el sistema, sino

que aporta una holgura operativa que permitirá absorber incrementos futuros en los volúmenes recolectados sin necesidad de ampliaciones inmediatas de la capacidad instalada.

Finalmente, se adopta un régimen de trabajo de seis días por semana, con jornadas de ocho horas diarias. Este esquema resulta compatible con la normativa laboral vigente y con las recomendaciones operativas para instalaciones de pequeña escala, al tiempo que facilita la organización del trabajo y la asignación de un día para actividades no productivas, tales como limpieza profunda, revisión de equipos, ajustes eléctricos y mantenimiento preventivo. Diversas guías técnicas subrayan que la incorporación sistemática de tiempos de mantenimiento dentro de la planificación semanal reduce fallas imprevistas y mejora la continuidad operativa del sistema (European Commission, 2018). Aunque la capacidad teórica del conjunto decantación–purificación podría alcanzar valores superiores en un escenario de mayor disponibilidad de materia prima, para efectos del análisis económico y financiero se adopta como referencia la capacidad semanal efectivamente alimentada por la recolección, esto es, 2 400 litros de ACU, que se traducen en cerca de 1 680 litros de aceite vendible por semana. Esta cifra constituye, por tanto, la base más realista para la proyección de ingresos, la evaluación de escenarios de crecimiento y la estimación del desempeño financiero inicial del proyecto.

4.3.10 Requerimiento de personal técnico y operativo

La determinación del personal requerido para la operación de la planta constituye un componente central del estudio técnico, pues define la estructura mínima que permite ejecutar el proceso productivo con seguridad, continuidad y control de calidad. Dado que se trata de una

planta de aprovechamiento de Aceite de Cocina Usado de escala pequeña–mediana, la dotación de personal no debe ser sobredimensionada, pero tampoco tan reducida que comprometa la estabilidad del proceso o genere dependencias excesivas de un solo trabajador.

La organización propuesta se fundamenta en el principio de multifuncionalidad operativa, propio de este tipo de plantas, donde ciertas labores pueden ser ejecutadas por un mismo operario siempre que se respeten los protocolos de seguridad y los ritmos del proceso. A su vez, se establece la necesidad de un responsable técnico que garantice la trazabilidad del aceite, el cumplimiento sanitario y la supervisión de los parámetros críticos en decantación, filtrado y purificación.

Tabla 22

Requerimiento de personal técnico y operativo

Cargo	Cantidad recomendada	Perfil técnico requerido	Funciones principales
Operador de planta líder	1	Técnico o tecnólogo en procesos industriales, química, alimentos o gestión ambiental; experiencia en manejo de equipos de bombeo, filtración y sistemas térmicos	Coordinar la operación diaria de la planta; controlar etapas de decantación, filtrado y purificación; verificar parámetros críticos; registrar datos técnicos; supervisar medidas de seguridad; coordinar actividades del equipo operativo
Operador asistente /	1	Formación básica en operación industrial; manejo de instrumentos	Apoyar al operador líder en maniobras de purga, trasvase y filtración; realizar cambios de

Auxiliar de proceso		simples y comprensión del flujo interno del proceso	filtro; asistir en la limpieza operativa; mantener orden en áreas técnicas; apoyar en la disposición final del producto
Auxiliar logístico–operativo	1	Experiencia en manipulación de cargas, orden industrial, limpieza y uso adecuado de EPP; preferible conocimiento de residuos	Recibir, descargar y movilizar contenedores; apoyar en prefiltrado; realizar limpieza diaria de áreas; gestionar residuos sólidos y líquidos en el área ambiental; asistir en movimientos internos de tanques y equipos
Operador de apoyo en purificación / Auxiliar polivalente (nuevo cargo)	1	Formación básica en procesos industriales; capacidad para operar equipos térmicos bajo supervisión; experiencia en rutinas operativas	Vigilar el proceso de purificación y control térmico; apoyar maniobras simultáneas de filtración y decantación; reforzar actividades de seguridad operacional; apoyar en la recepción, prefiltrado y maniobras que requieran doble atención
Conductor–Recolector de ACU	1	Experiencia en conducción de vehículo liviano; conocimientos básicos en manipulación de residuos y uso de EPP; habilidades de registro básico	Ejecutar rutas de recolección; cargar, asegurar y transportar contenedores; registrar volúmenes por establecimiento; entregar ACU en planta; apoyar al equipo en descarga y verificación del aceite recibido

Responsable técnico del proceso (medio tiempo)	0.5	Tecnólogo o profesional en química, alimentos, ingeniería ambiental o procesos industriales; dominio de parámetros de calidad y normativa ambiental	Supervisar parámetros críticos; validar registros de lotes; verificar cumplimiento de requisitos ambientales y sanitarios; coordinar calibraciones; programar mantenimiento preventivo; auditar buenas prácticas operativas

4.4 Estudio administrativo y legal

El estudio administrativo y legal constituye un componente esencial dentro de la formulación de un proyecto de aprovechamiento de Aceite de Cocina Usado, puesto que traduce la viabilidad técnica y operativa previamente demostrada en una estructura organizacional capaz de sostener la producción, y en un marco jurídico que garantice que la actividad se desarrolla de acuerdo con los requerimientos normativos nacionales y locales. En otras palabras, este capítulo integra los elementos que permiten que la planta funcione no solo en términos de maquinaria y procesos, sino también bajo condiciones institucionales estables, con roles claramente definidos y un cumplimiento adecuado de las obligaciones legales y ambientales.

Dado que el tratamiento del ACU es una actividad sensible, por su clasificación como residuo de interés ambiental, por los riesgos asociados a su manipulación y por las exigencias de trazabilidad en su recolección y uso posterior, resulta indispensable que la organización disponga de una estructura administrativa coherente, así como de políticas internas y procedimientos que respalden el trabajo operativo. Estos aspectos permiten mantener el control sobre proveedores, clientes, inventarios, registros del proceso y cumplimiento normativo, reduciendo la probabilidad de contingencias o restricciones regulatorias.

A su vez, el marco legal aplicable define los requisitos mínimos para la operación: desde la naturaleza jurídica que debe adoptar la empresa, pasando por las responsabilidades tributarias y laborales, hasta las normas ambientales y sanitarias que regulan el manejo, almacenamiento y transporte del ACU. La articulación de estos elementos asegura que el proyecto no solo sea

factible desde el punto de vista técnico y económico, sino también sostenible en el tiempo y alineado con los lineamientos institucionales que rigen este tipo de actividades.

En síntesis, el estudio administrativo y legal proporciona la base organizativa y normativa para que la planta opere con orden, seguridad y cumplimiento, fortaleciendo la confianza de proveedores, clientes y autoridades competentes. Los apartados que siguen profundizan en estos elementos para construir una perspectiva integral del funcionamiento institucional del proyecto.

4.4.1 Naturaleza jurídica de la empresa

La naturaleza jurídica define el marco institucional bajo el cual operará la empresa responsable del aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado, determinando su forma de constitución, sus obligaciones legales y su capacidad para establecer relaciones comerciales, contratar personal y responder ante terceros. En el contexto colombiano, la figura más adecuada para proyectos de pequeña y mediana escala, con proyección de crecimiento y necesidad de flexibilidad administrativa, es la Sociedad por Acciones Simplificada (SAS), creada mediante la Ley 1258 de 2008 como un instrumento orientado a facilitar la formalización empresarial y promover la iniciativa privada (Congreso de la República, 2008).

La SAS permite una estructura organizativa ágil y adaptable, con menores cargas formales frente a otros tipos societarios tradicionales, lo que resulta particularmente pertinente en fases iniciales de operación. Entre sus principales ventajas se encuentran la limitación de la responsabilidad de los accionistas hasta el monto de sus aportes, la libertad para definir los

mecanismos internos de administración y la posibilidad de constituirse con uno o varios accionistas, sin que ello afecte su validez jurídica. Estas características reducen los riesgos patrimoniales y facilitan la toma de decisiones estratégicas en proyectos que, como el presente, combinan actividades operativas, ambientales y comerciales, y que requieren capacidad de ajuste conforme evoluciona el volumen de operación y la demanda del mercado (Superintendencia de Sociedades, 2019).

Desde una perspectiva institucional, la SAS también ofrece ventajas en términos de relacionamiento con terceros, al permitir una mayor flexibilidad contractual y una estructura societaria reconocida y ampliamente utilizada en el tejido empresarial colombiano. Esta figura resulta coherente con los objetivos de sostenibilidad, formalidad y crecimiento progresivo del proyecto, al brindar un marco legal que equilibra simplicidad administrativa con seguridad jurídica, elementos fundamentales para la viabilidad de iniciativas de aprovechamiento de residuos en contextos locales (Confecámaras, 2021).

Desde la perspectiva normativa, la actividad de aprovechamiento de ACU se encuentra asociada a códigos CIIU vinculados al reciclaje, tratamiento y recuperación de materiales, así como a la elaboración de productos derivados del aceite recuperado. Para efectos de formalización, los códigos más pertinentes incluyen:

Tabla 23

Identificación del Código CIIU de actividad económica de la empresa

Código CIIU	**Descripción oficial**	**Pertinencia para la empresa (justificación)**
3830 (principal)	Recuperación de materiales	Código central del proyecto. Abarca las actividades de tratamiento, valorización y recuperación del Aceite de Cocina Usado para convertirlo en un insumo aprovechable. Representa de manera fiel la actividad de transformación y aprovechamiento de residuos, conforme a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme adaptada para Colombia (DANE, 2020).
4669	Comercio al por mayor de otros productos n.c.p.	Permite la comercialización del aceite purificado hacia clientes industriales o transformadores finales. Este código resulta pertinente para la etapa de venta del producto recuperado, en tanto no corresponde a un bien de consumo final sino a un insumo industrial, de acuerdo con la clasificación oficial del DANE (2020).
3811 (si el ACU es manejado como residuo no peligroso)	Recolección de desechos no peligrosos	Aplica cuando la empresa presta el servicio de recolección de ACU en restaurantes, establecimientos comerciales u otros generadores, siempre que la autoridad ambiental competente no clasifique el ACU como residuo peligroso. Este uso se encuentra alineado con la definición de residuos no peligrosos establecida en la CIIU adaptada para Colombia (DANE, 2020).

3812 (solo si la autoridad exige clasificar el ACU como RESPEL)	Recolección de desechos peligrosos	Se utiliza únicamente si la autoridad ambiental de la jurisdicción clasifica el ACU como residuo peligroso. No se recomienda su inclusión automática, dado que implica obligaciones regulatorias adicionales. Su uso debe sustentarse en un pronunciamiento expreso de la autoridad ambiental, conforme a la clasificación CIIU vigente (DANE, 2020).
8559 (para capacitaciones)	Otros tipos de educación n.c.p.	Permite ofrecer talleres, capacitaciones y procesos formativos dirigidos a generadores de ACU sobre su manejo adecuado. Funciona como actividad complementaria del proyecto y se ajusta a la clasificación de servicios educativos no formales contemplada en la CIIU adaptada para Colombia (DANE, 2020).

Nota. La tabla muestra los códigos CIIU correspondientes a la actividad de la empresa

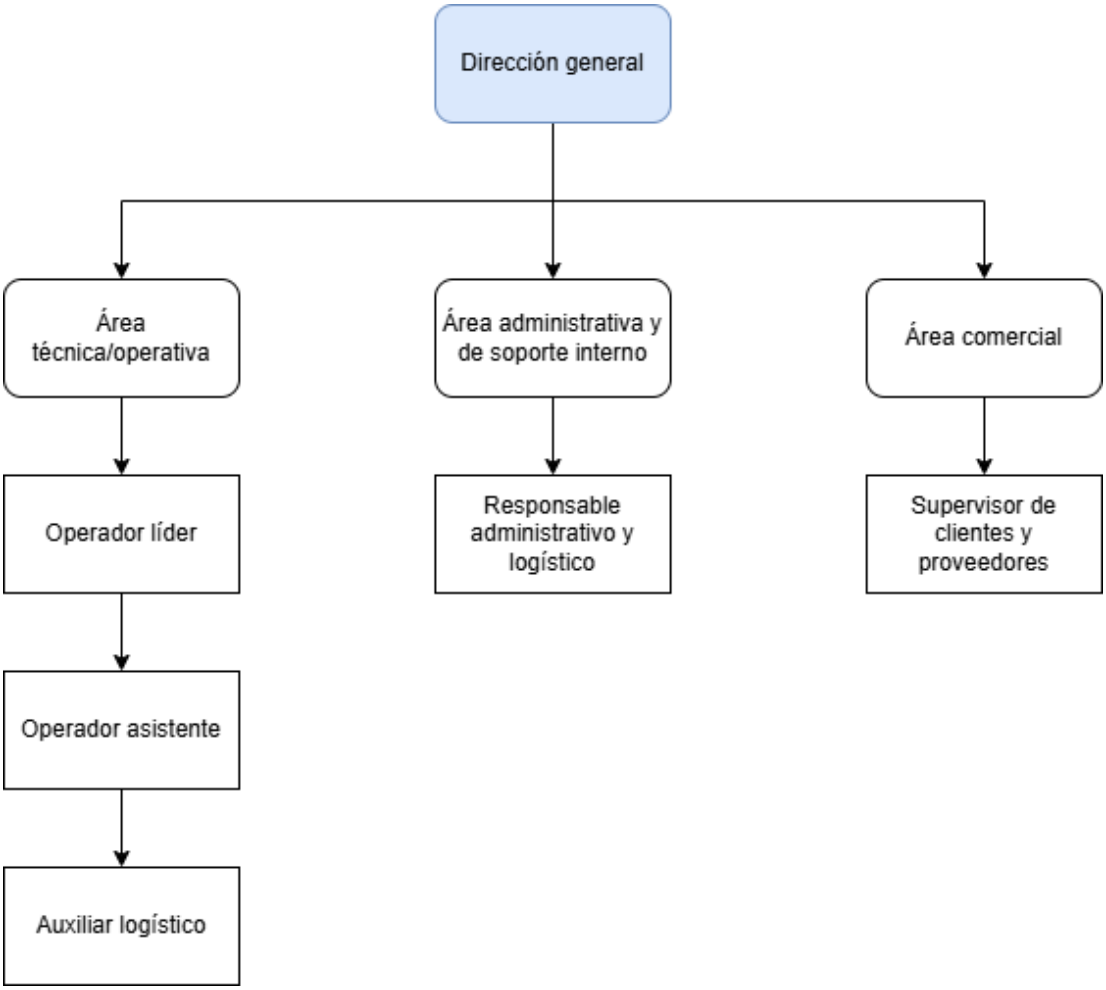
4.4.2 Organización administrativa

La organización administrativa establece cómo se distribuyen las responsabilidades dentro de la empresa, cuáles son las líneas de autoridad y cómo se articulan las áreas encargadas de la operación técnica, la gestión comercial, el soporte administrativo y la supervisión ambiental. Aunque el proyecto se encuentra en una fase inicial y no requiere una estructura compleja, sí necesita un modelo organizativo claro que permita coordinar adecuadamente la recolección del ACU, su tratamiento en planta y la comercialización del aceite recuperado.

El diseño organizacional propuesto se construye bajo un criterio de funcionalidad: es lo suficientemente compacto para evitar costos administrativos innecesarios, pero mantiene la separación mínima de roles que asegura orden, control y trazabilidad. La estructura integra cuatro funciones básicas: dirección general, operación técnica, administración y gestión comercial, y soporte técnico–ambiental.

Figura 30

Organigrama de la empresa



Dirección General

La Dirección General constituye el nivel estratégico de la organización y concentra la responsabilidad de orientar el funcionamiento global de la empresa. Desde este espacio se definen políticas, se formulan objetivos y se supervisa el cumplimiento de los lineamientos técnicos, administrativos y normativos que regulan el tratamiento y comercialización del Aceite de Cocina Usado. Su labor comprende la asignación de recursos, la revisión periódica de indicadores operativos y financieros, y la articulación institucional con actores externos, tales como proveedores, clientes y entidades de control. En este sentido, la Dirección General asegura coherencia entre la planificación y la ejecución, estableciendo un marco organizativo estable y funcional.

Área Técnica y Operativa

El área técnica y operativa agrupa las funciones directamente asociadas al proceso de recolección, tratamiento y acondicionamiento del ACU. Su estructura incorpora al operador líder, al operador asistente y al auxiliar logístico, quienes ejecutan las diferentes etapas del proceso productivo: recepción del aceite, clasificación y prefiltrado, decantación, filtración fina, purificación térmica y transferencia hacia el almacenamiento final. Estas actividades requieren precisión en el manejo de equipos, seguimiento sistemático de parámetros operativos y cumplimiento de protocolos de seguridad industrial.

El operador líder coordina las actividades críticas y supervisa el cumplimiento de estándares de calidad; el operador asistente apoya las operaciones de filtrado, bombeo y limpieza técnica; mientras que el auxiliar logístico facilita el movimiento de contenedores, la organización del área y la ejecución de tareas físicas recurrentes. La interacción entre estos roles asegura continuidad operativa y permite mantener una trazabilidad adecuada del proceso.

Área Administrativa y de Soporte Interno

El área administrativa concentra la gestión documental, logística y contable necesaria para sostener la operación. Entre sus responsabilidades se encuentran el registro de entradas y salidas de ACU, el control de inventarios, la consolidación de datos operativos, la elaboración de documentos comerciales, la coordinación de rutas de recolección y la comunicación con proveedores y clientes. Este espacio también facilita la articulación con la Dirección General al suministrar información actualizada para la toma de decisiones.

Asimismo, el área administrativa garantiza el cumplimiento de requisitos legales básicos, tales como registros, permisos y documentación relacionada con la trazabilidad del proceso. Su función es asegurar que las operaciones técnicas se encuentren respaldadas por controles internos consistentes y por una gestión ordenada de la información.

Área Comercial

El área comercial orienta la relación de la empresa con su entorno económico inmediato. Tiene a su cargo la vinculación de establecimientos generadores de ACU, la gestión de acuerdos de recolección, la identificación de oportunidades de comercialización del aceite recuperado y el mantenimiento de relaciones con clientes industriales. También puede coordinar actividades de capacitación dirigidas a establecimientos generadores, en coherencia con el alcance del proyecto.

Su trabajo exige un conocimiento claro del mercado, de la normativa que regula la manipulación de residuos y de los requerimientos de calidad que deben cumplir los productos derivados del proceso. En ese sentido, esta área permite alinear la oferta de la empresa con las necesidades del sector y con las políticas de sostenibilidad que se promueven en el ámbito regional.

4.4.3 Procesos administrativos clave

La gestión administrativa en una empresa dedicada a la recolección, tratamiento y comercialización de Aceite de Cocina Usado requiere procesos claramente definidos que aseguren trazabilidad, orden documental y articulación entre las áreas operativa, comercial y directiva. Estos procesos no solo respaldan la operación técnica, sino que permiten mantener un flujo coherente de información, garantizar cumplimiento normativo y sostener relaciones eficientes con proveedores y clientes. Un sistema administrativo bien estructurado reduce la incertidumbre, facilita la toma de decisiones y previene fallas relacionadas con la gestión de inventarios, documentación o programación logística.

Para efectos del presente estudio, se identifican los procesos administrativos esenciales que permiten el funcionamiento cotidiano de la empresa, organizados de manera que reflejen la secuencia real de actividades: adquisición del ACU, registro del proceso productivo, control de inventarios, comercialización del aceite recuperado y seguimiento general de la operación. La tabla siguiente sintetiza estos procesos, sus actividades principales y su finalidad.

Tabla 24

Procesos Administrativos Clave

Proceso administrativo	Descripción general ampliada	Actividades principales (detalle)	Finalidad administrativa (enfoque analítico)
Gestión de proveedores (establecimientos generadores de ACU)	Comprende la identificación, registro y seguimiento continuo de los establecimientos que generan el ACU. Se busca consolidar una red confiable de proveedores que garantice volumen estable, calidad aceptable y cumplimiento de condiciones básicas de almacenamiento temporal.	Verificación preliminar del generador; formalización del registro (datos, capacidad de generación, frecuencia estimada); acuerdos operativos de recolección; visitas técnicas para revisar prácticas de manejo; seguimiento de cumplimiento por parte del proveedor.	Asegurar estabilidad en la oferta de materia prima, estandarizar criterios de calidad en la recolección y fortalecer relaciones que minimicen riesgos operativos y legales asociados al manejo inadecuado del ACU.
Programación de rutas de recolección	Organiza el componente logístico de movilización del ACU desde los establecimientos generadores hacia la planta. Requiere armonizar disponibilidad del proveedor, capacidad de carga, tiempo de desplazamiento y necesidades del proceso productivo.	Diseño de rutas según sectores; asignación de días y horarios; evaluación periódica de eficiencia logística; ajustes en función de nuevos generadores o variaciones de volumen; coordinación con el área operativa.	Reducir costos de transporte, evitar sobrecargas en planta, sostener un flujo de entrada compatible con la capacidad instalada y garantizar calidad al recoger el ACU antes de su deterioro.

Registro de entradas de ACU	Controla documentalmente cada ingreso de materia prima, permitiendo trazabilidad desde el generador hasta el proceso de purificación. Este registro constituye evidencia obligatoria en auditorías ambientales.	Pesaje y categorización del ACU; verificación de contaminantes; registro manual o digital del lote; asignación de un código para trazabilidad; reporte al área operativa sobre condiciones del material recibido.	Mantener precisión en el control de inventarios, asegurar trazabilidad y respaldar cumplimiento normativo frente a entidades ambientales.
Gestión de inventarios (ACU y aceite purificado)	Administra los volúmenes en recepción, producción y almacenamiento final, garantizando correspondencia entre registros administrativos y resultados operativos.	Actualización diaria de inventarios; conciliación con volúmenes procesados; determinación de mínimos y máximos; alertas para evitar acumulación excesiva; control de mermas en filtración y purificación.	Optimizar el uso de la capacidad instalada, evitar interrupciones por falta o exceso de material, y permitir una planificación operativa ajustada al ritmo de recolección.
Gestión documental y trazabilidad del proceso	Organiza y conserva la información técnica y administrativa del proceso productivo. Incluye registros operativos, parámetros críticos y documentación de soporte.	Estructuración de bitácoras; almacenamiento de registros de filtrado y purificación; consolidación de documentos generados en transporte y entrega; archivo digital y físico según normativa.	Garantizar cumplimiento regulatorio, facilitar auditorías y habilitar análisis internos para mejorar eficiencia y control del proceso.

Gestión comercial del aceite recuperado	Concentra actividades orientadas a la colocación del producto final en el mercado, y a satisfacer requerimientos técnicos o volumétricos de clientes industriales.	Identificación de clientes potenciales; envío de cotizaciones; acuerdos de venta; seguimiento de especificaciones técnicas del comprador; control de entregas y documentación comercial.	Mantener flujo de ingresos, asegurar salida estable del producto final y fortalecer relaciones de largo plazo con clientes industriales o distribuidores.
Facturación y control administrativo	Agrupa las tareas contables y administrativas derivadas de compras, ventas, pagos y obligaciones tributarias básicas.	Emisión de facturas por venta de aceite; registro de compras; conciliación de cuentas; elaboración de reportes administrativos; actualización de bases contables.	Garantizar formalidad empresarial, ordenar la información financiera y asegurar cumplimiento de obligaciones legales y tributarias.
Capacitaciones y relacionamiento institucional	Gestiona acciones formativas dirigidas a proveedores y aliados, orientadas a mejorar las prácticas de manejo del ACU y fortalecer la cadena de suministro.	Planificación de talleres; diseño de materiales didácticos; registro de participantes; coordinación con entidades locales; evaluación de impacto.	Promover mejores prácticas ambientales, consolidar relaciones con proveedores y aumentar la calidad del ACU recibido.
Seguimiento operativo y reporte a la Dirección	Consolida la información estratégica derivada del proceso productivo y la operación administrativa para facilitar toma de decisiones.	Elaboración de informes periódicos; análisis de indicadores (volumen recolectado, volumen procesado, rendimiento del filtrado,	Respaldar la toma de decisiones, identificar oportunidades de mejora y evaluar la consistencia entre

	eficiencia logística); revisión comparativa con metas.	planificación y desempeño real.

El funcionamiento administrativo de una empresa dedicada a la recolección y tratamiento de Aceite de Cocina Usado se sostiene sobre una serie de procesos que, aunque diferenciados, conforman un sistema integrado que permite coordinar el flujo de información, los movimientos logísticos y las decisiones operativas. La gestión de proveedores constituye el punto de partida de este sistema, ya que en ella se estructura la relación con los establecimientos generadores del ACU. En esta etapa, la empresa identifica a cada proveedor, verifica sus condiciones mínimas de almacenamiento temporal y formaliza acuerdos que aseguran un suministro constante y técnicamente aceptable. Este proceso implica no solo registrar datos, sino también comprender el comportamiento de generación, evaluar la regularidad del suministro y promover mejores prácticas para evitar contaminaciones o deterioro del aceite antes de su recolección. La estabilidad y confiabilidad de este vínculo influye directamente en la capacidad de planificación de la planta.

La programación de rutas de recolección emerge como una extensión natural de la gestión de proveedores, dado que traduce la información obtenida en decisiones logísticas concretas. Este proceso exige un análisis cuidadoso de distancias, tiempos de desplazamiento, capacidad de carga, disponibilidad del personal operativo y variabilidad en los volúmenes aportados por cada establecimiento. Una programación inadecuada puede derivar en retrasos, sobrecostos o en un ingreso desbalanceado de materia prima a la planta, afectando la eficiencia del proceso. En cambio, una programación estratégica permite estabilizar la operación, reducir tiempos muertos y garantizar que el ACU llegue en condiciones óptimas para su tratamiento.

Una vez el aceite ingresa a la planta, el registro de entradas cumple una función esencial de trazabilidad. Cada lote debe ser documentado con precisión, incluyendo su origen, características observables y peso. Esta información no solo es útil para conciliar inventarios, sino que constituye evidencia obligatoria frente a auditorías ambientales o sanitarias. El registro cuidadoso permite reconstruir el ciclo del aceite desde su generación hasta su transformación, lo cual es especialmente relevante en actividades que involucran residuos especiales. La gestión de inventarios continúa esta lógica de control, permitiendo visualizar de manera clara la cantidad de ACU disponible, los volúmenes en proceso y el aceite ya purificado. Un inventario bien administrado evita acumulaciones excesivas, reduce riesgos de sobrellenado y permite programar adecuadamente los ciclos de producción según la capacidad real de la planta.

De manera complementaria, la gestión documental organiza y preserva toda la información generada en el proceso, desde las bitácoras técnicas hasta los reportes de recolección, purificación y entregas comerciales. Esta documentación es indispensable para demostrar cumplimiento normativo, sustentar certificaciones y facilitar revisiones internas orientadas a mejorar la eficiencia del proceso. La calidad de este archivo determina, en buena medida, la solidez institucional de la empresa, ya que permite responder con precisión ante requerimientos externos o auditorías formales.

Por su parte, la gestión comercial establece el puente entre la producción y el mercado, evaluando los requerimientos de clientes industriales y coordinando la entrega del aceite recuperado en condiciones adecuadas. Este proceso implica comprender la demanda, ajustar volúmenes según contratos o acuerdos y mantener una comunicación transparente con los

compradores. La formalización de cada transacción, mediante cotizaciones y documentos comerciales, se articula con las actividades de facturación y control administrativo, que consolidan la dimensión financiera de la empresa y aseguran cumplimiento tributario y orden contable. La facturación precisa y el registro adecuado de pagos permiten sostener estabilidad económica y proyectar inversiones de manera informada.

Además de estos procesos, la empresa desarrolla actividades de capacitación y relacionamiento institucional que fortalecen la cadena de valor del ACU. Estas iniciativas mejoran las prácticas de recolección en los establecimientos generadores, sensibilizan sobre el impacto ambiental del manejo adecuado del aceite y consolidan alianzas estratégicas que aportan legitimidad y reconocimiento. Finalmente, el seguimiento operativo y los reportes dirigidos a la Dirección General integran toda la información recopilada en los procesos anteriores, permitiendo evaluar el desempeño en términos de eficiencia logística, estabilidad del suministro, comportamiento del inventario y rendimiento del proceso de purificación. Este análisis proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas y para la identificación de oportunidades de mejora.

4.4.4 Marco normativo aplicable

El desarrollo de actividades asociadas a la recolección, tratamiento y comercialización del Aceite de Cocina Usado se encuentra enmarcado en un conjunto de normas ambientales, sanitarias, laborales y comerciales que determinan los requisitos mínimos para su operación. Este marco regulatorio es especialmente relevante debido a la naturaleza del ACU, considerado un residuo de interés ambiental cuyo manejo inadecuado genera afectaciones en cuerpos de agua, redes de alcantarillado y ecosistemas urbanos. Por ello, el cumplimiento normativo no se reduce a una formalidad, sino que condiciona la viabilidad operativa y la sostenibilidad del proyecto.

A continuación, se presenta el conjunto de normas aplicables, organizadas por áreas temáticas y articuladas con las actividades propias de la empresa.

Normatividad ambiental

La regulación ambiental define los lineamientos para el manejo, transporte y aprovechamiento del ACU, así como los requisitos de registro y seguimiento ante la autoridad competente.

En Colombia, el manejo de residuos de carácter especial o con potencial contaminante se encuentra regulado por la Ley 99 de 1993, que asigna a las autoridades ambientales la función de control y vigilancia sobre actividades de aprovechamiento y transformación de residuos. En este marco, el Aceite de Cocina Usado es considerado un residuo que requiere manejo diferenciado,

según lo establece la Resolución 0316 de 2018, hoy compilada en el Decreto 1076 de 2015, que establece disposiciones para la gestión adecuada de aceites vegetales usados en establecimientos generadores. Esta norma exige condiciones mínimas de almacenamiento, registro de entregas y vinculación a gestores autorizados.

Normatividad ambiental

La normativa ambiental reúne el conjunto de disposiciones jurídicas que regulan la gestión, el transporte, el almacenamiento y el aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado como residuo de interés ambiental. Su función es prevenir afectaciones al entorno, garantizar prácticas de manejo seguras y establecer controles que permitan la trazabilidad del residuo desde su generación hasta su tratamiento final. Estas normas también determinan el papel de las autoridades ambientales (como CORPONOR en Norte de Santander) y los permisos o registros exigidos para operar legalmente.

Tabla 25

Normativa ambiental

Norma / Referencia	Contenido relevante	Aplicación al proyecto
Ley 99 de 1993	Crea el SINA y asigna funciones de vigilancia y control.	La empresa queda sujeta a seguimiento ambiental; debe cumplir lineamientos de manejo de residuos.
Decreto 1076 de 2015 (sector ambiente)	Compila normas ambientales, incluyendo manejo de residuos especiales.	Marco general del manejo del ACU; orienta almacenamiento temporal,

		transporte y aprovechamiento.
Resolución 0316 de 2018 (incorporada en el Decreto 1076)	Regula gestión de aceites vegetales usados en generadores.	Obliga a proveedores a entregarlo a gestores autorizados; exige registros de recolección.
Resolución 1362 de 2007	Define requisitos para gestionar residuos peligrosos (RESPEL).	Aplica solo si CORPONOR clasifica el ACU como residuo peligroso en la jurisdicción.
Resolución 0631 de 2015	Fija límites máximos para vertimientos líquidos.	Exige trampas de grasas y control sobre aguas provenientes de limpieza.
Normas locales de uso de suelo, vertimientos y permisos ambientales (CORPONOR / Alcaldía)	Regulan ubicación, actividad industrial y disposiciones para manejo de residuos.	Validan la localización de la planta y autorizan formalmente su operación.

Normativa sanitaria

La normativa sanitaria establece requisitos vinculados a las condiciones locativas, higiénicas y operativas que deben cumplir los establecimientos donde se manipulan sustancias o residuos que pueden generar contaminación, olores, proliferación de vectores o riesgos sobre la salud pública. Aunque la planta no produce alimentos, su manipulación de aceites residuales exige adoptar lineamientos de higiene industrial y control de superficies para evitar afectaciones ambientales y sanitarias en su entorno inmediato.

Norma / Referencia	Contenido relevante	Aplicación al proyecto
Resolución 2674 de 2013	Requisitos de higiene, limpieza, desinfección y condiciones locativas.	Sirve como referencia para mantener áreas limpias, ventiladas y controladas durante el tratamiento del ACU.
Normas municipales de saneamiento básico	Control de olores, superficies, plagas, ventilación e iluminación mínima.	Exige condiciones adecuadas de ventilación y limpieza en las naves y zonas de almacenamiento.
Regulación sobre disposición de residuos sólidos y peligrosos	Estándares para almacenamiento, separación y disposición final.	Aplica al manejo de lodos, filtros usados y residuos derivados del proceso.
Normas sobre trampas de grasas (vinculadas a la Resolución 0631 de 2015)	Control de grasas en vertimientos.	Obliga a mantener y operar una trampa de grasas para descargas de aguas de lavado.

Normativa laboral y de Seguridad y Salud en el Trabajo

La normativa laboral y de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) regula las obligaciones del empleador frente a la protección de los trabajadores, la gestión del riesgo ocupacional y la prevención de accidentes. En actividades que involucran manipulación de aceites calientes, cargas físicas y uso de maquinaria, estas disposiciones adquieren especial importancia para garantizar un entorno seguro y reducir riesgos inherentes a la operación.

Tabla 26

Normativa laboral

Norma / Referencia	Contenido relevante	Aplicación al proyecto
Código Sustantivo del Trabajo	Regula contratación, derechos y obligaciones laborales.	Aplica a todos los cargos técnicos, operativos y administrativos.
Ley 1562 de 2012	Fortalece el SG-SST y las obligaciones del empleador.	Exige implementar un sistema formal de seguridad industrial.
Decreto 1072 de 2015 (Libro 2, Parte 2, Título 4)	Integración normativa del SG-SST.	Obliga a capacitaciones en manipulación de residuos, riesgos térmicos, EPP y procedimientos seguros.
Regulación ARL según clasificación de riesgo	Define niveles de riesgo y coberturas.	Actividad clasificada como riesgo medio-alto por manipulación de aceites y maquinaria.
Normas sobre EPP (resoluciones del Ministerio del Trabajo)	Requerimientos mínimos de dotación.	Obliga a dotar guantes anticorte, botas antideslizantes, protección ocular y demás elementos.

Normativa comercial y tributaria

La normativa comercial y tributaria establece los requisitos para la constitución, formalización y operación contable de la empresa. Regula facturación, impuestos, obligaciones

mercantiles y la correcta declaración del objeto social y de los códigos CIIU, lo cual asegura coherencia entre la actividad ejercida y su reconocimiento institucional.

Tabla 27

Normativa comercial

Norma / Referencia	Contenido relevante	Aplicación al proyecto
Código de Comercio	Regula constitución y funcionamiento de sociedades comerciales.	Establece las bases legales para operar bajo la figura SAS.
Registro Mercantil (Cámara de Comercio)	Inscripción, renovación anual y actividad económica.	Formaliza la empresa y valida sus códigos CIIU: 3830, 3811, 4669, 8559.
RUT – DIAN	Definición de responsabilidades tributarias.	Habilita facturación electrónica y obligaciones fiscales.
Facturación electrónica	Exigencia de emisión digital de facturas.	Obligatoria para venta del aceite recuperado y servicios de capacitación.
Normas de retención, IVA y renta	Definen los tributos aplicables a cada actividad.	Determinan la carga impositiva de cada operación comercial.

4.4.5 Políticas internas y procedimientos administrativos

Las políticas internas y los procedimientos administrativos constituyen el conjunto de directrices institucionales que orientan el funcionamiento cotidiano de la empresa, regulan la

interacción entre las áreas y garantizan coherencia entre la operación técnica, los requerimientos normativos y la gestión organizativa. Estas políticas actúan como marco normativo interno y evitan que la operación dependa exclusivamente de decisiones improvisadas. En contextos como el aprovechamiento del Aceite de Cocina Usado, donde la trazabilidad, la higiene industrial y la seguridad operativa son condiciones obligatorias, contar con lineamientos claros se vuelve indispensable tanto para asegurar calidad como para reducir riesgos administrativos, legales y técnicos.

Las políticas que se presentan a continuación se formulan con un alcance realista, adecuado para una empresa en etapa inicial, pero con la rigurosidad suficiente para sostener una operación responsable y estable.

Políticas internas

USUARIO
2026-01-23 14:16:37

Usar la numeración correspondiente según el consecutivo, hasta el nivel 5, normas APA (Encabezados)

Política de compras y recepción de ACU

La empresa adoptará criterios homogéneos para la recepción de aceite usado, verificando que el material cumpla las condiciones mínimas de almacenamiento temporal en el establecimiento generador. Esta política establece que ningún lote será recibido sin registro documental, pesaje y clasificación previa, garantizando así trazabilidad y control de calidad desde la entrada de la materia prima.

Política de operación del proceso

La operación técnica deberá seguir estrictamente los procedimientos descritos en los manuales internos de proceso. Los parámetros operativos del filtrado, decantación y purificación no podrán modificarse sin autorización del responsable técnico–ambiental, buscando evitar variaciones que afecten la estabilidad del producto final. Cada ciclo de tratamiento deberá quedar registrado en bitácora.

Política de higiene industrial y orden

Todas las áreas internas deberán mantenerse limpias, desengrasadas y libres de obstrucciones. El personal seguirá rutinas de limpieza diaria y semanal previamente establecidas, asegurando que los residuos derivados del proceso se gestionen adecuadamente. Esta política es coherente con la normativa sanitaria aplicable y minimiza riesgos asociados a superficies resbaladizas o contaminación.

Política de seguridad industrial y uso de EPP

El uso de elementos de protección personal será obligatorio durante toda la jornada, incluyendo guantes, botas antideslizantes y protección ocular. Ninguna actividad de manipulación de ACU o equipos térmicos podrá realizarse sin el equipamiento correspondiente. Asimismo, se realizarán capacitaciones periódicas en riesgos térmicos, manipulación de residuos y prevención de incidentes.

Política de trazabilidad y gestión documental

La empresa mantendrá un sistema de registro que permita identificar origen, volumen, fecha de recolección y destino de cada lote de ACU tratado. Toda documentación técnica y administrativa deberá almacenarse en medios físicos y digitales, en concordancia con los requisitos de vigilancia ambiental. Esta política asegura que la empresa esté preparada para auditorías y verificaciones regulatorias.

Política de relacionamiento con proveedores y clientes

Las relaciones con establecimientos generadores y compradores industriales se desarrollarán bajo criterios de transparencia, cumplimiento de compromisos y comunicación clara. Toda negociación, acuerdo operativo o modificación de rutas deberá registrarse y actualizarse en la base de datos institucional.

Política de mejora continua

La empresa promoverá revisiones periódicas de los procesos técnicos y administrativos, orientadas a identificar mejoras, minimizar pérdidas, optimizar recursos y fortalecer la seguridad industrial. Los hallazgos del sistema de reporte operativo constituirán la base para ajustes documentados en los procedimientos.

4.5 Estudio financiero

4.5.1 Inversión inicial

La identificación y valorización de los activos fijos constituye un paso decisivo en la evaluación financiera, debido a que estos bienes conforman la base física que permite la ejecución del proceso productivo descrito en el estudio técnico. En proyectos ambientales de pequeña y mediana escala, como el de aprovechamiento primario de ACU, la estructura de inversión se caracteriza por la adquisición de equipos robustos, pero no industrialmente complejos; dispositivos que garanticen continuidad, seguridad y trazabilidad sin incurrir en automatizaciones costosas. Esta relación entre pertinencia técnica y racionalidad económica es explícita en el diseño del proceso, el cual se sostiene sobre tamizaje, decantación, filtración fina y purificación controlada.

Para asegurar coherencia metodológica, la lista de activos fijos se deriva directamente de lo expuesto en la sección Requerimientos de equipos, maquinaria e infraestructura del documento técnico. Todo ítem se presenta de forma desagregada, sin agrupaciones ambiguas, de modo que cada elemento pueda asociarse a una depreciación individual y a un análisis financiero verificable.

Tabla 28

Activos fijos

Activo / Equipo	Cantidad	Valor estimado unitario (COP)	Total (COP)
Tanques de decantación 1.500 L (HDPE)	2	$ 15.000.000	$ 30.000.000
Tanque de purificación 500 L con resistencias	1	$ 8.000.000	$ 8.000.000
Bomba de transferencia 1 HP (principal)	1	$ 2.150.000	$ 2.150.000
Bomba de respaldo 1 HP	1	$ 2.150.000	$ 2.150.000
Bomba exclusiva para aceite purificado (inox)	1	$ 2.500.000	$ 2.500.000
Carcasa filtrante (principal)	1	$ 1.600.000	$ 1.600.000
Carcasa filtrante de respaldo	1	$ 1.600.000	$ 1.600.000
Tanques de almacenamiento final 500 L (HDPE)	3	$ 3.600.000	$ 10.800.000
Báscula industrial 300 kg	1	$ 1.600.000	$ 1.600.000
Mesón metálico para prefiltrado	1	$ 800.000	$ 800.000
Extintores (Tipo K y ABC)	2	$ 275.000	$ 550.000
Vehículo N300 / DFSK C31 (usado, en buen estado)	1	$ 42.000.000	$ 42.000.000
Adecuaciones del vehículo (bandeja, amarres, señalización)	1	$ 800.000	$ 800.000
Termómetro industrial	1	$ 150.000	$ 150.000
Removedor / agitador lento para purificación	1	$ 250.000	$ 250.000
Bandejas de retención grandes	2	$ 300.000	$ 600.000
Contenedores auxiliares para purga / maniobras	2	$ 180.000	$ 360.000
Manguera reforzada para ACU (8 m)	1	$ 180.000	$ 180.000

Manguera reforzada para decantado (6 m)	1	$ 150.000	$ 150.000
Manguera resistente a altas temperaturas (4 m)	1	$ 250.000	$ 250.000
Abrazaderas metálicas (pack x 6)	1	$ 40.000	$ 40.000
Conectores metálicos tipo espiga (pack x 4)	1	$ 60.000	$ 60.000
Válvulas de paso rápidas (x2)	1	$ 100.000	$ 100.000
Adaptador de succión para bomba	1	$ 70.000	$ 70.000
Kit de herramientas (llaves, correa para filtros, teflón)	1	$ 300.000	$ 300.000
Computador básico / administración	1	$ 1.500.000	$ 1.500.000
Impresora sencilla	1	$ 400.000	$ 400.000
Archivador metálico	1	$ 300.000	$ 300.000
Total			$ 109.260.000

La inversión inicial del proyecto se concentra principalmente en los activos fijos productivos, con un valor total de $109.260.000, lo que evidencia que el modelo de negocio es intensivo en infraestructura y logística, particularmente en el componente de transporte y almacenamiento. El vehículo de recolección representa el activo individual de mayor peso relativo, situación plenamente justificada dado que la disponibilidad y continuidad del suministro de ACU dependen directamente de la capacidad logística del sistema.

Los equipos de proceso, tanques de decantación, purificación, almacenamiento final, sistemas de bombeo y filtración, conforman el núcleo técnico de la planta y están dimensionados de manera coherente con los parámetros operativos definidos. La desagregación detallada de mangueras, válvulas, conectores y accesorios auxiliares refuerza la credibilidad del presupuesto,

al evitar estimaciones globales poco precisas y reflejar un entendimiento realista de las necesidades operativas del proceso.

Tabla 29

Adecuación del inmueble

Adecuación	Cantidad	Valor estimado (COP)	Total (COP)
Impermeabilización parcial del piso	1	$ 1.800.000	$ 1.800.000
Instalación eléctrica 220V	1	$ 500.000	$ 500.000
Extractor simple para ventilación	1	$ 600.000	$ 600.000
Demarcación de áreas y señalización	1	$ 300.000	$ 300.000
Punto de agua / lavado y accesorios	1	$ 450.000	$ 450.000
Total			$ 3.650.000

Las adecuaciones del inmueble, por un valor de $3.650.000, corresponden a intervenciones mínimas y funcionales orientadas a garantizar condiciones de seguridad, higiene y operación, lo cual es consistente con un modelo de planta de pequeña escala que aprovecha infraestructura existente. Por su parte, los gastos preoperativos, estimados en $3.000.000, recogen los costos inevitables de arranque y formalización, y se reconocen correctamente como erogaciones no recurrentes.

Tabla 30

Gastos preoperativos

Gasto	Valor estimado (COP)
Constitución de empresa	$ 500.000
Permisos / trámites ambientales básicos	$ 700.000
Capacitación inicial del personal	$ 600.000

Uniformes y EPP inicial (4 operarios)	$ 1.200.000
Total	$ 3.000.000

Tabla 31

Capital de trabajo

Concepto	Valor (COP)
Activo corriente operativo	
Caja y bancos	$ 3.500.000
Inventarios operativos (ACU + insumos)	$ 2.500.000
Cuentas por cobrar (ventas a 30 días)	$ 4.704.000
Total activo corriente	**$ 10.704.000**
Pasivo corriente operativo	
Cuentas por pagar a proveedores	$ 2.800.000
Obligaciones laborales por pagar	$ 1.200.000
Impuestos por pagar	$ 600.000
Total pasivo corriente	**$ 4.600.000**
Capital de trabajo neto requerido	**$ 6.104.000**

El capital de trabajo neto requerido, calculado en $6.104.000, refleja una necesidad razonable de liquidez para sostener la operación inicial, especialmente considerando la existencia de cuentas por cobrar a 30 días y obligaciones corrientes. Este componente resulta clave para la estabilidad financiera del proyecto y su inclusión permite una lectura más realista de la inversión total necesaria para la puesta en marcha efectiva.

Tabla 32

Resumen de inversión inicial

Categoría	Total (COP)
Activos fijos	109.260.000
Adecuaciones	3.650.000
Preoperativos	3.000.000
Total proyecto	**115.910.000**

4.5.2 Costos operacionales

Tabla 33

Costos operacionales

Concepto	Valor mensual (COP)
Energía eléctrica	$ 500.000
Agua potable	$ 120.000
Internet básico	$ 80.000
SOAT (prorrateado mensual)	$ 80.000
Seguro todo riesgo	$ 300.000
Mantenimiento preventivo del vehículo	$ 300.000
Mantenimiento preventivo de equipos	$ 300.000
Arriendo del inmueble (bodega 100–150 m²)	$ 2.000.000
Servicios contables / administrativos	$ 800.000
Sistema de alarma / seguridad mínima	$ 200.000
Papelería y suministros menores	$ 150.000
Aseo general externo (si se terceriza 1 vez/mes)	$ 150.000
Imprevistos fijos operativos	$ 200.000
Nómina	$ 8.903.670
Depreciación	$ 549.999
Total	$ 14.633.669

La estructura de costos mensuales revela una marcada predominancia de los costos fijos, que ascienden a $14.633.669, dentro de los cuales la nómina constituye el principal rubro. Este comportamiento es típico en proyectos de gestión de residuos a pequeña escala, donde la eficiencia operativa depende en gran medida del trabajo humano más que del consumo intensivo de insumos.

Los costos asociados a servicios, seguros, mantenimiento y arriendo se mantienen dentro de rangos de mercado realistas y refuerzan la imagen de un proyecto formalizado, con obligaciones operativas y administrativas plenamente asumidas. La inclusión explícita de la depreciación mensual permite una lectura contable más rigurosa del desempeño económico, aunque, como se desprende del análisis, la coherencia entre los valores de adquisición y las bases de depreciación debe ser cuidadosamente armonizada para evitar distorsiones en los resultados.

4.5.3 Gastos operativos (costos variables)

Tabla 34

Gastos operativos (costos variables)

Concepto	Valor mensual (COP)
Mallas / tamices de prefiltrado	$ 140.000
Cartuchos filtrantes (industriales)	$ 320.000
Bolsas filtrantes / filtros secundarios	$ 90.000
Detergentes desengrasantes industriales	$ 120.000
Paños absorbentes y control de derrames	$ 100.000
EPP de recambio (prorrateado)	$ 120.000
Bolsas industriales para residuos grasos	$ 60.000
Reactivos básicos para control de calidad	$ 30.000

Combustible para recolección	$ 380.000
Disposición de residuos con gestor autorizado	$ 400.000
Repuestos menores (mangueras, abrazaderas, teflón)	$ 90.000
Lubricantes y grasas técnicas	$ 50.000
Etiquetas, marcadores y trazabilidad de lotes	$ 30.000
Total	$ 1.930.000

Los costos variables, por su parte, suman $1.930.000 mensuales y presentan una estructura lógica en función del proceso productivo. Insumos como filtros, detergentes, combustible y disposición de residuos responden directamente al volumen procesado, lo que permite modelar con claridad el comportamiento de estos costos frente a variaciones en la producción. Este aspecto resulta especialmente relevante para el análisis de sensibilidad implícito en el punto de equilibrio.

4.5.4 Nómina

Tabla 35

Nómina

Nombre / Cargo	Salario básico	Días liquidados	Salario devengado	Auxilio transporte	Total devengado	Salud (4%)	Pensión (4%)	Neto pagado
Operador líder	$ 2.000.000	30	$ 2.000.000	$ 200.000	$ 2.200.000	$ 80.000	$ 80.000	$ 2.040.000
Operador asistente	$ 1.423.500	30	$ 1.423.500	$ 200.000	$ 1.623.500	$ 56.940	$ 56.940	$ 1.509.620
Auxiliar logístico–operativo	$ 1.423.500	30	$ 1.423.500	$ 200.000	$ 1.623.500	$ 56.940	$ 56.940	$ 1.509.620
Operador de apoyo / polivalente	$ 1.423.500	30	$ 1.423.500	$ 200.000	$ 1.623.500	$ 56.940	$ 56.940	$ 1.509.620
Conductor–Recolector	$ 1.500.000	30	$ 1.700.000	$ 200.000	$ 1.700.000	$ 60.000	$ 60.000	$ 1.580.000
Responsable técnico (medio tiempo)	$ 711.750	15	$ 1.500.000	$ 100.000	$ 811.750	$ 28.470	$ 28.470	$ 754.810

4.5.5 Depreciación

Tabla 36

Depreciación

Activo	Valor (COP)	Vida útil (años)	Depreciación anual (COP)	Depreciación mensual (COP)
Tamices metálicos de prefiltrado	$ 300.000	5	$ 60.000	$ 5.000
Tanques de decantación (2×1500 L)	$ 4.000.000	10	$ 400.000	$ 33.333
Bomba de transferencia	$ 900.000	5	$ 180.000	$ 15.000
Sistema de filtración (carcasa + elementos)	$ 1.200.000	5	$ 240.000	$ 20.000
Tanque de purificación con resistencias	$ 2.800.000	7	$ 400.000	$ 33.333
Tanques de almacenamiento final	$ 1.200.000	10	$ 120.000	$ 10.000
Herramientas metálicas y auxiliares	$ 500.000	5	$ 100.000	$ 8.333
Mobiliario de oficina	$ 1.000.000	10	$ 100.000	$ 8.333
Equipos de oficina (PC, impresora, router)	$ 2.500.000	5	$ 500.000	$ 41.667
Vehículo de recolección	$ 45.000.000	10	$ 4.500.000	$ 375.000
Total			$ 6.600.000	$ 549.999

4.5.6 Ingresos del proyecto

Tabla 37

Ingresos del proyecto

Escenario	Precio por litro (COP)	Volumen vendible mensual (L)	Ingresos mensuales (COP)	Ingresos anuales (COP)
Conservador	$ 1.200	6.720	$ 8.064.000	$ 96.768.000
Base	$ 1.400	6.720	$ 9.408.000	$ 112.896.000
Optimista	$ 1.600	6.720	$ 10.752.000	$ 129.024.000

Los ingresos del proyecto se estiman a partir de un volumen vendible mensual de 11.760 litros, coherente con los parámetros operativos actualizados y con el flujo de caja proyectado. Bajo esta base, los tres escenarios de precio permiten observar la sensibilidad del modelo frente al mercado, destacándose el escenario optimista como aquel que garantiza holgura financiera y superación clara del punto de equilibrio.

La adopción de un precio optimista de $1.600 por litro, acompañado de un crecimiento anual moderado del 5 %, resulta defendible desde una perspectiva financiera, siempre que se sustente en acuerdos comerciales estables y en una demanda consistente del aceite recuperado como insumo industrial. La proyección de ingresos muestra una evolución progresiva y razonable, sin recurrir a incrementos abruptos que comprometan la credibilidad del análisis.

4.5.7 Estado de situación financiera

Tabla 38

Estado de situación financiera

Concepto	Valor (COP)	
ACTIVOS		
Activo corriente		
Caja y bancos	$ 3.500.000	
Inventarios operativos (ACU + insumos)	$ 2.500.000	
Cuentas por cobrar (ventas a 30 días)	$ 4.704.000	
Total activo corriente		$ 10.704.000
Activo no corriente		
Maquinaria y equipos (valor neto)	$ 14.850.001	
Vehículo de recolección (valor neto)	$ 44.625.000	
Total activo no corriente		$ 59.475.001
TOTAL ACTIVOS		$ 70.179.001
PASIVOS		
Pasivo corriente		
Cuentas por pagar a proveedores	$ 2.800.000	
Obligaciones laborales por pagar	$ 1.200.000	
Impuestos por pagar	$ 600.000	
Total pasivo corriente		$ 4.600.000
Pasivo no corriente		
Crédito para vehículo (saldo)	$ 18.000.000	
Total pasivo no corriente		$ 18.000.000
TOTAL PASIVOS		$ 22.600.000
PATRIMONIO		

Capital aportado	$ 47.579.001	
Utilidad del ejercicio	$ 0	
TOTAL PATRIMONIO		$ 47.579.001
TOTAL PASIVOS + PATRIMONIO		$ 70.179.001

4.5.8 Estado de resultados

Tabla 39

Estado de resultados

Concepto	Valor (COP)
Ventas	**$ 18.816.000**
(-) Devoluciones sobre ventas	$ 0
(-) Descuentos sobre ventas	$ 0
Ventas netas	**$ 18.816.000**
(-) Costo de ventas (costos variables)	$ 1.930.000
Utilidad bruta	$ 16.886.000
Gastos operativos	
(-) Costos operacionales fijos	$ 5.180.000
(-) Nómina	$ 8.903.670
(-) Depreciación	$ 549.999
Utilidad operativa	**$ 2.252.331**
Ingresos financieros	**$ 0**
(-) Gastos financieros	$ 0
Resultado antes del impuesto a la renta	**$ 2.252.331**
Impuesto a la renta	**$ 0**
Utilidad neta del periodo	**$ 2.252.331**

El estado de resultados mensual evidencia una utilidad operativa positiva, con un margen que, si bien no es elevado, resulta consistente con la estructura de costos del proyecto. La

relación entre ventas, costos variables y costos fijos confirma que el negocio depende de alcanzar y sostener un volumen mínimo de operación para garantizar su viabilidad.

La utilidad neta del periodo, aunque moderada, indica que el proyecto es capaz de cubrir sus costos operativos, remunerar el trabajo involucrado y generar excedentes, lo cual refuerza la pertinencia del análisis financiero dentro de un horizonte de crecimiento gradual.

4.5.8 Punto de equilibrio

El análisis del punto de equilibrio muestra con claridad la dependencia del proyecto respecto al precio de venta. Bajo el escenario conservador, el volumen requerido supera la capacidad real, mientras que en el escenario base el equilibrio se alcanza de forma marginal. Es únicamente en el escenario optimista donde el proyecto presenta un margen operativo suficiente, lo que subraya la importancia estratégica de asegurar precios adecuados y estabilidad en la comercialización.

Este resultado no debilita el proyecto; por el contrario, lo hace más realista, al evidenciar que la viabilidad financiera no es automática, sino condicionada por decisiones comerciales y operativas bien gestionadas.

- **Costos fijos mensuales (CF)**: Costos operacionales fijos $5.180.000 + Nómina $8.903.670 + Depreciación $549.999. **CF = $14.633.669**

- **Costos variables mensuales (CV)**

  CV = $1.930.000

- **Volumen mensual vendible (Q)**

  Q = 11.760 L/mes

- **Costo variable unitario (CVu):**

  CVu = 1.930.000 / 11.7601 ≈ 164,12 COP/L

Margen de contribución por litro

Tabla 40

Margen de contribución por litro de aceite

Escenario	Precio por litro (COP)	CVu (COP/L)	Margen (COP/L)
Conservador	1.200	164,12	1.035,88
Base	1.400	164,12	1.235,88
Optimista	1.600	164,12	1.435,88

Tabla 41

Margen de contribución por litro de aceite

Escenario de precio	Precio por litro (COP)	Margen (COP/L)	Punto de equilibrio (L/mes)	Comparación con capacidad real (11.760 L/mes)
Conservador	1.200	1.035,88	14.127 L/mes	No se alcanza, supera la capacidad.
Base	1.400	1.235,88	11.841 L/mes	Queda apenas por encima, faltan ~81 L/mes.
Optimista	1.600	1.435,88	10.192 L/mes	Sí se alcanza, hay margen.

4.5.9 Flujo de caja del proyecto

Datos utilizados:

- Horizonte del proyecto: 5 años
- Escenario: optimista con crecimiento moderado
- Precio por litro: $1.600 COP (constante)
- Volumen año 1: 11.760 L/mes
- Crecimiento anual de ingresos: 5 %
- Costos fijos: constantes
- Costos variables: crecen proporcionalmente al volumen
- Depreciación: constante
- Inversión inicial (año 0): – $47.579.001

Base de cálculo (Año 1)

- Ingresos año 1: $225.792.000
- Costos variables año 1: $23.160.000
- Costos fijos + nómina (sin dep.):

  62.160.000 + 106.844.040 = $169.004.040
- Depreciación anual: $6.599.988

Tabla 42

Flujo de caja del proyecto

Año	Ingresos	Costos variables	Costos fijos + nómina	Flujo operativo (antes dep.)	Flujo neto
0	0	0	0	0	– 47.579.001

1	225.792.000	23.160.000	169.004.040	33.627.960	33.627.960
2	237.081.600	24.318.000	169.004.040	43.759.560	35.309.358
3	248.935.680	25.533.900	169.004.040	54.397.740	37.075.826
4	261.382.464	26.810.595	169.004.040	65.567.829	38.929.617
5	274.451.587	28.151.125	169.004.040	77.296.422	40.876.098

4.5.10 Evaluación financiera (TIR y VAN)

Cálculo de la VAN

1. Calcular los factores de descuento

$$FD_t = \frac{1}{(1 + 1{,}12)^2}$$

- $FD_1 = 1 / 1{,}12 =$ **0,892857**
- $FD_2 = 1 / 1{,}12^2 =$ **0,797194**
- $FD_3 = 1 / 1{,}12^3 =$ **0,711780**
- $FD_4 = 1 / 1{,}12^4 =$ **0,635518**
- $FD_5 = 1 / 1{,}12^5 =$ **0,567427**

2. Traer flujo a valor presente

$$VP_t = FC_t \; x \; FD_t$$

- **VP_1 =** 33.627.960 × 0,892857 = 30.024.964,29
- **VP_2** = 35.309.358 × 0,797194 = 28.148.404,02

- **VP_3 =** 37.075.826 × 0,711780 = 26.389.840,62
- **VP_4 =** 38.929.617 × 0,635518 = 24.740.475,39
- **VP_5 =** 40.876.098 × 0,567427 = 23.194.195,76

3. Sumar valores presentes

$$\sum \text{VP} = 30.024.964{,}29 + 28.148.404{,}02 + 26.389.840{,}62 + 24.740.475{,}39 + 23.194.195{,}76$$

$$\sum \text{VP} = 132.497.880{,}07$$

Inversión inicial año 0

$$VAN = \sum \text{VP} + \text{FC}_0$$

$$VAN = 132.497.880{,}07 - 47.579.001$$

$$VAN = 84.918.879$$

Cálculo de la TIR

Paso 1. Probar una tasa y calcular VAN

Probamos **60 %**:

- VAN (60 %) = **+6.121.343,92** (positivo)

Probamos **70 %**:

- VAN (70 %) = **–493.657,57** (negativo)

Como cambia de signo entre 60 % y 70 %, la TIR está **entre esas dos tasas**.

Paso 2. Interpolación lineal (aproximación)

Con:

r1 = 0,60, VAN(r1) = 6.121.343,92

r2 = 0,70, VAN(r2) = −493.657,57

$$\text{TIR} = 0{,}60 + \frac{6.121.343{,}42}{6.121.343{,}42 - (-493.657{,}57)}\ (0{,}10)$$

$$\text{TIR} = 0{,}60 + \frac{6.121.343{,}42}{6.615.001{,}49}\ (0{,}10)$$

$$\text{TIR} = 0{,}60 + 0.09254$$

$$\text{TIR} = 0{,}692$$

$$TIR = 69.2\ \%$$

Los resultados obtenidos a partir del cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y de la Tasa Interna de Retorno (TIR) permiten afirmar que el proyecto de gestión de Aceite de Cocina Usado presenta una viabilidad financiera clara y consistente bajo los supuestos planteados. Ambos indicadores, considerados de manera conjunta, ofrecen una lectura integral sobre la capacidad del proyecto para generar valor y remunerar adecuadamente el capital invertido a lo largo del horizonte de evaluación.

El Valor Actual Neto positivo, estimado en aproximadamente $84,9 millones de pesos, indica que el proyecto no solo logra recuperar la inversión inicial requerida, sino que además genera un excedente económico significativo cuando los flujos futuros se descuentan a una tasa del 12 % anual. Este resultado es particularmente relevante si se considera que la tasa utilizada representa un costo de oportunidad exigente para proyectos productivos de pequeña escala. En consecuencia, el VAN positivo confirma que el proyecto crea valor económico real y que su ejecución resulta preferible frente a alternativas de inversión con rendimientos equivalentes al costo de capital.

Desde una perspectiva financiera, la magnitud del VAN sugiere que el proyecto cuenta con un margen suficiente para absorber desviaciones moderadas en variables críticas como el precio de venta del aceite recuperado, el volumen procesado o ciertos costos operativos, sin comprometer de manera inmediata su viabilidad. Este aspecto refuerza la solidez del modelo

financiero y reduce la percepción de fragilidad ante escenarios de incertidumbre propios de actividades vinculadas a mercados de residuos y subproductos industriales.

Por su parte, la Tasa Interna de Retorno calculada, cercana al 69,2 % anual, evidencia una rentabilidad considerablemente superior al costo de capital asumido. Este resultado refleja una alta capacidad del proyecto para generar flujos positivos en relación con la inversión inicial, especialmente en los primeros años de operación. No obstante, una lectura financiera rigurosa exige interpretar esta TIR elevada no como una garantía automática de éxito, sino como una señal de atractivo financiero condicionada al cumplimiento de los supuestos operativos y comerciales definidos.

En este sentido, la TIR elevada responde tanto a la estructura de costos del proyecto, caracterizada por costos variables relativamente bajos frente al precio de venta, como a la concentración de la inversión en activos fijos que permiten generar flujos de caja positivos desde etapas tempranas. Por tanto, la TIR confirma la conveniencia financiera del proyecto, pero también subraya la importancia de sostener el volumen vendible y los precios proyectados para materializar dicha rentabilidad.

4.6 Estudio social y ambiental

El estudio social y ambiental constituye un componente fundamental dentro de la evaluación de factibilidad del proyecto, en la medida en que permite analizar de manera integral las interacciones entre la actividad productiva propuesta, el entorno natural y la comunidad en la que se inserta. En proyectos orientados a la gestión de residuos, como es el caso del Aceite de Cocina Usado, esta dimensión adquiere una relevancia particular, dado que la problemática que se busca intervenir tiene efectos directos sobre la calidad ambiental, la salud pública y las dinámicas sociales cotidianas. Por ello, el análisis no se limita a identificar impactos, sino que busca comprender cómo el proyecto contribuye a transformar una práctica informal y contaminante en un proceso organizado, responsable y alineado con los principios del desarrollo sostenible y la economía circular.

Desde esta perspectiva, el estudio social y ambiental se desarrolla a partir de la caracterización del contexto local, la identificación y valoración de impactos derivados de la operación del proyecto y la definición de medidas orientadas a maximizar los beneficios y minimizar los efectos negativos. Este enfoque permite evaluar no solo la viabilidad ambiental del proyecto, sino también su pertinencia social y su capacidad para generar valor más allá de lo estrictamente económico.

En cuanto a la identificación de impactos, el análisis evidencia que la implementación del proyecto genera efectos diferenciados en los ámbitos ambiental y social, los cuales pueden ser clasificados según su naturaleza y alcance. En la siguiente tabla se sintetizan los principales

impactos ambientales asociados al proyecto, considerando tanto los efectos positivos como aquellos que requieren control y manejo.

Tabla 43

Identificación de impactos ambientales del proyecto

Componente ambiental	Impacto identificado	Tipo de impacto	Valoración general
Recursos hídricos	Reducción del vertimiento de ACU en alcantarillado y cuerpos de agua	Positivo	Alto
Suelo	Disminución de la contaminación por disposición inadecuada de residuos grasos	Positivo	Medio
Aire	Emisiones mínimas asociadas al transporte del ACU	Negativo	Bajo
Residuos	Generación controlada de lodos y residuos secundarios del proceso	Negativo	Bajo
Infraestructura urbana	Menor obstrucción de redes de alcantarillado	Positivo	Alto

El análisis de estos impactos permite concluir que los efectos ambientales negativos del proyecto son de baja magnitud y pueden ser gestionados adecuadamente mediante procedimientos operativos, mientras que los impactos positivos presentan una relevancia significativa, especialmente en lo relacionado con la protección de los recursos hídricos y la mejora del sistema de saneamiento urbano.

De manera complementaria, el estudio social evidencia una serie de efectos favorables derivados de la puesta en marcha del proyecto, particularmente en términos de generación de empleo, fortalecimiento de prácticas ambientales responsables y mejora en la relación entre los

actores locales involucrados en la gestión del residuo. La siguiente tabla resume los principales impactos sociales identificados.

Tabla 44

Identificación de impactos sociales del proyecto

Dimensión social	Impacto identificado	Tipo de impacto	Valoración general
Empleo	Generación de puestos de trabajo directos e indirectos	Positivo	Medio
Educación ambiental	Fortalecimiento de la conciencia sobre el manejo del ACU	Positivo	Alto
Salud pública	Reducción de riesgos asociados a la contaminación del agua	Positivo	Alto
Relaciones comunitarias	Articulación entre empresa, comercios y hogares	Positivo	Medio
Cultura ambiental	Promoción de prácticas responsables y sostenibles	Positivo	Alto

A partir de la identificación de estos impactos, se definieron medidas orientadas a potenciar los efectos positivos y a mitigar aquellos impactos negativos de menor relevancia ambiental y social. Estas acciones se integran al funcionamiento regular del proyecto y constituyen un soporte clave para su sostenibilidad.

Tabla 45

Medidas de manejo ambiental y social

Impacto	Medida propuesta	Tipo de acción
Riesgo de derrames de ACU	Protocolos de almacenamiento seguro y capacitación operativa	Prevención
Residuos secundarios del proceso	Gestión adecuada y disposición controlada	Mitigación
Bajo conocimiento comunitario	Jornadas de sensibilización y divulgación ambiental	Potenciación
Relación con generadores	Convenios y acompañamiento técnico permanente	Fortalecimiento social
Seguimiento ambiental	Registros y trazabilidad del ACU recolectado	Control

El estudio social y ambiental permite concluir que el proyecto genera un balance claramente positivo para el municipio de Ocaña, al intervenir de manera estructurada una problemática ambiental persistente y, al mismo tiempo, aportar beneficios sociales tangibles. La reducción de la contaminación asociada al vertimiento de Aceite de Cocina Usado contribuye a la protección de los ecosistemas locales y a la mejora de la salud pública, mientras que la formalización del proceso de recolección y aprovechamiento fortalece la cultura ambiental y promueve prácticas responsables en hogares y establecimientos comerciales.

En este sentido, el proyecto no solo resulta ambientalmente viable, sino socialmente pertinente, al articular actores locales, generar empleo y fomentar una relación más consciente entre la comunidad y su entorno. La integración de medidas de manejo ambiental y social dentro de la operación cotidiana de la empresa refuerza su coherencia con los principios del desarrollo

sostenible y consolida al proyecto como una alternativa responsable para la gestión de residuos en el contexto local, con potencial de replicabilidad y escalamiento en el mediano plazo.

Capítulo 5. Conclusiones

A partir del desarrollo integral del estudio de factibilidad, es posible concluir que la creación de una empresa dedicada a la gestión del Aceite de Cocina Usado en el municipio de Ocaña no solo resulta viable, sino pertinente frente a las condiciones actuales del entorno económico, ambiental y social. El análisis realizado permite observar que la problemática asociada a la disposición inadecuada de este residuo coincide con la existencia de una oportunidad real de aprovechamiento productivo, configurando un escenario favorable para la implementación de un modelo empresarial alineado con los principios de la economía circular.

Desde la perspectiva del mercado, los resultados obtenidos evidencian que la generación de Aceite de Cocina Usado en Ocaña es constante y significativa, concentrándose principalmente en los establecimientos gastronómicos, los cuales aportan la mayor proporción del volumen mensual estimado. Esta característica introduce una ventaja operativa relevante, en la medida en que facilita la estructuración de rutas de recolección eficientes y reduce los costos logísticos asociados a la dispersión de la fuente generadora. Al mismo tiempo, se identifica una disposición positiva por parte de estos establecimientos para vincularse a un sistema formal de recolección, lo que refuerza la viabilidad comercial del servicio propuesto. En cuanto a la demanda, el estudio confirma la existencia de compradores industriales interesados en el aceite recuperado, lo cual permite proyectar una salida estable del producto y disminuye el riesgo comercial del proyecto. En este sentido, el mercado no se limita a la esfera local, sino que se conecta con cadenas productivas de alcance regional y nacional, ampliando las posibilidades de sostenibilidad en el tiempo.

El análisis técnico, por su parte, demuestra que el proyecto puede ejecutarse de manera efectiva con tecnologías apropiadas, coherentes con la escala del negocio y con las condiciones reales del municipio. Las etapas del proceso productivo han sido definidas de forma clara y secuencial, garantizando que el tratamiento del Aceite de Cocina Usado cumpla con criterios de calidad, seguridad y trazabilidad. La selección de equipos, maquinaria e infraestructura responde a un equilibrio entre robustez operativa y racionalidad económica, evitando inversiones sobredimensionadas que comprometan la eficiencia financiera. Asimismo, la determinación del tamaño del proyecto y la localización propuesta evidencian una correspondencia directa con los volúmenes de oferta identificados, lo que reduce el riesgo de subutilización de la capacidad instalada y fortalece la viabilidad técnica del sistema planteado.

En relación con el estudio administrativo y legal, se concluye que el marco normativo colombiano ofrece una base clara para el funcionamiento de una empresa dedicada a la gestión de Aceite de Cocina Usado, siempre que se cumplan los requisitos establecidos en materia ambiental, sanitaria y empresarial. La estructura organizacional propuesta resulta funcional y coherente con las necesidades operativas del proyecto, permitiendo una adecuada distribución de responsabilidades y una gestión eficiente de los procesos clave. Este componente no solo garantiza el cumplimiento de la normativa vigente, sino que también aporta a la formalización de una actividad que tradicionalmente ha operado de manera informal, reduciendo riesgos legales y fortaleciendo la legitimidad institucional de la empresa.

Desde el punto de vista financiero, los resultados obtenidos confirman de manera consistente la viabilidad económica del proyecto. Los indicadores financieros calculados, particularmente el Valor Actual Neto positivo y una Tasa Interna de Retorno significativamente superior al costo de capital, evidencian la capacidad del proyecto para generar valor y remunerar adecuadamente la inversión inicial. No obstante, el análisis también permite reconocer que estos resultados favorables dependen del mantenimiento de los supuestos operativos y comerciales planteados, especialmente en lo relacionado con el volumen de aceite recolectado y los precios de venta del producto recuperado. Aun así, la estructura de costos y la proyección de flujos de caja muestran un margen razonable para absorber variaciones moderadas sin comprometer de forma inmediata la sostenibilidad financiera, lo cual aporta solidez al modelo económico propuesto.

Finalmente, el estudio socioambiental permite concluir que la implementación de este proyecto generaría impactos positivos relevantes tanto en el ámbito ambiental como en el social. La reducción del vertimiento inadecuado de aceites en los sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua contribuiría de manera directa a la protección de los ecosistemas locales y a la mitigación de riesgos para la salud pública. Al mismo tiempo, la iniciativa promueve una cultura de manejo responsable de residuos, fortalece la educación ambiental y abre oportunidades de empleo asociadas a actividades productivas sostenibles. En este sentido, el proyecto trasciende su dimensión económica y se posiciona como una estrategia de desarrollo local que articula beneficios ambientales, sociales y productivos, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad social que hoy orientan las políticas públicas y las tendencias empresariales.

Capítulo 6. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos a lo largo del estudio de factibilidad, se recomienda que la implementación del proyecto se realice de manera gradual y planificada, priorizando en una primera fase la vinculación de los establecimientos comerciales que concentran los mayores volúmenes de generación de Aceite de Cocina Usado. Esta estrategia permitiría optimizar los recursos operativos, estabilizar los flujos de recolección y consolidar relaciones comerciales antes de ampliar el servicio hacia otros segmentos, como los hogares urbanos, cuya incorporación puede desarrollarse de forma progresiva y complementaria.

Asimismo, resulta conveniente fortalecer los mecanismos de sensibilización y acompañamiento a los generadores de ACU, no solo como una estrategia de captación de proveedores, sino como un componente estructural del modelo de negocio. La educación ambiental y la comunicación permanente con los actores involucrados contribuyen a mejorar la calidad del residuo recolectado, a reducir prácticas inadecuadas de disposición y a consolidar una cultura de corresponsabilidad que favorece la sostenibilidad del proyecto en el largo plazo. En este sentido, se recomienda integrar estas acciones dentro de la operación regular de la empresa y no tratarlas como actividades aisladas.

Desde el punto de vista técnico, se sugiere mantener un control riguroso de los procesos de recolección, acopio y tratamiento del aceite, garantizando el cumplimiento estricto de los parámetros operativos definidos en el estudio. La trazabilidad del residuo y el registro sistemático de cada etapa del proceso no solo facilitan la gestión interna, sino que fortalecen la

capacidad de la empresa para responder a auditorías, requerimientos normativos y exigencias de los compradores industriales. De igual manera, se recomienda realizar evaluaciones periódicas de la capacidad instalada y del estado de los equipos, con el fin de anticipar necesidades de mantenimiento o ampliación que eviten interrupciones en la operación.

En el ámbito administrativo y legal, es recomendable asegurar el cumplimiento permanente de la normatividad ambiental y sanitaria vigente, manteniendo actualizados los permisos, licencias y registros requeridos para este tipo de actividad. La formalización de convenios con establecimientos generadores y empresas compradoras del aceite recuperado resulta clave para brindar estabilidad al proyecto y reducir la incertidumbre operativa y comercial. Además, se sugiere fortalecer la estructura organizacional a medida que el proyecto crezca, incorporando roles y funciones que respondan a nuevas demandas administrativas, técnicas o comerciales.

Desde la perspectiva financiera, se recomienda realizar un seguimiento constante a los indicadores económicos del proyecto, especialmente aquellos asociados al volumen de aceite recolectado, los costos operativos y los precios de venta del producto recuperado. Este monitoreo permitirá identificar desviaciones frente a los supuestos iniciales y ajustar oportunamente la estrategia financiera. Aunque los indicadores de rentabilidad obtenidos evidencian una alta viabilidad económica, es fundamental adoptar una gestión prudente de los recursos, evitando decisiones de expansión acelerada que puedan comprometer la estabilidad financiera en las primeras etapas de operación.

Finalmente, se recomienda que el proyecto mantenga una visión de largo plazo orientada al fortalecimiento del impacto social y ambiental en el territorio. La articulación con entidades educativas, autoridades ambientales y organizaciones locales puede ampliar el alcance de la iniciativa y posicionarla como un referente en gestión responsable de residuos en la región. En este sentido, la empresa no debería limitarse a su rol operativo, sino proyectarse como un actor activo en la promoción de prácticas sostenibles, contribuyendo de manera estructural al desarrollo local y a la consolidación de un modelo de economía circular adaptado a las condiciones del municipio de Ocaña.

Referencias

Akinwumi, I. I., Akhigbe, O. O., & Aladegboye, A. M. (2015). A feasibility study of using waste cooking oil as feedstock for biodiesel production. International Journal of Energy Economics and Policy, 5(3), 768–775. https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/1226

Canakci, M., y Van Gerpen, J. (2001). Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. *Transactions of the ASAE*, 44(6), 1429–1436. https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=7010

Cardenas Naya, L. F. (2021). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa recicladora de aceite de cocina usado en el municipio de Valledupar*. Universidad Popular del Cesar. https://repositorio.unicesar.edu.co/handle/uce/3263

CEPAL. (2021). *La economía circular en América Latina y el Caribe: Oportunidades para el desarrollo sostenible*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46916

Confecámaras. (2021). *Las sociedades por acciones simplificadas en Colombia*. https://www.confecamaras.org.co/analisis-economico/sociedades-por-acciones-simplificadas

Congreso de la República de Colombia. (2008). *Ley 1258 de 2008, por la cual se crea la sociedad por acciones simplificada*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=34496

Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Resolución 0316 de 2018*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=85571

Congreso de la República de Colombia. (2008). *Ley 1259 de 2008*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=31692

Congreso de la República de Colombia. (1979). *Ley 9 de 1979 – Código Sanitario Nacional*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=117

Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 142 de 1994*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752

Congreso de la República de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353

Congreso de la República de Colombia. (2009). *Ley 1341 de 2009*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913

Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2018). *CONPES 3934 de 2018*. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3934.pdf

De Feo, G., Di Domenico, A., Ferrara, C., Abate, S., & Sesti Osseo, L. (2020). Evolution of waste cooking oil collection in an area with long-standing waste management problems. Sustainability, 12(20), 8578. https://doi.org/10.3390/su12208578

Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an

European Commission. (2018). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment*. Joint Research Centre. https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC113018_WT_Bref.pdf

FAO. (2011). *Guide to good hygiene practices for the collection and recycling of used cooking oils*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/3/i2265e/i2265e.pdf

González, J. D., & Cortázar Lozano, L. (2017). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa recicladora de aceites de cocina usados en el municipio de Chía, Cundinamarca*. Universidad Piloto de Colombia. https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4573

Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Li, C., Chen, X., Peng, W., Aghbashlo, M., Lam, S. S., & Tabatabaei, M. (2022). Managing the hazardous waste cooking oil by conversion into bioenergy through the application of waste-derived green catalysts: A review. Journal of Hazardous Materials, 424, 127636. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127636

Keenan, J. (2006). Task 12: Assessing the feasibility of waste vegetable oil as a sustainable biodiesel feedstock in the greater Philadelphia region. Delaware Valley Regional Planning Commission. https://www.dvrpc.org/reports/06012.pd

Knothe, G., Van Gerpen, J., y Krahl, J. (2005). *The biodiesel handbook*. AOCS Press. https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=chemeng_biodiesel

Kucukvar, M., & Tatari, O. (2016). Business plan for the development of a biodiesel production plant from used cooking oil: A techno-economic and environmental assessment. International Journal of Sustainable Development and Planning, 11(6), 863–874. https://doi.org/10.2495/SDP-V11-N6-863-874

Lasso, C. A., & López, J. R. (2016). Estudio de factibilidad para la creación de una planta recicladora de aceites usados en las localidades de Suba y Kennedy [Tesis de pregrado,

Universidad Libre]. Repositorio Institucional Universidad Libre. https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/911

Meisami, S., Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., & Najafi, G. (2017). Recycling of waste cooking oil to produce soaps and detergents: Technical and economic feasibility study. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 74, 684–694. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.058

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Resolución 0316 de 2018: Por la cual se establecen los requisitos para la gestión integral de aceites de cocina usados – ACU*. https://www.minambiente.gov.co/

Mittelbach, M., y Remschmidt, C. (2004). *Biodiesel: The comprehensive handbook*. Martin Mittelbach. https://biokraftstoffverband.de/wp-content/uploads/2023/05/23-02-22-The-Biodiesel-Handbook-.pdf

Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/agenda-2030/

OSHA. (2015). *Safety and Health Topics: Materials Handling and Hazard Communication.* Occupational Safety and Health Administration. https://www.osha.gov/materials-handling

PNUMA. (2021). *Hacer las paces con la naturaleza: Un plan científico para hacer frente a las emergencias del clima, la biodiversidad y la contaminación*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. https://www.unep.org/es/resources/hacer-las-paces-con-la-naturaleza

Quintero Beltrán, N. F. (2016). Proyecto de grado: Estudio de factibilidad para la creación de una empresa recicladora de aceites usados en la localidad de Engativá [Tesis de pregrado,

Universidad Libre]. Repositorio Institucional Universidad Libre. https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/9115

Rodríguez Vargas, D. A., & Barreto Hernández, K. (2018). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa transformadora de aceite de cocina usado en el municipio de Soacha, Cundinamarca*. Universidad Minuto de Dios. https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/6426

Rossi, M. A., Giacomelli, G., & Molina, G. (2023). Circular economy designing of municipal waste systems in Latin America: From policy to operations. Journal of Cleaner Production, 406, 136913. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136913

Sánchez-Rivera, V., & Romero, R. (2022). Towards a circular economy development for household waste cooking oil: An integrative framework. Journal of Environmental Management, 301, 113958. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113958

Sivasubramanian, S., & Murugesan, A. (2019). Biodiesel production from waste cooking oil in food industries: An economic and environmental feasibility study. Journal of Environmental Chemical Engineering, 7(3), 103048. https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103048

Sánchez Bonilla, A. A. (2021). *Proyecto para la creación de una empresa dedicada a la recolección y tratamiento de aceites vegetales usados en Bogotá D.C.* Corporación Unificada Nacional de Educación Superior. https://repository.cun.edu.co/handle/cun/4573

Superintendencia de Sociedades. (2019). *Guía práctica de la Sociedad por Acciones Simplificada (SAS)*. https://www.supersociedades.gov.co/documents/20122/365537/Guia_SAS.pdf

Torres Amador, A. M. (2018). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa recolectora y recicladora de aceite vegetal usado en la ciudad de Cartagena*. Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. https://repositorio.tecnologicocomfenalco.edu.co/handle/123456789/1835

UNEP. (2016). *Guidelines for the environmentally sound management of wastes*. United Nations Environment Programme. https://www.unep.org/resources/report/guidelines-environmentally-sound-management-wastes

Apéndice

Apéndice A. Encuesta dirigida a hogares

I. Caracterización del hogar

1. Edad del jefe/a de hogar: _____años
2. Nivel educativo más alto alcanzado:
    - Primaria
    - Secundaria
    - Técnico/Tecnólogo
    - Universitario
3. Barrio o zona de residencia: _____
4. Número de personas en el hogar:
    - 1–2
    - 3–4
    - 5 o más

II. Hábitos de consumo y disposición

5. ¿Con qué frecuencia prepara alimentos fritos?

- Diariamente
- 2–3 veces por semana
- Ocasionalmente

6. ¿Qué tipo de aceite utiliza con mayor frecuencia?
    - Vegetal

- Girasol
- Soya
- Palma
- Otro: _____

7. ¿Cuántos litros de aceite usado genera su hogar al mes (aproximadamente)?
    - Menos de 1 litro
    - 1–2 litros
    - Más de 2 litros
8. ¿Cómo dispone actualmente del aceite usado? (puede marcar más de una opción)
    - Lo vierte al lavaplatos
    - Lo desecha en la basura
    - Lo almacena y lo entrega a recolectores
    - Lo reutiliza varias veces
    - Otro: _____
9. ¿Está al tanto de que desechar aceite por el desagüe contamina el agua?
    - Sí
    - No
    - Parcialmente

III. Aceptación del servicio

10. ¿Le interesaría participar en un programa de recolección de aceite usado?

- Sí
- No
- Tal vez

11. ¿Con qué frecuencia preferiría que se hiciera la recolección?

- Semanal
- Quincenal
- Mensual

12. ¿Estaría dispuesto a almacenar el aceite en un envase adecuado hasta la recolección?

- Sí
- No

13. ¿Qué incentivo lo motivaría más a participar?

- Dinero en efectivo
- Descuentos en productos
- Reconocimiento ambiental
- No requiere incentivo

14. ¿Estaría dispuesto a pagar por el servicio si fuese obligatorio por regulación ambiental?

- Sí
- No

15. ¿Algún comentario adicional sobre el tema?

Apéndice B. Encuesta dirigida a establecimientos comerciales

I. Caracterización

1. Tipo de establecimiento:
    - Restaurante
    - Fritanguería
    - Panadería
    - Cafetería
    - Otro: _____
2. Tiempo de funcionamiento:
    - < 1 año
    - 1–3 años
    - 4–10 años
    - Más de 10 años
3. Número de empleados:
    - 1–2
    - 3–5
    - Más de 5

II. Manejo del aceite

4. ¿Con qué frecuencia utiliza aceite para freír?

- Diario
- Interdiario

- Ocasional

5. ¿Qué cantidad de aceite usado genera por mes?
    - Menos de 10 litros
    - 10–30 litros
    - Más de 30 litros
6. ¿Cómo dispone del aceite usado actualmente?
    - Lo desecha por el desagüe
    - Lo entrega a un tercero informal
    - Lo guarda para recolección
    - Otro: _____
7. ¿Conoce la normativa ambiental sobre disposición de aceites usados?
    - Sí
    - No
    - Parcialmente

III. Interés en el servicio

8. ¿Ha tenido alguna experiencia previa con empresas recolectoras de aceite?

- Sí
- No

9. ¿Qué factores valora más en un servicio de recolección? (máx. 2 opciones)
    - Costo
    - Frecuencia
    - Certificación ambiental
    - Agilidad del proceso

10. ¿Le interesaría recibir un pago por el aceite usado?

- Sí
- No

11. ¿Qué cantidad esperaría recibir por litro?

- Menos de $500
- Entre $500 y $1.000
- Más de $1.000
- No aplicaría

12. ¿Preferiría un servicio que incluya capacitación ambiental?

- Sí
- No

13. ¿Estaría dispuesto a firmar un convenio de disposición responsable del aceite?

- Sí
- No