

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TEMA:**

**ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL  
MANEJO ADECUADO DE ACEITE VEGETAL USADO EN  
LAS DIFERENTES UNIDADES ECONÓMICAS DEL BARRIO  
OBRERO- PUYO**

**AUTORA:**

**PRIETO GUERRERO MÓNICA ELIZABETH**

**DIRECTOR DEL PROYECTO:**

**Ing. KAREL DIÉGUEZ SANTANA**

**PASTAZA – ECUADOR**

**2018 – 2019**

## **AGRADECIMIENTO**

Comienzo agradeciendo a Dios por cada día de mi vida y por la fortaleza para poder recorrer este largo camino. Agradezco a mi familia, en especial a mis padres y hermanos quienes son mi apoyo incondicional y el pilar de mi vida. Agradezco a mi tutor Ing. Karel Diéguez quien me ha guiado durante este proyecto sacando de mí lo mejor e inculcando nuevas enseñanzas y a la vez impidiendo desmoronarme y seguir en pie de lucha, a mi amiga Ing. Dina Robalino por impartirme sus conocimientos y ofrecerme su apoyo durante toda esta etapa. A mi universidad de corazón muchas gracias por la oportunidad de ser parte de esta gran familia y un miembro más que orgullosamente puede llamarse ingeniera. A todos ustedes de corazón les agradezco por festejar conmigo este logro, por su presencia y cariño.

***Mónica Elizabeth Prieto Guerrero***

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres en especial a mi madre, quienes me han demostrado su infinito amor y apoyo incondicional, a ellos quienes depositaron su confianza en mi persona y decidieron acompañarme en este largo recorrido, ellos son y siempre serán la inspiración de mi vida. A mis hermanos por estar en mi vida poder contar siempre con su ayuda y presencia, sin permitir que me desmorone en el intento. A mis amigos y colegas mi sentido de gratitud por ser mis compañeros de lucha, con quienes he compartido durante todos estos años de penas y alegrías, saliendo siempre airosos y llegando hasta estas instancias de mis estudios. Por último y no menos importante, dedico este proyecto a esta prestigiosa universidad que me ha acogido y otorgado la oportunidad de realizarme como profesional.

*Mónica Elizabeth Prieto Guerrero*

## **RESUMEN**

La contaminación ambiental es uno de los problemas más importantes y comunes que se presentan en todo el mundo debido a satisfacer nuestros hábitos alimenticios, trayendo consigo la generación de desechos peligrosos para el ambiente. El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de analizar la viabilidad técnica y económica sobre el manejo del aceite vegetal usado (AVU) para las diferentes unidades económicas del barrio Obrero-Puyo, ubicado en la Provincia de Pastaza. Para ello se analizó mediante la técnica de encuestas al responsable de cada establecimiento con un total 47 entrevistados, se analizó la información y se tabularon los datos obtenidos, también se realizó un análisis en el laboratorio para la caracterización de una muestra compuesta de aceite y de una de las alternativas que es el jabón. Entiéndase que la producción de aceite vegetal usado de las diferentes unidades económicas del barrio Obrero de la ciudad de Puyo carece de un manejo adecuado. Según la encuesta aplicada, se analizó las posibles alternativas para un buen aprovechamiento del AVU entre las cuales tenemos acopio y venta a gestores autorizados, elaboración o fabricación de jabones y velas. Según los resultados de la evaluación económica, la elaboración de las velas es la opción más rentable económicamente. Sin embargo, necesita una fuerte gestión de venta, pues no es un producto de consumo masivo y lograr la comercialización de los elevados niveles productivos propuestos, es un tema importante a evaluar, antes de la ejecución de la alternativa planteada. Finalmente, se recomienda que se extienda este análisis a otros barrios y sectores de la ciudad de Puyo, a fin de conocer la generación de la ciudad, e integrar a las demás unidades económicas en un proyecto de mayor alcance.

### **Palabras claves:**

Aceite vegetal usado, gestores, alternativas, unidades económicas, encuesta.

## **SUMMARY**

Pollution of the environment is one of the problems. The present work is reduced with the objective of analyzing the technical and economic feasibility of the management of the used vegetable oil (AVU) for the different economic units of the Obrero-Puyo neighborhood, located in the Province of Pastaza. To this was analyzed by the technique surveys makers each with a total of 47 interviewed, the information sample is analyzed and the data in turn, an analysis was also performed in the laboratory to characterize tabulated composed of oil and one of the alternatives that is soap. Find out about the production of used vegetable oil from the different economic units of the Obrero neighborhood of the city of Puyo, lacking proper management. According to the survey applied, the possible alternatives for a good use of the AVU are analyzed, among which we have storage and sale to the managers, the elaboration or manufacture of soaps and candles. According to the results of the economic evaluation, the making of candles is more economically profitable. However, it is not a product of mass consumption and achieve the commercialization of high levels of productive production, it is an important issue to evaluate, before the execution of the alternative of the plant. Finally, we recommend that this analysis be extended to other neighborhoods and sectors of the city of Puyo, in order to know the generation of the city, and integrate the other economic units into a project of greater scope.

### **Keywords:**

Used vegetable oil, managers, alternatives, economic units, survey.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	2
<b>1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>1.5. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>1.5.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	3
<b>1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	3
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	4
<b>2.1. ANTECEDENTES</b> .....	4
<b>2.2. DEFINICIONES</b> .....	4
<b>2.2.1. ACEITE VEGETAL</b> .....	4
a) Composición del aceite vegetal .....	5
b) Características físicas del aceite vegetal .....	5
c) Composición química del aceite vegetal.....	5
d) Los triglicéridos .....	6
e) Ácido graso .....	6
f) Tipos de ácidos grasos .....	6
<b>2.2.2. ACEITE VEGETAL RESIDUAL</b> .....	7
a) Características físico-química del aceite vegetal residual .....	7
b) Procedencia del aceite vegetal residual .....	8
c) Reacciones químicas del aceite vegetal en el proceso de fritura.....	8
d) Alteraciones Oxidativas.....	8
e) La Termo-oxidación.....	8
f) Reacciones Hidrolíticas .....	8
g) Polimerización .....	9
<b>2.2.3. PROBLEMAS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL INADECUADO MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DEL AVU</b> .....	9
a) Contaminación del suelo .....	9
b) Contaminación del aire.....	9
c) Contaminación del agua .....	10
d) Afecciones del aceite vegetal residual en las redes de alcantarillado y saneamiento....	10
e) Efectos del aceite vegetal residual sobre la salud humana .....	11
f) Efectos del aceite vegetal residual en los animales .....	12

<b>2.2.4. FASES RECOMENDADAS PARA LA GESTIÓN DEL ACEITE VEGETAL RESIDUAL</b> .....	12
a) Actores involucrados.....	12
b) Alternativas al reusó y reciclaje de aceite vegetal residual .....	13
<b>2.2.5. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ACEITE VEGETAL A NIVEL NACIONAL</b> ....	14
<b>2.2.6. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b> .....	15
<b>2.2.7 UNIDAD ECONÓMICA PRODUCTORA</b> .....	16
<b>2.2.8 COSTOS DE OPERACIÓN</b> .....	16
<b>2.2.8 MARCO LEGAL</b> .....	16
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	18
<b>3.1.- LOCALIZACIÓN</b> .....	18
<b>3.2.- TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	18
<b>3.3.- MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	19
<b>3.3.1.- Situación actual del manejo de los residuos del aceite de cocina vegetal</b> .....	19
<b>3.3.2 Tratamiento de resultados</b> .....	19
<b>3.3.3.- Propuestas de estrategias para el manejo adecuado del aceite</b> .....	20
<b>3.3.4- Viabilidad técnica económica de AVU</b> .....	23
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	26
<b>4.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DEL AVU DE LAS DIFERENTES UNIDADES ECONÓMICAS DEL BARRIO OBRERO</b> .....	26
<b>4.2. ENCUESTAS: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	27
<b>4.3 PROPIEDADES DEL ACEITE</b> .....	34
<b>4.4 ESTRATEGIAS DE APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DEL ACEITE VEGETAL USADO</b> .....	34
<b>4.4.1. Venta a un Gestor autorizado</b> .....	34
<b>4.4.2. Elaboración de jabones</b> .....	36
<b>4.4.3. Elaboración de velas</b> .....	38
<b>4.3.4. Equipos para elaboración de velas y jabón</b> .....	39
<b>4.5 VIABILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PARA LAS ESTRATEGIAS PROPUESTAS</b> .....	39
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	46
<b>5.1. CONCLUSIONES</b> .....	46
<b>5.2.- RECOMENDACIONES</b> .....	47
<b>CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	48
<b>6.- BIBLIOGRAFÍA</b> .....	48
<b>CAPÍTULO VII: ANEXOS</b> .....	53

## INDICE DE FIGURA

<i>Figura 1.</i> Ubicación del proyecto análisis de viabilidad técnica y económica del manejo adecuado de aceite vegetal usado en las diferentes unidades económicas del barrio Obrero-Puyo. ....	18
<i>Figura 2.</i> Muestra el mapa de todos los puntos de muestreo, en el ( <b>Anexo 7</b> ) aparece la información detallada de cada uno de ellos. ....	26
<i>Figura 3.</i> Cantidad de litros que utilizan las unidades económicas a la semana. ....	27
<i>Figura 4.</i> Cantidad de litros desechados por las unidades económicas a la semana. ....	28
<i>Figura 5.</i> Porcentaje de unidades económicas que reutilizan el mismo aceite de cocina para fritar los alimentos más de una vez a la semana. ....	29
<i>Figura 6.</i> Frecuencia de cambio de aceite en el proceso de fritura. ....	29
<i>Figura 7.</i> Disposición final de los residuos de aceite vegetal usado. ....	30
<i>Figura 8.</i> Disposición final de los residuos de aceite vegetal usado. ....	31
<i>Figura 9.</i> Tipo de recipientes que son utilizados para desechar el AVU. ....	31
<i>Figura 10.</i> Conocimiento sobre los daños que produce el aceite vegetal residual. ....	32
<i>Figura 11.</i> Conocimiento sobre la reutilización del AVU. ....	32
<i>Figura 12.</i> Disposición de donar el aceite gratuitamente a favor del medio ambiente. ....	33

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Características físicas y químicas de los aceites de cocina usado</i> .....	7
<b>Tabla 2.</b> <i>Impactos ambientales por aceite vegetal residual.</i> .....	11
<b>Tabla 3.</b> <i>Principales aceites de comercialización y consumo en Ecuador</i> .....	14
<b>Tabla 4.</b> <i>Marco Legal Ecuatoriano.</i> .....	17
<b>Tabla 5.</b> <i>Resultados de estadísticos de la generación de desechos por tipo de unidad económica grupo (1) Restaurantes, (2) Comida rápida.</i> .....	28
<b>Tabla 6.</b> <i>Caracterización físico química del Aceite Vegetal Usado</i> .....	34
<b>Tabla 7.</b> <i>Gestores autorizados.</i> .....	35
<b>Tabla 8.</b> <i>Insumos utilizados en la elaboración del jabón</i> .....	36
<b>Tabla 9.</b> <i>Caracterización química del Jabón.</i> .....	37
<b>Tabla 10.</b> <i>Rendimiento de jabones anuales.</i> .....	37
<b>Tabla 11.</b> <i>Insumos utilizados en la elaboración del velas</i> .....	38
<b>Tabla 12.</b> <i>Rendimiento de velas anuales.</i> .....	38
<b>Tabla 13.</b> <i>Tabla de equipos por proceso.</i> .....	39
<b>Tabla 14.</b> <i>Costos e ingresos anuales de materias primas y productos, en dólares.</i> .....	40
<b>Tabla 15.</b> <i>Costo de los equipos, en dólares.</i> .....	41
<b>Tabla 16.</b> <i>Factores para estimar la inversión de capital.</i> .....	42
<b>Tabla 17.</b> <i>Inversión de capital fijo (ICF), en dólares.</i> .....	43
<b>Tabla 18.</b> <i>Costo anual en servicios, en dólares.</i> .....	43
<b>Tabla 19.</b> <i>Costo de sueldo de trabajadores (CST), en dólares</i> .....	43
<b>Tabla 20.</b> <i>Resumen de criterios económicos en función del costo total de producción</i> .....	44
<b>Tabla 21.</b> <i>Indicadores dinámicos económicos de los casos de estudio</i> .....	45

# CAPÍTULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El índice de contaminación ambiental es uno de los problemas más importantes y comunes que se presentan en todo el mundo. Las actividades industriales se han incrementado e innumerables procesos de fabricación, cocción, transporte y gestión de residuos han surgido para satisfacer nuestros hábitos alimenticios, trayendo consigo la generación de desechos peligrosos para el ambiente (González, Esteve, Moreira, y Feijoo, 2018).

Según la Organización para la agricultura y la alimentación de las Naciones Unidas (FAO) en la última década la demanda de aceites y grasas vegetales comestibles ha crecido constantemente, es así que, se estima un incremento en el consumo mundial del 25% que podría llegar a 178 millones de toneladas en el 2025 en los países desarrollados (Lombardi, Mendecka, y Carnevale, 2018).

A lo largo de los años, en las grandes ciudades las industrias de alimentos han utilizado los aceites vegetales para realizar procesos de cocción o de frituras, finalizando estos procesos el aceite quemado es desechado a la red de alcantarillado, causando un impacto ambiental sobre el agua, afectando así la fauna y la flora, tanto terrestre como marina; aunque es considerado un residuo no peligroso causa efectos negativos en el medio ambiente debido a su persistencia y habilidad de esparcirse en amplias áreas de agua y suelo, esto produce una degradación en la calidad del ambiente (Márquez, Navas, Yegres, y Vivas, 2015).

En caso de países subdesarrollados como Ecuador, las ciudades grandes como Quito generan alrededor de 303 t de aceite vegetal usado (AVU) cada año, de las cuales solo el 10% es entregado a gestores ambientales y el resto es eliminado a las alcantarillas o cuerpos de agua, a pesar de que, las ordenanzas metropolitanas lo prohíben (Parra, Marín, Jácome, y Sinche, 2018).

Diversas investigaciones se han realizado orientadas al uso de AVU para la elaboración de biodiesel, especialmente debido a los bajos costos de producción comparados con los combustibles fósiles. También, otra alternativa empleada ha sido la elaboración de jabones, con la finalidad de darle una mejor disposición final del AVU, dependiendo principalmente de las características del aceite y de remoción de los contaminantes que dan una coloración al aceite. Otra estrategia, es la entrega directa a los gestores, para que el destino final pueda ser el traslado a otros países para su empleo en fines productivos (Echavarría, 2012).

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La eliminación del AVU es uno de los problemas ambientales más perjudiciales para el medio ambiente dado que desecha por el desagüe o alcantarillado produce bloqueos y problemas de malos olores o microorganismos, además crea dificultades de operación en plantas de tratamiento de aguas residuales generando productos que persisten en el ambiente por muchos años y a su vez contaminan los afluentes de agua y suelos más cercanos a la ciudad provocando graves impactos negativos a los ecosistemas (Katre et al., 2018).

Además, el aceite de cocina tiene una inadecuada disposición y es un producto de consumo masivo, se conoce que 1 litro de aceite vertido en agua puede contaminar un millón de litros de agua. Una forma de explicarlo es cuando el aceite se encuentra en contacto con agua y forma una película superficial que disminuye el intercambio de oxígeno y aumenta la mortalidad de los seres vivos acuáticos. Otro problema que se presenta al existir descargas de aceites y grasas por las tuberías, es la acumulación de los mismos como consecuencia la obstrucción y reducción de su capacidad de almacenamiento y transporte, adicional a lo anterior se observa un incremento en los lípidos de las tasas de corrosión (Parra et al., 2018).

En los últimos años, se está buscando alternativas para reducir el impacto negativo AVU como la realización de biodiesel que se utiliza como combustible alternativo ecológico para la disminución de la contaminación atmosférica y calentamiento global reduciendo los gases de efecto invernadero (Hatzisymeon, Kamenopoulos, y Tsoutsos, 2019).

También, la creación de jabones ha sido una solución, donde se analiza las características de los AVU como materia prima en la fabricación, priorizando la determinación de los índices de acidez y saponificación (Albarracín et al., 2010). Por último, otra alternativa para los AVU es la recolección del aceite a través de los gestores autorizados para eventualmente buscar la mejor disposición final y otorgar un certificado a las diferentes unidades económicas (Cho, Kim, Park, y Heo, 2015).

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El consumo de aceite vegetal es imprescindible en los diferentes sectores de la ciudad, lo que genera residuos contaminantes. No existe un manejo adecuado para el aceite de cocina vegetal usado, la falta de un sistema de recolección, almacenamiento y disposición final, y lo más primordial, la ausencia de una cultura responsable para un manejo de los residuos de la ciudad de Puyo. Para la conservación de los recursos ambientales, necesitamos un post consumo responsable e inteligente. Esto conlleva a diseñar un plan estratégico que permita a los ciudadanos realizar buenas prácticas desde las diferentes unidades económicas de sector Obrero.

### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué alternativa es más viable técnica y económicamente para el manejo adecuado del aceite vegetal usado?

### **1.5. OBJETIVOS**

#### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la viabilidad técnica y económica del manejo adecuado de aceite vegetal usado en las diferentes unidades económicas del barrio Obrero- Puyo

#### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Diagnosticar la situación actual del manejo del aceite vegetal usado de las diferentes unidades económicas del barrio Obrero de la ciudad de Puyo.

Proponer estrategias de aprovechamiento y disposición final del aceite vegetal residual.

Analizar la viabilidad técnica-económica para las estrategias propuestas.

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1. ANTECEDENTES**

La provincia de Pastaza fue fundada el 10 de Noviembre de 1959, se encuentra ubicada en la Cordillera de los Andes, es conocida por ser una de las provincias más grandes del país con 19.938 Km<sup>2</sup>, sus límites son: al Norte: Parroquia Arajuno, al sur la provincia de Morona Santiago, al este Perú y al oeste el cantón Mera y Santa Clara, sus principales Barrios son: Obrero, Pambay, Vicentino, Cumandá, Intipungo, Miraflores, El Dorado, Las Palmas, El Recreo, Santo Domingo, La Merced, La Unión, Mariscal, Central 12 de Mayo, Amazonas, Libertad, Nuevos Horizontes, Juan Montalvo, México y Las Américas, con puesta con una población total de 33.557 habitantes en todo la ciudad de Puyo (De la Torre, 2015).

Cada año en Ecuador existe una gran cantidad de turistas que se trasladan a la ciudad de Pastaza, tanto, que esta actividad busca ser la primera fuente de ingreso no petrolero para el año 2018, hoy en día la ciudad de Puyo tiene un gran potencial para recibir turistas, debido a su clima, vegetación, gente y sus atractivos turísticos dentro de la ciudad y la provincia (Hernandez y Urvina, 2015; Velasco, 2017).

Pastaza tiene como uno de los barrios más importantes el Obrero ya que está rodeada de una concentración poblacional más alta por su visita turística cerca de la ruta del Paseo Turístico del Rio Puyo a lugares como restaurantes, bares, cafeterías, discotecas, lugares de consumo de comida rápida y hosterías convirtiéndose en unos de los barrios con mayor producción económica (Castillo, 2015)

### **2.2. DEFINICIONES**

#### **2.2.1. ACEITE VEGETAL**

El aceite vegetal es un compuesto orgánico, que se obtiene por medio de semillas u otras partes de las plantas, en sus tejidos se almacena como fuente de energía, siendo algunos no aptos para el consumo humano (Tabio, Díaz, Rondón, Fernández, y Piloto, 2017).

Los aceites vegetales en su mayoría después de algunos procesos de elaboración, industrialización, distribución y venta, son aptos para ser usados en la cocina. Estos aceites comestibles, llamados también aceite de cocina, son ricos en ácidos mono y poli-saturados, son muy sensibles a la oxidación por la presencia del oxígeno y por las elevadas temperaturas, produciendo fácilmente rancidez oxidativa. Existe una gran cantidad de

aceites que son utilizados para los procesos de fritura, entre los más importantes están los aceites de palma, soya, canola, oliva, maíz y girasol (Montes O et al., 2016).

### **a) Composición del aceite vegetal**

Existen diversos tipos de aceites y cada uno de ellos posee características diferentes, debido a su composición química. La composición de cada aceite varía de acuerdo a la fuente de la que provienen; obteniendo así diferentes contenidos de ácidos grasos saturados e insaturados. Las composiciones físicas de los aceites vegetales sin procesar poseen un color amarillo rojizo, esto se debe a la presencia de diversos pigmentos carotenoides; en cambio los aceites refinados presentan características de manera más notoria, cuyos pigmentos son removidos en su mayoría durante el proceso de refinado. Los autores citan, que el color en el aceite y la transparencia, son factores que determina la calidad, para que un aceite sea considerado como apto para el consumo, su contenido de humedad no debe ser superior al 0.5% y no exceder en su composición más del 1% de ácidos grasos libres (Rodríguez, Lafargue, Sotolongo, Rodríguez, y Chitue, 2012; Saguy y Dana, 2003).

### **b) Características físicas del aceite vegetal**

Los aceites vegetales sin un procesamiento tienen un color amarillo rojizo, esto es debido a la presencia de numerosos pigmentos carotenoides; al contrario, los aceites refinados de manera más notoria presentan otras características, en el que sus pigmentos son removidos en la mayoría durante el proceso de refinado. Varios autores citan, que el color en el aceite y su transparencia, son componentes que determina la calidad, cuando un aceite es considerado apto para el consumo, el contenido de humedad no debe ser mayor al 0.5% y no exceder en el 1% de su composición de ácidos grasos libres (Ros et al., 2015).

### **c) Composición química del aceite vegetal**

La composición química de los aceites se debe a la fuente proveniente de los mismos, esto nos detallara los diferentes ácidos grasos saturados e insaturados contenidos y así tendremos una diversa variedad de aceites con distintas características cada uno.

Los aceites y grasas son considerados una gran fuente de energía básicamente porque están compuestos por bases de carbono, hidrogeno y oxígeno. La composición de las grasas o aceites son los triglicéridos, se forman de 1 molécula de glicerol esterificada con 3 ácidos grasos; se define por la formula  $CH_3(CH_2)_n COOH$ , donde la longitud de la cadena de átomos de carbono variara en función del ácido graso (Cruz, 2017).

#### **d) Los triglicéridos**

Los ácidos grasos son encontrados en la mayoría de los alimentos, se hallan en forma de triglicéridos. Que son la familia de lípidos más abundante con su característica principal de reserva de combustible; desde la perspectiva alimenticia, la grasa ingerida tiene como principal componente los triglicéridos, que equivalen al noventa y ocho por ciento y el restante dos por ciento a fosfolípidos, lípidos complejos y colesterol. Los triglicéridos al perder 1 o 2 ácidos grasos cambian de denominación, estos se encuentran presentes en aceites ya degradados (Ros et al., 2015).

#### **e) Ácido graso**

Los ácidos grasos están unidos a una cadena hidrocarbonada con una variable longitud, en la que encontramos átomos de carbono unidos por átomos de hidrogeno, se los encuentra en dos grupos los saturados he insaturados, la manera de clasificarlos es mediante el número de carbonos y el grado de saturación; la mayoría los ácidos grasos los adquirimos por medio de la alimentación (Ros et al., 2015).

#### **f) Tipos de ácidos grasos**

Podemos encontrar varios tipos de ácidos grasos como son: saturados (AGS), mono insaturados (AGM), trans (AGT), poliinsaturados n-3 y poliinsaturados n-6 mayormente los ácidos grasos están en la grasa de los alimentos (Ros et al., 2015).

##### ***1. Ácidos grasos saturados***

Los AGS proceden de la alimentación principalmente de productos que son de origen animal; como son la carne, lácteos y sus derivados así también los productos que sean elaborados a base de leche entera. Las grasas lácteas son ricas en AGS, al igual los aceites de palma y coco con cantidades consideradas de AGS de cadena media (Ros et al., 2015).

##### ***2. Ácidos grasos insaturados***

Proceden de los vegetales, a temperatura ambiente son líquidos, su constitución es de ácidos poliinsaturados y mono insaturados, de tal forma que los ácidos poliinsaturados se caracterizan por tener una menor cantidad de átomos de H´ y los ácidos mono- insaturados tienen 2 átomos de hidrógenos menos. Los AGI tiene una forma líquida se los encuentra en los aceites vegetales tal es el ejemplo de aceite de oliva y girasol (Ros et al., 2015).

## 2.2.2. ACEITE VEGETAL RESIDUAL

El aceite vegetal usado presenta un color marrón negruzco y tiene un sabor y olor muy característico, también contiene ácidos grasos libres, triglicérido, fosfolípidos, tocoferoles, esteroides, hidratos de carbono y otros compuestos, que resultan de la reacción termo líticas, oxidativas e hidrolíticas que se dan en el proceso como es la fritura de alimentos (Parra et al., 2018).

### a) Características físico-química del aceite vegetal residual

La empresa gestora RAFRINOR, S.L. de Ortuella tiene datos donde encontramos que 1 litro de AVU tiene 85% de aceite, 10% de agua, residuos de aceite, materia orgánica y 5% de lodo, por otra parte, se obtuvieron parámetros para elevar la calidad del AVU que son: polímeros, compuestos polares y monómeros de ácidos grasos cíclicos. Una característica importante para determinar el AVU es el nivel máximo de compuestos polares esta entre 25-27% sin embargo en distintos países no existe una legislación para definir la calidad del AVU por lo cual los autores recomiendan que el aceite debe ser analizado químicamente, para saber de dónde proviene (González y González, 2017; Suaterna, 2011). La (**Tabla 1**), muestra las características físico-químicas frecuentes en aceites vegetales usados.

**Tabla 1.** Características físicas y químicas de los aceites de cocina usado

Parámetros	Valor	Fuente
Peso específico (20°C)-(34°C)	0,9593	(Ordoñez, Moreno, Pérez, Murcia, y Alvarado, 2013)
Índice de yodo (%m/m)	99,585	(Ordoñez et al., 2013)
Índice de saponificación (mgKOH/g)	185,6	(Ordoñez et al., 2013)
Índice de refracción (50°C)	1,459	(Ordoñez et al., 2013)
Humedad y materia volátil (%m/m)	0,0899	(Ordoñez et al., 2013)
Punto de fusión (°C)	32	(Ordoñez et al., 2013)
Impurezas insolubles (%m/m)	0,052	(Ordoñez et al., 2013)
Índice de acidez (%m/m ácido oleico)	1,87	(Ordoñez et al., 2013)
Estabilidad del aceite.	0,075	(Ordoñez et al., 2013)
Coficiente específico de extinción, K232		
Coficiente específico de extinción, K270	0,076	(Ordoñez et al., 2013)
Prueba de Kreis (interfase)	Rojo claro	(Ordoñez et al., 2013)
Viscosidad cinemática a 40 °C, mm <sup>2</sup> /s	131,5934	(López, Bocanegra, y Malagón-Romero, 2015)
Índice de peróxidos (mg O <sub>2</sub> /g)	1,7	(Hoekman y Robbins, 2012)

Fuente: (Hoekman y Robbins, 2012; López et al., 2015; Ordoñez et al., 2013)

## **b) Procedencia del aceite vegetal residual**

La producción de AVU proviene de diferentes establecimientos pequeños y grandes al igual de los hogares he industrias de alimentos que se dedican a la elaboración de alimentos y utilizan variados aceites para la preparación de los mismo.

Actualmente los desechos de AVU son mal manejados y desechados por las cañerías, fundas de basura, botellas plásticas, lavaza y reutilizados para la elaboración de alimentos, lo que provoca diversos problemas ambientales, económicos y de salud. Son considerados peligrosos por provocar daños al medio ambiente en especial al agua, por su persistencia y capacidad de extenderse en grandes áreas de agua y suelo (Ripa, Buonauro, Mellino, Fiorentino, y Ulgiati, 2014)

## **c) Reacciones químicas del aceite vegetal en el proceso de fritura**

Encontramos diferentes reacciones químicas en el proceso de la fritura como son la termo-oxidación, hidrolisis, polimerización y oxidación estas son muy comunes y alteran química y físicamente las propiedades del aceite vegetal, formando subproductos como son alcoholes, compuestos cíclicos y ácidos grasos. En el proceso de fritura se producen estas reacciones que detallaremos a continuación (González y González, 2017).

## **d) Alteraciones Oxidativas**

Los lípidos y otros compuestos orgánicos como es el aceite tienden a accionan con el oxígeno atmosférico, produciendo la degradación estructural de los aceites, estas reacciones estarán estrechamente relacionadas con la nutrición y salud de las personas, debido a que estas reacciones forman compuestos polares, polímeros cíclicos, compuestos monómeros e hidroperóxidos (González y González, 2017; Juárez y Sammán, 2007).

## **e) La Termo-oxidación**

Se originan al someter a los aceites a altas temperaturas y de esta forma existe una mayor alteración oxidativa en los aceites (Juárez y Sammán, 2007).

## **f) Reacciones Hidrolíticas**

Son producidos cuando el aceite está expuesto a humedad o agua y calor, se da la ruptura de los enlaces éster de los triglicéridos, descomponiéndose en mono glicéridos y di glicéridos, y así surgen ácidos grasos libres y a la vez en menores cantidades se crean metil- cetonas en esta parte nos hallamos con presencia de malos olores y humos (Juárez y Sammán, 2007).

## **g) Polimerización**

La presencia de radicales libres que se forman en la combinación con los ácidos grasos o entre sí, crean polímeros cíclicos y lineales. La formación de espuma y el aumento de viscosidad del aceite es debido a que estos compuestos tienen un mayor tamaño y peso molecular (Juárez y Sammán, 2007).

### **2.2.3. PROBLEMAS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL INADECUADO MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DEL AVU**

El mal manejo y desecho de los residuos de AVU acarrear graves daños ambientales; aunque es considerado un residuo no peligroso causa efectos negativos en el medio ambiente debido a su persistencia y habilidad de esparcirse en amplias áreas de agua y suelo, esto produce una degradación en la calidad del ambiente (Márquez et al., 2015).

Con anterioridad se mencionó que el aceite cuando es sometido a altas temperaturas y más la combinación de otros componentes como son el agua y alimento tiene una serie de reacciones químicas y físicas esto tiene una incidencia en la calidad del alimento y a su vez en la salud del consumidor, ampliando la formación de compuestos tóxicos como son monómeros de ácidos grasos, compuestos polares y polímeros que al ser ingeridos producen problemas de salud a las personas que los consumen (González y González, 2017).

#### **a) Contaminación del suelo**

Los residuos de aceites, grasas vegetales y animales son considerados como residuos no peligrosos la mayoría toxicológicamente inofensivos, porque su degradación se da biológicamente por lo cual cuando el aceite vegetal residual es vertido directamente hacia el suelo puede causar: pérdida de fertilidad en el suelo, erosión y destrucción de hábitats.

Además, el vertimiento del AVU en el suelo causa otro problema al estar en contacto con residuos sólidos urbanos, como la generación de lixiviados que son líquidos de olores penetrantes y color negro, el cual crea una barrera que impide la absorción de nutrientes necesarios para la vegetación, y en los rellenos sanitarios pueden filtrarse a aguas subterráneas y contaminarlas (Mejía, 2012).

#### **b) Contaminación del aire**

En algunos casos el AVU, es utilizada para combustibles en hornos y calderas, transformándolo en fuente de dioxinas que se dispersan de manera rápida en la atmosfera (González y González, 2017).

### **c) Contaminación del agua**

Los cuerpos de agua se ven afectados por el vertimiento de aceites y grasas que causan una demanda química de oxígeno muy elevada, afectando así el intercambio gaseoso, estas sustancias al entrar en el contacto con el agua crean una capa superficial que reduce el oxígeno a través de la interface agua – aire y la fotosíntesis en las plantas acuáticas.

En la actualidad podemos encontrar publicaciones de la contaminación que tiene el AVU, 1 litro de aceite vegetal usado contamina aproximadamente un 1'000.000 L de agua, lo que es equivalente a 40.000 L que es el consumo anual de agua que una persona necesita (González y González, 2017).

### **d) Afecciones del aceite vegetal residual en las redes de alcantarillado y saneamiento**

Cuando el aceite vegetal residual es desechado en las tuberías se mezcla con los sólidos obstruyendo e impidiendo el curso normal de las aguas residuales, lo que a largo plazo puede provocar inundaciones en el alcantarillado, proliferación de malos olores, presencia de plagas y por ende enfermedades. Las grasas y aceites de desechos que difícilmente se disuelven en agua, poseen una densidad baja y biodegradabilidad nula, de hecho, forman costras flotantes que llegan a incrustarse en las tuberías y paredes de las obras sanitarias (González y González, 2017)

Por lo dicho, la (**Tabla 2**), muestra los impactos al ambiente que causa el mal manejo del aceite vegetal desechado de manera inadecuada.

**Tabla 2.** *Impactos ambientales por aceite vegetal residual.*

Prácticas de disposición	Impactos
<b>Adjuntar a la basura</b>	Presencia de roedores
	Incremento de lixiviados en rellenos sanitarios
<b>Verter directamente por las cañerías</b>	Disminución de oxígeno en el agua
	Impide el flujo de aguas residuales
	Altos costos de operación en las plantas de tratamiento de aguas
	Disminución de la actividad fotosintética
	Reducción en el diámetro de las tuberías
<b>Verter directamente en el suelo</b>	Perdida de fertilidad del suelo
	Dstrucción de hábitats
	Erosión
	Contaminación de aguas subterráneas
	Impide la absorción de nutrientes necesarios para la vegetación
<b>Quemas e incineraciones</b>	Contaminación del aire por dioxinas

Fuente de información: (Morocho, 2019)

### **e) Efectos del aceite vegetal residual sobre la salud humana**

Generalmente los alimentos fritos se consideran seguros; sin embargo, cuando este se usa repetidas veces se transforma en un elemento tóxico, el consumo de frituras que se han elaborado con aceite recalentado que a su vez posee hidrocarburos aromáticos poli cíclicos tienen gran potencia cancerígena sobre los consumidores (Esquivel, Ovando, y Ramírez, 2014).

El excesivo consumo de sustancias con componentes tóxicos que suelen proceder del aceite vegetal usado puede dar origen a infecciones gastrointestinales de diversa índole, irritación intestinal, aumento de tamaño de algunos órganos, retardo de crecimiento en los niños, aterosclerosis, y además de riesgos de hipertensión (Agüero, García, y Catalán, 2015).

Las dioxinas son sustancias que de manera alarmante están afectando la salud humana sea por ingestión directa o indirecta (OMS) son un agente cancerígeno conforma lo que se llama docena sucia, es un compuesto de tipo orgánico persistente normalmente se encuentra en el

aceite vegetal residual el cual ha sido previamente sometido a calentamiento a temperaturas elevadas, puede llegar al organismo humano al ingerir carne de animales que ingirieron alimentos que contenían aceite vegetal usado, o por la contaminación atmosférica con dioxinas que a su vez se produce por la quema de este mismo aceite residual, que causa toxicidad dérmica, inmunotoxicidad, teratogenicidad, efectos reproductivos que a su vez son altamente cancerígenos en la actualidad en la piel se producen trastornos por la exposición prolongada a dioxinas una de ellas es el cloro-acné (OMS, 2016).

La transformación de grasas trans es otro problema acarreado por la exposición del aceite al calor de manera repetitiva, dichas grasas al ser consumidas pueden ocasionar enfermedades no transmisibles, incluidas enfermedades cardiovasculares, cardiopatías, diabetes y accidentes cerebrovasculares (Colón y Monge, 2012).

El vertido del aceite vegetal residual por las cañerías causa daños a la salud directamente por el daño y desgaste en las tuberías por el incremento de estas sustancias que se incrustan en las paredes de las redes de alcantarillado interconectadas (Guerrero, Guerrero, y Sierra, 2011)

#### **f) Efectos del aceite vegetal residual en los animales**

Las aves, animales porcinos y vacunos se ven afectados por la transmisión de dioxinas y grasas trans a su organismo por la mezcla de aceites usados con los alimentos que ellos consumen cuando sus cuidadores pretenden incrementar su peso y grasa corporal (Garduño, 2008).

En algunos países esta práctica está totalmente prohibida, en Europa existen informes que muestran la presencia de dioxinas en la carne de cerdo, animales que han sido alimentados con aceite de cocina usado (OMS, 2016).

Por ello, los varios países los aceites vegetales de residuo en el marco de la alimentación animal es objeto de estudio desde el punto de vista de la seguridad alimentaria (Garduño, 2008).

### **2.2.4. FASES RECOMENDADAS PARA LA GESTIÓN DEL ACEITE VEGETAL RESIDUAL**

#### **a) Actores involucrados**

Según (Morocho, 2019), nos informa que la gestión de cualquier tipo de residuo debe incluir necesariamente la participación organizada y fiable de todos los agentes involucrados. La

función que desempeña cada uno de estos agentes en el proceso de manejo y gestión adecuada de los aceites vegetales usados se analiza a continuación:

**Productores o generadores.** - todo aquel que genera aceite residual de las actividades de elaboración de alimentos fritos.

**Acopiador.** - es toda persona natural o jurídica que, con el debido permiso de una entidad ambiental competente, acopia y colecta aceite vegetal residual que proviene de distintos establecimientos que lo generan.

**Transportador.** - persona natural o jurídica que se encarga de transportar o movilizar y entregar aceite vegetal que debe ser recogido de manera constante y periódica por parte de una empresa autorizada.

**Almacenador.** - individuo natural o jurídico que almacena temporalmente el aceite vegetal residual, en envases herméticamente cerrados y de material resistente para facilitar y asegurar su manipulación, debe estar exento de fugas, y su etiquetado debe hacerse de manera clara evitando que esta información se borre por agua lluvia u otro factor externo.

**Tratador o procesador final.** - es una persona formalmente calificada por parte de la autoridad correspondiente, se encarga de tratar el aceite residual y los aprovecha transformándolo en otros productos, dicho tratamiento es realizado a través de un conjunto de operaciones técnicas o procesos mediante el cual las características de este componente de desecho se alteran, sin olvidar considerar su nivel de peligrosidad.

**Disponedor final.** - todo ente natural o jurídico autorizado de manera formal que es autorizado para recibir el aceite vegetal de residuo para disponerlo de manera correcta tomando como fundamento las normas ambientales establecidas en la ley.

## **b) Alternativas al reusó y reciclaje de aceite vegetal residual**

Los aceites de residuos vegetales usados pueden considerarse una fuente de energía renovable los mismos que al ser manejados de manera correcta pueden considerarse agentes para la conservación del medio ambiente (Duque, 2017).

La reutilización del aceite vegetal como materia prima se obtiene nuevas alternativas, como la recolección de AVU por gestores calificados y la obtención de productos novedoso como jabones y velas los mismos que dependerán de la calidad de este, que nace de darle un previo tratamiento al aceite usado, tratamiento que considera procesos como: la separación y

remoción de partículas que provienen de alimentos fritos que van variando en tamaño, composición, grado de deterioro, mediante procesos de preclasificación, filtración, decantación – filtración y purificación. Se trata de aprovechar el valor remanente que integra el aceite vegetal de residuo, por medio de un proceso de reciclaje (Stouvenel, Guevara, y Bernal, 2013; Tejedor, 2013).

Hoy en día los aceites usados en la cocina llaman mucho la atención y el interés debido a su aprovechamiento en la producción de biodiesel, solucionando problemas ambientales que ocasiona el manejo incorrecto de este desecho líquido (Tsoutsos, Tournaki, Paraíba, y Kaminaris, 2016).

En el Ecuador a este residuo se lo considera un desecho especial, está catalogado en el Listado Nacional de Desechos Peligrosos y Especiales, por ello, requieren una gestión integral por parte de los Gobiernos Autónomos Descentralizados a través de la creación de Ordenanzas que obliguen a la adecuada disposición del residuo; según el COA, los GADS son las entidades que ejercen potestad sancionadora ambiental en el ámbito de su circunscripción territorial (COA, 2018).

### **2.2.5. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ACEITE VEGETAL A NIVEL NACIONAL**

El Instituto Nacional de Normalización INEN muestra una tabla de mayor comercialización y consumo de aceites en Ecuador que se presenta en la **Tabla 2**.

**Tabla 3.** *Principales aceites de comercialización y consumo en Ecuador.*

---

<b>Aceite comestible de palma africana</b>
<b>Mezcla de aceites vegetales comestibles</b>
<b>Aceite de soya</b>
<b>Aceite de coco</b>
<b>Aceite de palma híbrida</b>
<b>Aceite de girasol</b>
<b>Aceite de maíz</b>
<b>Aceite de oliva</b>
<b>Aceite de maní</b>
<b>Aceite de canola o colza</b>

---

**Fuente:** (INEN, 2012)

Ecuador es el segundo país con más producción de palma africana en América Latina después de Colombia, la palma se cultiva en 11 provincias de las 24 que posee nuestro país; Pichincha, Esmeraldas y los Ríos están representando el 70% de la producción nacional (Alarcón y Guayaquil, 2011).

Por otro lado Ecuador se caracteriza por ser el tercer país productor de combustibles alternativos en Sudamérica, según la productora FABRIL la cual está encargada de la producción de biodiesel a partir de refinar el aceite de palma africana, está basada en cultivos energéticos como materia prima, que desde el punto de vista ambiental genera varias crítica ambientales por la expansión de monocultivos, de ahí nace la idea de la aplicación de aceites vegetales usados como una buena alternativa para la producción de biocombustibles, lo cual da confiabilidad en lo que corresponde a evitar el uso de áreas consideradas para seguridad alimentaria (IICA, 2010)

En el año 2010 la cantidad de aceite vegetal para consumo humano en Ecuador era aproximadamente de 180.609,63 toneladas, de las cuales el 80% se ha usado en la elaboración de productos y para la fase de cocción, en cambio el 20% se convierte directamente en desecho, esto sería 36.221,91 toneladas de aceites y grasas han sido desechadas en Ecuador, el cual es un dato sumamente relevante ya que, hasta estos días no existen estrategias o políticas que regulen el adecuado manejo de este residuo (Calderón y Luzuriaga, 2010).

## **2.2.6. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Para el trabajo de campo es mejor considerar las técnicas e instrumentos de recolección de datos como elementos esenciales para el desarrollo de la investigación, dichas técnicas de investigación corresponden a las actividades o procedimientos necesarios para que el investigador cumpla con los objetivos (Graterol, 2011)

Para apoyar la recolección de datos se puede usar:

### **La observación**

Esta técnica consiste en la observación detenida y atenta de un fenómeno, hecho o caso, es un elemento fundamental para trabajos investigativos y le ayuda al investigador en la obtención de más información (Graterol, 2011)

## **La encuesta**

Instrumento técnico fundamentado en un cuestionario o conjunto de preguntas que prepara el investigador para adquirir información, es una técnica mediante la cual puede recogerse y analizarse una serie de datos de una muestra representativa de una población específica o denominado universo que debe ser validado y confiable (Casas, Repullo, y Donado, 2003)

### **2.2.7 UNIDAD ECONÓMICA PRODUCTORA**

La unidad económica es aquella unidad que a través de la producción de bienes y servicios permite la generación de ingresos para la distribución y reinversión de los excedentes económicos generando la creación de empleos, sostenibilidad y sustentabilidad, para el beneficio de la comunidad y asociados (Álzate y Betancur, 2015).

### **2.2.8 COSTOS DE OPERACIÓN**

Se consideran a todos los gastos que son necesarios para la operación diaria de la planta productiva, se agrupan en tres categorías:

- *Costos directos*: Estos incluyen costos de las materias primas (CMP), servicios (CS), sueldos de los trabajadores (CST), supervisión, mantención, reparación, entre otros.
- *Costos fijos*: En ellos se considera la depreciación de los equipos y edificaciones, impuestos locales, seguros y gastos generales de la planta.
- *Gastos generales*: Están conformados por los costos de administración, distribución y venta, investigación y desarrollo.
- *Costo total de producción*: Este costo se emplea para comparar los costos de operación con los de inversión inicial (convertidos en gastos anualizados), según Towler y Sinnott (2013) se considera una tasa de interés del 15 % y un tiempo de vida de la planta de 10 años.

### **2.2.8 MARCO LEGAL**

La legislación ambiental ecuatoriana carece de disposiciones específicas sobre el manejo y disposición de aceites residuales de origen vegetal, pero el marco legal presentado en la (Tabla 4), presenta artículos que hacen énfasis en la gestión adecuada de los residuos, su preservación y los cuidados a la naturaleza que salen de ellos.

**Tabla 4. Marco Legal Ecuatoriano.**

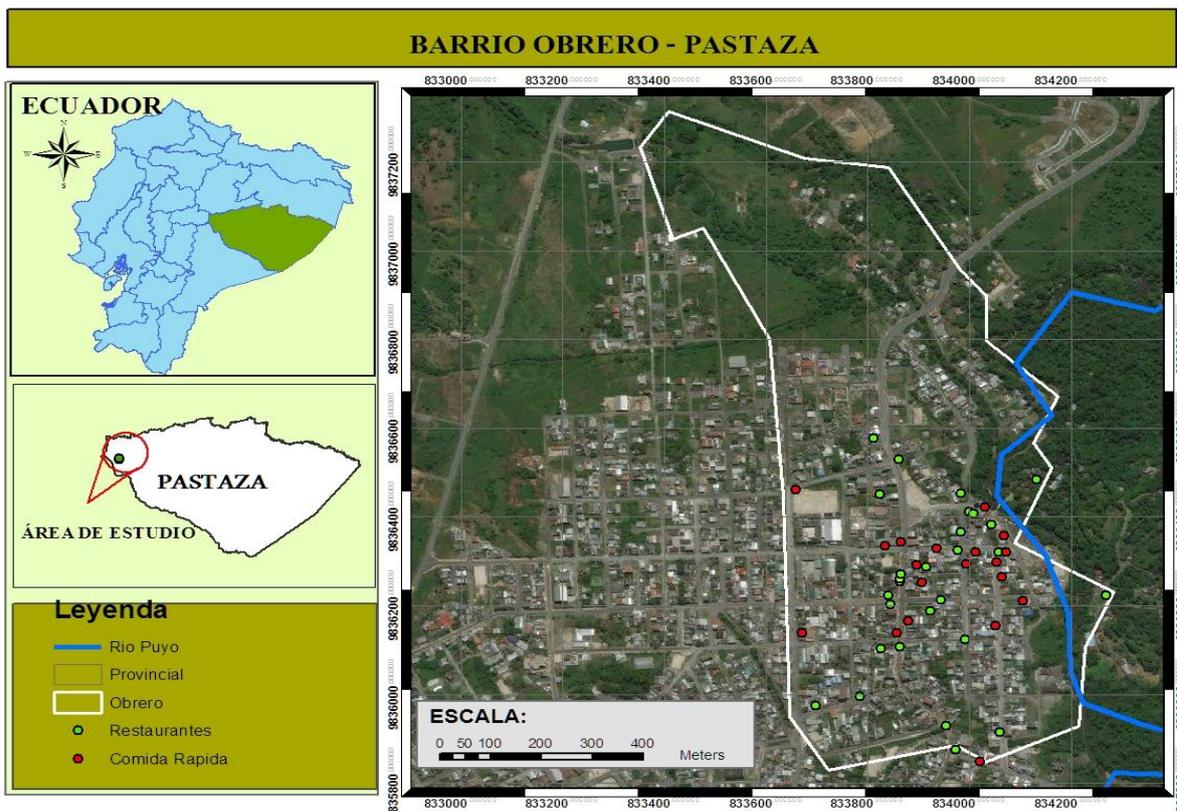
<b>Artículo</b>	<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Art. 14,66, 83 y 369	Constitución Ecuatoriana	<p><b>Art. 14.-</b> Reconoce el derecho que tiene la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, así mismo, la prevención del daño ambiental.</p> <p><b>Art. 66.-</b> Se reconoce y garantizará a las personas: 27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.</p> <p><b>Art. 83.-</b> También establece los deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.</p> <p><b>Art. 369.-</b> De igual forma hace referencia sobre la gestión ambiental que se debe promover desde los organismos de regulación del Ecuador.</p>
Art. 27 y 226	Código Orgánico Ambiental	<p><b>Art. 27.-</b> Establece las facultades de los gobiernos autónomos descentralizados Metropolitanos y Municipales generar normas y procedimientos para la gestión integral de los residuos y desechos, para prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos según corresponda.</p> <p><b>Art. 226.-</b> Así mismo, promoverán a la ciudadanía en su marco de competencias la clasificación, reciclaje y en general la gestión de residuos y desechos bajo el principio de jerarquización 1. Prevención, 2 Minimización, 3. Aprovechamiento y valorización, 4. Eliminación, 5. Disposición final.</p>

Fuente: (COA, 2018; Constituyente, 2008)

# CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

## 3.1.- LOCALIZACIÓN

El proyecto de investigación se realizó en el barrio Obrero de la ciudad de Puyo, ubicado en la Provincia de Pastaza. Su altitud de 580 a 1120 msnm, precipitación anual que varía de 1000 a 4000mm y una temperatura promedio de 18,6°C. Con un clima sub tropical lluvioso de bosque siempre verde de acuerdo al sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental (MAE, 2012). **Figura 1**



**Figura 1.** Ubicación del proyecto análisis de viabilidad técnica y económica del manejo adecuado de aceite vegetal usado en las diferentes unidades económicas del barrio Obrero- Puyo.

Fuente: Elaborado por la Autora

## 3.2.- TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se orienta en dos tipos de investigación: descriptiva por que se trabaja sobre realidades de hecho y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. El tipo de investigación experimental se enfocó en la elaboración de velas y la caracterización del aceite vegetal usado y del jabón en un ambiente de laboratorio.

### **3.3.- MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1.- Situación actual del manejo de los residuos del aceite de cocina vegetal**

Se identificó el área de estudio y se definieron las unidades económicas productoras de los aceites vegetal residual mediante la ayuda del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pastaza (GADMCP). Luego se procedió a la recolección de información del manejo de los residuos del (AVU), mediante la técnica de encuestas al responsable de cada establecimiento con un total 47 encuestas, se analizó la información y se tabularon los datos obtenidos.

La información solicitada en la encuesta se dividió en dos secciones. La primera para obtener información sobre la gestión actual del establecimiento, y la segunda para conocer la disposición hacia la mejora de la gestión del aceite o la percepción de la sociedad ante el mismo.

Fórmula empleada

Se empleó la ecuación para el cálculo del tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población, en este caso, el número de establecimientos en funcionamiento.

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + z^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde, N = tamaño de la población (En este caso 53 unidades)

z = nivel de confianza, (con 95% de confianza, z=1.96)

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

E = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción). (5% de error esperado)

Esa ecuación dará exactamente 47 unidades o establecimientos a muestrear

En el anexo 6. aparece el modelo de encuesta aplicado en los hogares. Cabe resaltar que la pregunta 1 y 2 fue comprobada mediante la observación y recolección de AVU por una semana.

#### **3.3.2 Tratamiento de resultados**

En primer lugar, se utilizó el Test de Shapiro Wilk y Barttley para verificar la normalidad y homoscedasticidad de los datos recopilados de generación de residuos durante ambos períodos. Los datos no fueron distribuidos normalmente; por lo tanto, se realizó un análisis no paramétrico de Wilcoxon Rank-sum (Mann Whitney). Adicionalmente, los datos fueron

analizados en estadística descriptiva (media, desviación estándar, error, valores mínimos, máximos, etc). Todos los datos fueron tabulados en Excel y para los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico STATA versión 12 (StataCorp, 2011)

### **3.3.3.- Propuestas de estrategias para el manejo adecuado del aceite**

Se analizaron los resultados y se determinó que tipo de estrategia es más fiable para el manejo adecuado de los (AVU) en las diferentes unidades económicas.

Alternativas:

- A. **Gestores:** Esta estrategia consiste en acopiar el aceite usado en los Puntos Limpios de Recogida y Reciclaje de la Ciudad. Es fundamental que la gestión de aceites comestibles y aceites minerales esté perfectamente diferenciada, para evitar que sustancias indeseables presentes en los aceites vegetales comestibles puedan pasar a la cadena alimentaria. Estas circunstancias son bien conocidas por los gestores autorizados. Para futuramente la producción de biocombustible que puede ser la solución al problema de cómo hacer frente a los aceites de cocina usados (AVU) y el problema asociado de contaminación del medio ambiente. Cada año, toneladas de AVU se vierten en los baños y desagües, contaminando los suministros de agua y creando serios problemas en las plantas de tratamiento de aguas residuales (Cordero y Schallenberg, 2018)
  - B. **Jabones:** Otra alternativa que puede conllevar a beneficios económicos, es la obtención de jabón, puesto que este es un producto de uso masivo y su obtención se realiza a través de procesos sencillos y artesanales (García, Cerezo, & Flores, 2013).
- **Proceso de elaboración de jabón**

La elaboración del jabón a base de Aceite Vegetal Usado se realizó siguiendo los criterios descritos por (Albarracín et al., 2010).

#### **Materiales empleados:**

- 360 g de Sosa cáustica al 95% de pureza
- 650 g de Aceite Vegetal Usado
- 350 g de Agua
- 3 ml de colorante
- 3 ml de esencia

## **Procedimientos**

- 1) Filtrar el AVU en una malla
- 2) Agregar en un recipiente la sosa caustica y agregarle lentamente el agua a temperatura de 45 °C hasta que se disuelva
- 3) Luego agregar el AVU en la solución y mezclar hasta llegar al punto línea
- 4) Agregar el colorante y la esencia
- 5) Colocar en moldes y dejarlos curar por 3 a 4 días.

## **CARACTERIZACIÓN DEL JABÓN**

### **pH**

La obtención de pH se realizó con un pH – metro, marca Hanna Instrument, y se siguieron los procedimientos descritos por (Albarracín et al., 2010).

### **Materiales:**

- 1g de Jabón
- 30 ml de Agua destilada

### **Procedimiento:**

- Agregar el jabón con el agua destilada en un vaso de precipitación
- Mezclar a temperatura ambiente hasta que se disuelva totalmente
- Introducir en el electrodo y realizar la medición.

## **DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ LIBRE:**

Método para la determinación de acidez libre en agentes tenso activos (Albarracín et al., 2010; INEN, 1982b)

### **Materiales:**

- Alcohol etílico al 95%, neutralizado
- Solución 0,1 N de KOH
- Fenolftaleína al 1%

### **Procedimiento:**

- 1) Pesar 10g de muestra desmenuzada en un matraz Erlenmeyer

- 2) Añadir 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico neutro disolver mediante agitación mediante calor
- 3) Agregar 5 gotas de fenolftaleína para determinar el carácter del ácido
- 4) Titular con la solución 0,1N de KOH

**Cálculo:**

$$A = 28,25 \cdot \frac{V \times N}{m} \quad (2)$$

**A:** Acidez libre

**V:** Volumen de la solución de KOH, utilizado en la titulación

**N:** Normalidad del KOH

**m:** masa de la muestra analizada en gramos

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y MATERIA VOLÁTIL:**

El método se analizó mediante agentes tensoactivos (Albarracín et al., 2010; INEN, 1982a)

**Procedimiento:**

- 1) Colocar en una caja Petri 1 g de Jabón
- 2) Colocarla en una estufa a 105 °C por 2 horas
- 3) Dejar enfriar por 30 min en un desecador y procederlas a pesar
- 4) Luego colocarla nuevo en la estufa a 105 °C por una hora
- 5) Sacar en un desecador y dejar enfriar por 30 min y proceder a pesar

**Calculo:**

$$H = 100 \frac{m_1 - m_2}{m} \quad (3)$$

**H:** Materia Volátil

**m<sub>1</sub>:** Masa de cristalizador antes del secado

**m<sub>2</sub>:** Masa de cristalizador después del secador

**m:** Masa de la muestra analizada

*C. Velas:* La producción de velas artesanales puede ser una alternativa para los problemas de contaminación al medio ambiente que produce el AVU y así conseguimos darle una segunda vida a ese aceite de la freidora que ya no nos sirve.

El hacer una vela ecológica con aceite usado nos da la oportunidad de reaprovechar ese aceite, de una forma muy original (Velada, 2015).

### **PROCESO DE ELABORACION DE LAS VELAS CON PARAFINA**

La elaboración de vela a base de AVU se realizó considerando los materiales y procedimientos descritos en (Velada, 2015).

Materiales:

- 175 g de Parafina
- 175 g de AVU
- 3 ml de colorante
- 3 ml de esencia, con 4 o 5 gotas por cada 100 g de cera es suficiente

Procedimiento:

- 1) Derretir la parafina a 65 °C en un vaso de precipitación
- 2) Agregar el AVU y mezclar
- 3) Luego se procede a agregar el colorante y la esencia
- 4) Colocar en moldes, de dejar solidificar la parte superficial y poner los mecheros

Para la obtención de vela a base de Ácido Esteárico se realiza el mismo procedimiento anterior solo se cambia el compuesto (Velada, 2015)

### **3.3.4- Viabilidad técnica económica de AVU**

#### **Economía potencial (EP)**

El término analiza la capacidad que tiene el proyecto para generar un beneficio económico, señalando si es razonable o no continuar con la evaluación de éste. Se obtiene de la diferencia entre:

$$EP = \text{Venta productos} - \text{Costo materias primas o insumos} \quad (4)$$

#### **El costo de operación anual (COP)**

Se puede estimar a partir de la Ecuación 4, la cual incorpora las tres categorías de costos mencionados (Turton, Bailie, Whiting, y Shaeiwitz, 2009).

$$COP = 0.23 \text{ ICF} + 2.21 \text{ CST} + \text{CS} + \text{CMP} \quad (5)$$

**COP:** Costo de operación anual

**ICF:** Inversión de capital fijo

**CST:** Costo de sueldo de trabajadores

**CS:** Costo de servicios

**CMP:** Costo de materia prima

### **Costo total de producción (CTP)**

A partir de estas consideraciones permiten construir el indicador costo total de producción, que se representa mediante la siguiente ecuación:

$$CTP = COP + 0.2*ICF \quad (6)$$

**COP:** Costo de operación anual

**ICF:** Inversión de capital fijo

La viabilidad de estrategias se centrará en desarrollar una alternativa que reduzca gradualmente los costes de los productos a base de AVU.

Técnico: Análisis de los procesos y sub-procesos tecnológicos de las tres alternativas. El procedimiento incluyó el análisis de los equipos, procesos, aditivos y materias primas necesarias

Económico: Para el análisis económico, se analizó según la encuesta aplicada (**Anexo 6**), y posteriormente se evaluó la viabilidad de las tres propuestas, a través de los principales indicadores dinámicos, VAN-Valor Actual Neto, TIR-Tasa Interna de Retorno, PRD-Periodo de recuperación de la inversión.

### **VAN- Valor Actual Neto**

$$VAN = \sum_{n=0}^t \frac{C_n}{(1+r)^n} \quad (7)$$

**t:** vida útil

**n:** año de operación

**r:** tasa de descuento

**C:** flujo de caja

**TIR- Tasa Interna de Retorno**

$$0 = \sum_{n=0}^t \frac{C_n}{(1 + TIR)^n} \quad (8)$$

**t:** vida útil

**n:** año de operación

**C:** flujo de caja

**TIR:** Tasa interna de retorno

**PRD-Periodo de recuperación de la inversión**

$$PRI = \frac{a+(b-c)}{d} \quad (9)$$

**a:** Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

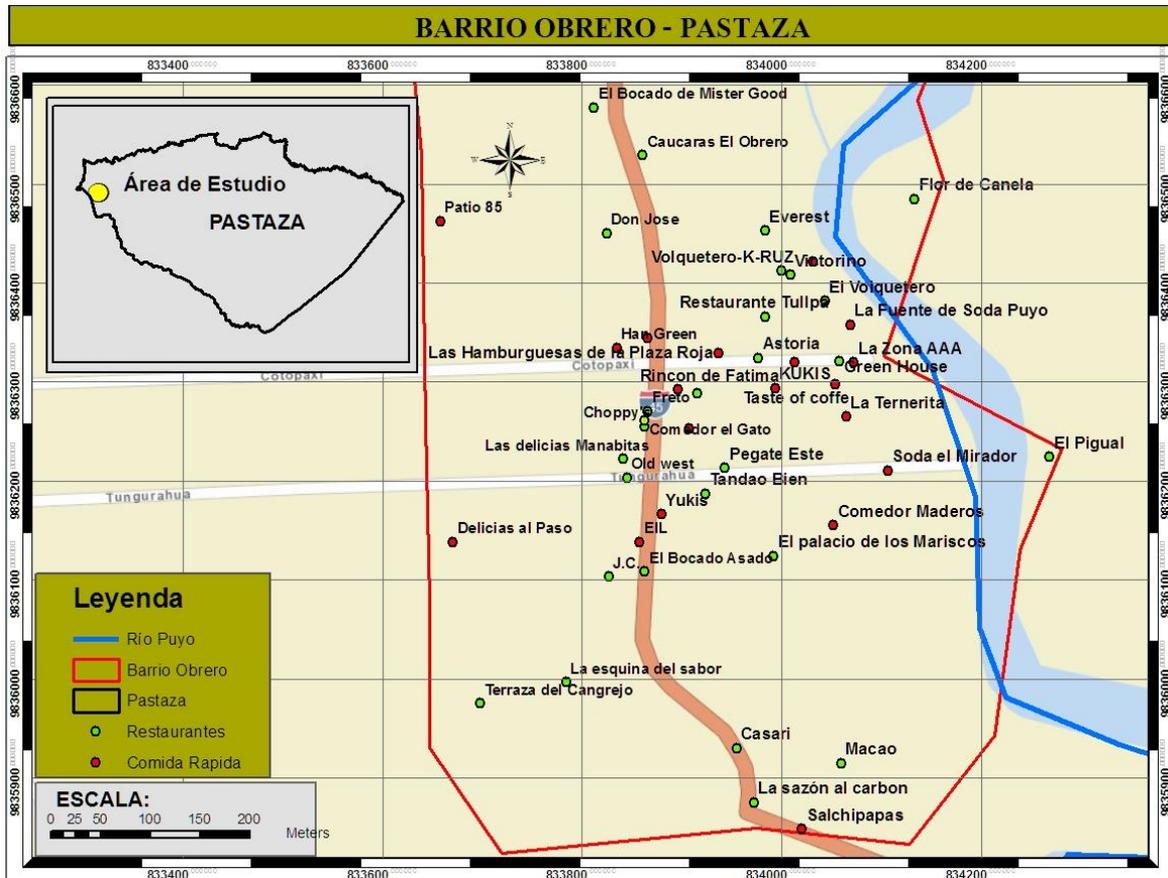
**b:** Inversión Inicial.

**c:** Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

**d:** Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DEL AVU DE LAS DIFERENTES UNIDADES ECONÓMICAS DEL BARRIO OBRERO



*Figura 2.* Muestra el mapa de todos los puntos de muestreo, en el (Anexo 7) aparece la información detallada de cada uno de ellos.

Fuente: Elaborado por la Autora

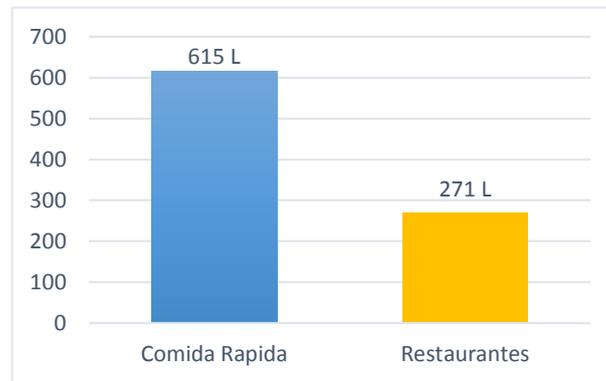
Es importante resaltar que, en el tiempo de estudio, la ciudad se encontraba en la fase de construcción del Plan Maestro de Alcantarillado, por lo que las principales vías del barrio obrero se encontraban bloqueadas e intransitables y el 40% (80 establecimientos) habían dejado de prestar servicio o se trasladaron a otro sector de la ciudad (Zuñiga, 2019).

En el (Anexo 6), aparece el modelo de la encuesta aplicada a las diferentes unidades económicas que prestaban servicio en el periodo analizado.

## 4.2. ENCUESTAS: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se presentan de forma organizada datos obtenidos de las diferentes unidades económicas:

**Pregunta 1.** ¿Qué cantidad de aceite de cocina utiliza a la semana?

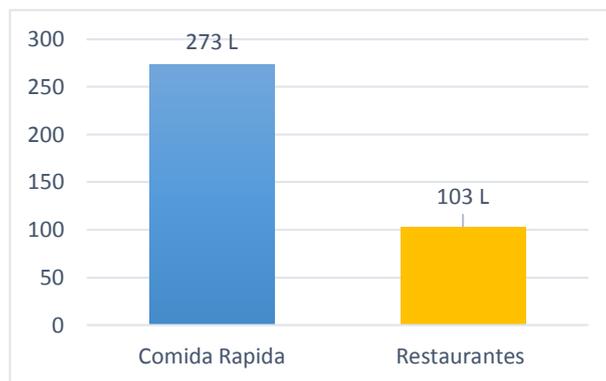


**Figura 3.** Cantidad de litros que utilizan las unidades económicas a la semana.

Fuente: Elaborado por la Autora

De acuerdo a los resultados se muestran en la Fig. 3, los locales de comida rápida consumen 615 L a la semana, por otra parte, se puede evidenciar que existe un menor consumo por parte de los restaurantes con un total de 271 L por semana. Se evidencia que un mayor consumo de aceite vegetal se da por parte de la población de locales de comida rápida, como se observa en la Figura, datos que nos indica donde se va a tener mayor generación de aceite residual. Estos resultados demostraron que el rango obtenido para el uso aceite y generación de residuos son apropiados para el estudio. Es importante indicar que durante las encuestas los dueños o administradores expresaban que la cantidad de aceite que utilizan puede variar en los días festivos y vacaciones.

**Pregunta 2.** Aproximadamente ¿Qué cantidad de residuos aceite de cocina utilizada desecha a la semana?



**Figura 4.** Cantidad de litros desechados por las unidades económicas a la semana.

Fuente: Elaborado por la Autora

De acuerdo a los resultados se muestran en la Fig. 4, los locales de comida rápida desechan 273 L a la semana, por otra parte, se puede evidenciar los desechos por parte de los restaurantes con un total de 103 L por semana. Se evidencia que un mayor desecho de aceite vegetal por parte de la población de locales de comida rápida, como se observa en la Figura, datos que nos indica donde se va a tener mayor generación de aceite residual.

Para la pregunta 1 y 2 se comprobó la información de la encuesta mediante la observación y recolección por una semana de AVU y para ello se procedió al siguiente análisis estadístico.

#### **Análisis estadístico de la pregunta 1 y 2**

**Tabla 5.** Resultados de estadísticos de la generación de desechos por tipo de unidad económica grupo (1) Restaurantes, (2) Comida rápida.

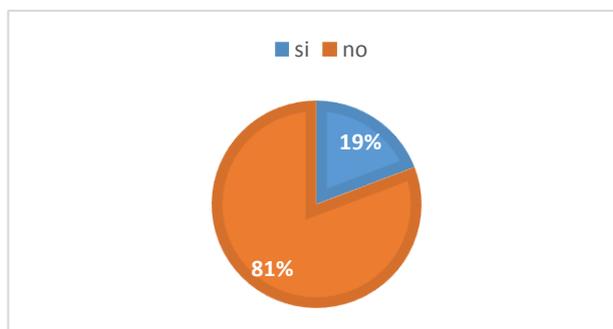
Grupo	Obs	Media	Error Est.	Desv Est.	Suma rangos	Experado
1	27	4	0,7767469	4,036095	528	648
2	20	13,7	3,379388	15,11308	600	480
Combinados	47	8,06383	1,647635	11,29562	1128	

Valor de z = -2.593, Valor de p= 0.0095

Fuente: Elaborado por la Autora

De acuerdo a los resultados de la (Tabla 5), podemos observar que según la prueba no paramétrica de Wilcoxon Rank-sum (Mann-Whitney), existen diferencias significativas entre los dos grupos de unidades económicas (Valor de  $p < 0.05$ , 95% de confianza). El grupo 2 (establecimientos de comida rápida), presenta los mayores valores de generación de aceite (una media de 13.7 L) frente al grupo 1 (restaurantes), media de 4L.

**Pregunta 3** ¿Reutiliza el mismo aceite de cocina ya utilizado para freír más de una vez en la semana?

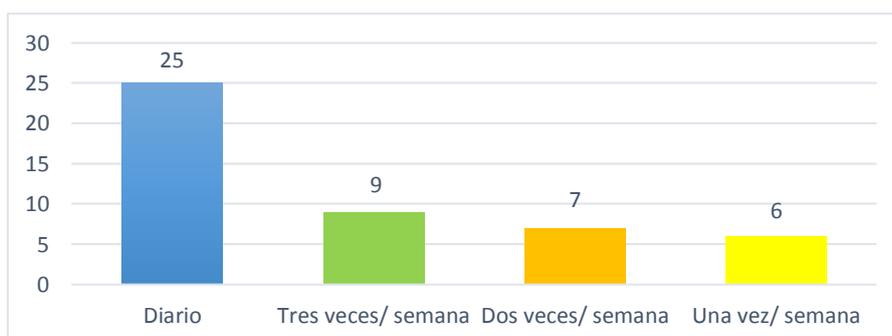


**Figura 5.** Porcentaje de unidades económicas que reutilizan el mismo aceite de cocina para freír los alimentos más de una vez a la semana.

Fuente: Elaborado por la Autora

De acuerdo a los resultados que se muestran en la Fig. 5, el 81% de las unidades económicas encuestadas si reutilizan el aceite más de una vez en el día; como se observa en la Fig. el 19% de los restaurantes no reutilizan el aceite. Sabemos que reutilizar el aceite reiteradamente es una amenaza para la salud del consumidor, (Ros et al., 2015) expresa que las personas tienen la particularidad de guardar el aceite utilizado en la fritura para volver a usarlo otra vez esto se evidenciara en la salud de las personas.

**Pregunta 4** ¿Con que frecuencia cambia el aceite de cocina utilizada en el proceso de fritura?

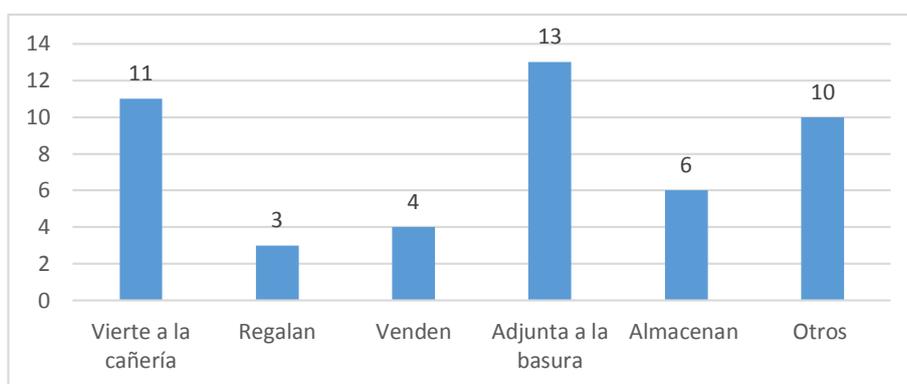


**Figura 6.** Frecuencia de cambio de aceite en el proceso de fritura

Fuente: Elaborado por la Autora

Según la Fig. 6, 25 unidades económicas cambian todos los días el aceite vegetal utilizado en el proceso de fritura, lo que aporta a garantizar la salud del consumidor, mientras tanto otros indican que usan pequeñas porciones de aceite solo para ciertos platos, un pequeño porcentaje de locales suelen cambiar el aceite cada dos o tres días. No obstante, los cambios de aceite que realizan los locales de comida rápida tienen una tendencia diferente como se observa en la Fig. 3 y 4 que la cantidad de aceite usado es mayor a la de los restaurantes.

**Pregunta 5** ¿Normalmente, donde desecha los residuos de aceite de cocina usado?



**Figura 7.** Disposición final de los residuos de aceite vegetal usado

Fuente: Elaborado por la Autora

En base a los resultados obtenidos en cuanto a la disposición final que tiene el AVU las unidades económicas, 13 unidades adjuntan a la basura común que posteriormente son enviadas al relleno sanitario y que puede llegar a contaminar el suelo y el agua, 11 unidades las vierten directamente por la cañería y se observa que es la opción menos desfavorable un numero alto de locales que desechan el AVU de esta manera y contaminan los afluentes de agua cercanos como son el rio Puyo, en otros resultados tenemos un numero alto de locales que destinan el AVU a la alimentación de los porcinos, abono, fungicida o para la reutilización en otros alimentos como son el achiote y el ají.

**Pregunta 6** ¿Filtra el aceite de cocina ya utilizado antes de almacenarlo para ser desechado?

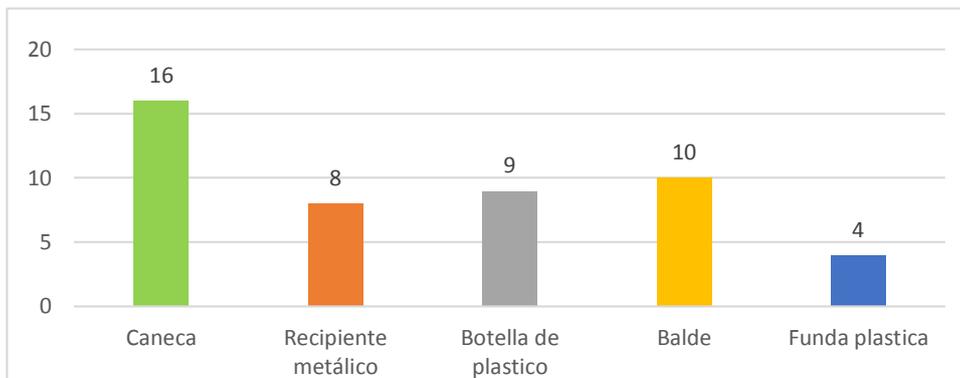


**Figura 8.** Disposición final de los residuos de aceite vegetal usado

Fuente: Elaborado por la Autora

De acuerdo a los resultados que se muestran en la Fig. 8, el 60% de las unidades económicas filtran a través de cedazo o tela el AVU mientras que el 40% lo votan directamente con todos los residuos de las frituras.

**Pregunta 7** ¿Qué tipo de recipiente utiliza para colocar los residuos de aceite de cocina usado antes de ser desechado?



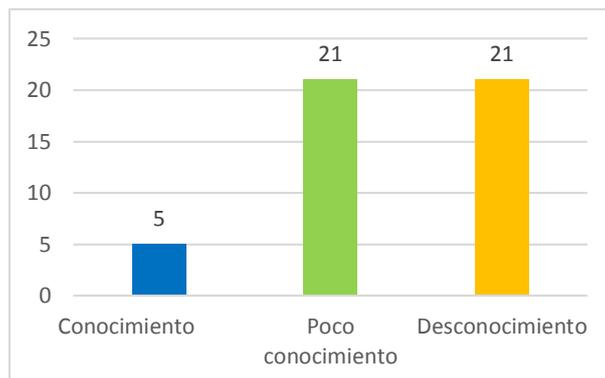
**Figura 9.** Tipo de recipientes que son utilizados para desechos el AVU

Fuente:

Elaborado por la Autora

Entre la población de restaurantes encuestados en el barrio Obrero se observa que 16 locales utilizan canecas para el almacenamiento de aceite los mismos que son adjuntados con el resto de residuos que se generan en el local. Es decir, no existe una clasificación o una separación adecuada de desechos, mientras tanto, 10 locales de comida expresa que el AVU es desechado en baldes donde es mezclado con los residuos orgánicos para la alimentación de porcinos. Por otra parte, se evidenció que 8 locales de las unidades económicas lo colocaban en ollas para posteriormente verterlos por la cañería.

**Pregunta 8** ¿Tiene conocimiento de los daños que produce los residuos de aceite de cocina usado al ser desechados inadecuadamente?

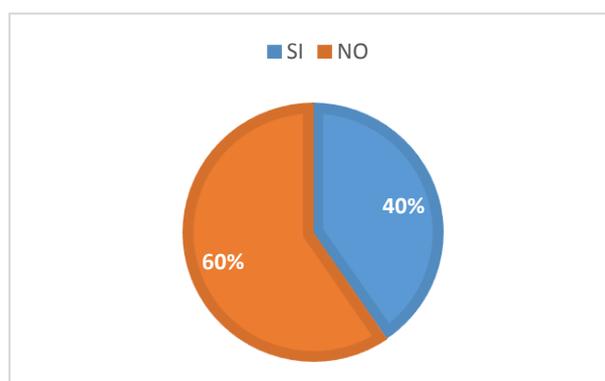


**Figura 10.** Conocimiento sobre los daños que produce el aceite vegetal residual

Fuente: Elaborado por la Autora

Según Márquez et al. (2015), una gran parte de las personas desconocen sobre la contaminación del AVU en el ambiente, esto se refleja en la Fig. 10, donde se observa que los 21 locales tienen poco conocimiento sobre el tema al igual 21 locales desconocen el tema. Mientras tanto, se observa que una mínima parte de unidades económicas tiene conocimiento sobre los problemas que causan tanto al agua, el suelo y a la salud, sin embargo, debido a la falta de estrategias y de normativa no saben cómo proceder adecuadamente para su disposición final.

**Pregunta 9.** ¿Conoce usted que el aceite de cocina usado puede ser reutilizado para la elaboración de nuevos productos?

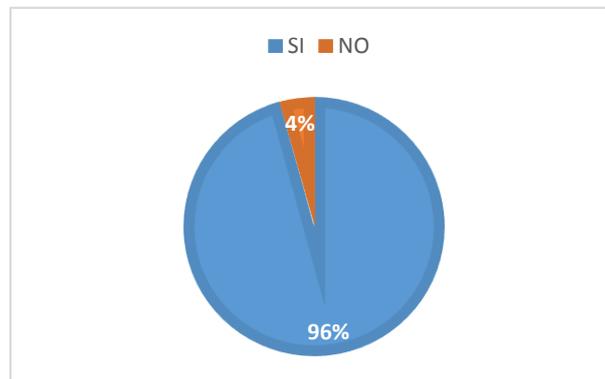


**Figura 11.** Conocimiento sobre la reutilización del AVU.

Fuente: Elaborado por la Autora

Es importante destacar que la falta de educación y una cultura de reciclado en la ciudad de Puyo, especialmente del aceite vegetal usado, hace que los responsables de los establecimientos de restaurantes y locales de comida rápida desconozcan el valor que tiene este desecho como materia prima para la obtención de nuevos subproductos, sin duda se observa en la Fig. que el 40% de los administradores o responsables de las unidades económicas de restaurantes y locales de comida rápida ignoran completamente que el aceite de cocina residual puede servir para la elaboración de nuevos productos, por otra parte el 60% de locales obtuvieron un poco conocimiento de la elaboración de nuevos productos.

**Pregunta 10** ¿Estaría Ud. dispuesto a donar el aceite de cocina usado a favor del medio ambiente?



**Figura 12.** Disposición de donar el aceite gratuitamente a favor del medio ambiente

Fuente: Elaborado por la Autora

Es importante destacar conciencia ambiental en la ciudad de Puyo, para la disposición de desechos especialmente del aceite vegetal usado, sin duda se observa en la Fig. que el 96% de las unidades económicas de restaurantes y locales de comida rápida estarían dispuestos a donar el AVU para una disposición final adecuada, por otra parte, el 4% de locales que respondieron negativamente por motivos de valor económico que representa vender esta materia.

### 4.3 PROPIEDADES DEL ACEITE

**Tabla 6.** Caracterización físico química del Aceite Vegetal Usado.

Parámetros	Media	Mediana	Varianza	$\sigma$	Coef. Desviación
Acidez Libre (mg/g)	0.03	0.03	1.596E <sup>-05</sup>	0.004	0.129
Alcalinidad Libre (mg/g)	0.12	0.12	0	0	0
Impureza (%)	2	2	0	0	0
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0.91	0.91	0	0	0

Fuente: Elaborado por la Autora

En la (**Tabla 6**), se observan los resultados de la caracterización del aceite en Acidez Libre con un 0.03 mg/g, que según el estudio que se realizó en Bombón donde obtuvo una Acidez Libre de 4.65 mg/g, lo que difieren con los datos obtenidos. En los datos de Impureza mostraron similitud con el estudio de (Bombón), dado a que obtuvieron una impureza de 3%, insolubles debido a la fritura de los alimentos. En la densidad obtenemos datos similares al estudio que se hizo en Guayaquil sobre la evaluación del AVU con una densidad 0,910 (g/cm<sup>3</sup>) (INEN, 1982c).

Según (Pascacio, Guadalupe, Rosales Quintero, y Torrestiana Sánchez, 2016; Wyse-Mason y Beckles, 2012), las características físico y químicas (índice de acidez (IA), niveles de ácidos grasos libres (AGL), estabilidad oxidativa, viscosidad y composición de ácidos grasos) de AVU provenientes de los diferentes tipos de restaurantes pueden diferir pues los restaurantes utilizan diferentes tipos de aceites y la duración de cocción, el tipo de alimento cocinado, los aditivos empleados y las prácticas de cocina son también distintas.

### 4.4 ESTRATEGIAS DE APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DEL ACEITE VEGETAL USADO

#### 4.4.1. Venta a un Gestor autorizado

En la (**Tabla 7**), podemos observar los diferentes gestores de AVU a nivel nacional:

**Tabla 7. Gestores autorizados**

Gestores	Cantidad		Producto	Lugar	Distancia
	(Litros)	Precio (\$)			
Arc- Piper	20	2.50	Biodiesel	Quito	235 km
Quimicosas	20	4.00	Grafito	Puyo	0 km
Oilec	20	4.50	Biodiesel	Quito	215 km
Técnicos Ecológicos					
Reciclaje de Aceite	20	7.00	Biodiesel	Quito	249 km

Fuente: Elaborado por la Autora

- a) **ARC- Piper.** - La empresa Quiteña está dedicada a recoger, procesar y reciclar diariamente el aceite de cocina usado en todo el Ecuador, el cual es exportado a Holanda para ser convertido en un biocombustible, está dedicada a concientizar a la gente dando incentivos económicos los cuales varían según la ciudad.

**Viabilidad que brindan a la ciudad del Puyo**

- Recolección directamente a la provincia de Pastaza a cada establecimiento
- Recolección mayor a 20 Litros
- Envases de plástico para cada restaurante y embudo
- Certificado Otorgados por los gestores por cada recolección

- b) **Quimicosas.** - Distribuidor autorizado de insumos químicos, materia prima, productos elaborados, envases y perfumería fina de la ciudad de Puyo, dedicados a la recolección de AVU para la elaboración de grafito.

**Viabilidad que brindan a la ciudad del Puyo**

- Cada representante del establecimiento debe ir a dejar el AVU en las instalaciones del local.
- Otorgan factura por cada 20 L de aceite

- c) **Oilec.** - Es una empresa Quiteña dedicada a la conservación ambiental que impulsa la gestión integral del aceite usado vegetal exportándolo al país de Colombia para la elaboración de biocombustible.

### Viabilidad que brindan a la ciudad del Puyo

- Recolección cada 1000 L a la provincia de Pastaza
- Envases de plástico para cada restaurante y embudo
- Cubeto para el almacenamiento de los envases de aceite reciclado
- Certificados anuales otorgados por los gestores de Oilec

d) **Técnicos Ecológicos Reciclaje de Aceite.** – La empresa Quiteña está dedicada a recolección y reciclaje del AVU en todo el Ecuador, el cual es exportado a Holanda para ser convertido en un biocombustible.

### Viabilidad que brindan a la ciudad del Puyo

- Recolección cada 20 L a la provincia de Pastaza
- Certificados otorgados por los técnicos
- Visitas no periódicas cada 2 meses

En la (**Tabla 7**), Podemos ver que Arc- Piper da un incentivo económico más bajo del mercado de 0,125 ctvs. por litro, por el contrario, técnicos ecológicos paga 0,35 ctvs. por el litro de AVU por lo cual nosotros entraríamos creando un centro de acopio en la ciudad de Puyo, pagando a las unidades económicas con el precio de Arc Piper y se lo vendería a los técnicos ecológicos, ya que es el precio más alto del mercado resaltando que mientras más responsable y continua sea la entrega el precio por litro ascendería de 0.35 a 0.45 ctvs. por litro.

#### 4.4.2. Elaboración de jabones

**Tabla 8.** *Insumos utilizados en la elaboración del jabón*

<b>Materia Prima</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Peso</b>
Sosa Caustica (95%)	175 g
Colorantes	3 ml
Esencia	3 ml
Aceite	650 g
Agua	185
T° (C°)	45

Fuente: Elaborado por la Autora

Para la elaboración de jabón se utilizaron los diferentes materiales expuestos en la (**Tabla 8**), donde especifica la cantidad necesaria para 1 Kg de jabón.

## PROPIEDADES DEL JABÓN

**Tabla 9.** Caracterización química del Jabón.

<b>JABÓN</b>					
<b>Parámetros</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Varianza</b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Coef. Desviación</b>
Acidez Libre (mg/g)	0.14	0.14125	0	0	0
Humedad y Materia Volátil (%)	27.31	27.305	0.68	0.827	0.030
pH	10.32	10.315	0.20	0.445	0.043

Fuente: Elaborado por la Autora

En la (**Tabla 9**), se observaron que los resultados de la Humedad y Materia Total con 27.31 %, por debajo del 30% del máximo permisible según la norma (INEN, 1982a), en Acidez Libre con un rango de 0.14 por debajo de 0.2 que se obtiene en el máximo permisible la norma (INEN, 1982b) para la elaboración de jabón, en el pH se encuentra dentro de los parámetros según la menor de un 11 como máximo permisible (INEN, 1982c).

**Tabla 10.** Rendimiento de jabones anuales.

<b>Generación Anual de Jabón</b>	
Aceite/ semana, L	376
Aceite filtrado/ semana, L	370.36
Aceite a procesar/día, L	74.072
Aceite a procesar/turno. L	37.036
kg Jabón por turno (base 640g)	57.86875
kg Jabón anual (base 640g)	27777
Cantidad jabones 200g/año	138885
Sosa Caustica (95%), kg	3333.24
Colorantes, kg	83.331
Esencia, L	83.331

Fuente: Elaborado por la Autora

De acuerdo a los resultados se obtuvo el rendimiento de jabón a partir de una unidad de medida semanal, la cual se transformó a una generación anual dando como resultado 138885 g al año para la producción de jabón de 200 g.

### 4.4.3. Elaboración de velas

**Tabla 11.** *Insumos utilizados en la elaboración del velas*

<b>Materia Prima</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Peso</b>
Ac. Esteárico	45 g
Colores	3 ml
Esencia	3 ml
Aceite	30 g
T° (C°)	65

Fuente: Elaborado por la Autora

Para la elaboración de velas se utilizaron los diferentes materiales expuestos en la (**Tabla 11**), donde especifica la cantidad necesaria para 75g de vela.

**Tabla 12.** *Rendimiento de velas anuales.*

<b>Velas</b>	
Ac. Esteárico, día (L)	55.554
Colores (kg)	1.234533333
Esencia (L)	1.234533333
Aceite a procesar/día (L)	74.072
Aceite a procesar/turno (L)	37.036
Velas anual, kg/ año	26665.92
Cantidad Velas en 75 g/año	19999.44
Colores L/año	592.576
Esencia L/año	592.576

Fuente: Elaborado por la Autora

En la (**Tabla 12**), se observa la producción de las velas a partir de una medida semanal, la cual se la transformo a una generación anual dando como resultado 19999.44 de producción de velas de 75g.

#### 4.3.4. Equipos para elaboración de velas y jabón

**Tabla 13.** *Tabla de equipos por proceso.*

Etapa/Proceso	Equipos	Capacidad	Cantidad
Purificación del aceite/todos	Máquina de reciclaje de aceite de cocina	100 L	1
Almacenamiento primario	Tanques	200 L	5
Fabricación/jabón	Máquina de elaborar jabón	100 L	1
Fabricación/velas	Máquina automática de elaboración de velas	100 L	1

Fuente: Elaborado por la Autora

En esta tabla podemos visualizar el tipo de equipamiento y capacidad que serán necesarios para los procesos de rendimiento de velas y jabones con las capacidades necesaria como anteriormente lo habíamos mencionado en las **Tablas 10, 12.**

### **4.5 VIABILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PARA LAS ESTRATEGIAS PROPUESTAS**

Los indicadores económicos analizados se dividieron en dos secciones, primeramente, economía potencial, costo de inversión, operación y el costo total de operación. En un segundo lugar, se analizaron los indicadores dinámicos, VAN; TIR y PRI, para revisar la viabilidad de las alternativas propuestas.

**Tabla 14.** *Costos e ingresos anuales de materias primas y productos, en dólares.*

	Caso I	Caso II	Caso III
<b><i>Costos materias primas</i></b>			
Compra de AVU, \$	2407.34	2407.34	2407.34
Sosa cáustica, \$	-	14999.58	-
Ácido esteárico, \$	-	-	53331.84
Colorantes, \$	-	2083.28	14814.4
Esencia, \$		2612.43	18577.26
Hilos, \$		-	6123.29
Sub-total Materias Primas, \$	2407.34	22102.62	89130.84
<b><i>Ingresos de venta de los Producto</i></b>			
Aceite vegetal purificado, \$	6740.55	-	-
Jabones, \$	-	41174	-
Velas, \$	-	-	300040.98
Sub-total Venta de Productos, \$	6740.55	41174	300040.98
Economía Potencial, \$	4333.21	19071.38	210910.14

Caso I (Gestores), Caso II (Jabón), Caso III (Velas)

Fuente: Elaborado por la Autora

En los procesos analizados los productos son diferentes, Caso I- aceite usado para venta a un gestor autorizado, Caso II- Fabricación de Jabones y en el Caso III-Elaboración de Velas. En la (**Tabla 14**), aparecen las principales materias primas y los productos a comercializar. Para todos los casos se consideró como precio de venta el menor que aparece en el mercado. La tabla de los (**Anexo 12**), agrupa los precios de mercado, utilizados en este estudio.

A partir de los valores de la (**Tabla 14**) y empleando la Ecuación (4), se obtiene que la economía potencial del caso I es 4333.21, USD/año, mientras en el caso II es 19071.38 y finalmente el caso III con 210910.14 USD/año. Según estos resultados el Caso III presenta un mayor beneficio económico, superior 48.67 y 11.05 veces a los anteriores. Es importante resaltar que la economía potencial es un indicador útil pues analizan los costos de las materias primas que según Turton et al. (2009) representa un alto porcentaje del costo de producción, pero no incluye la inversión de capital ni los costos de operación, aspectos que serán analizados posteriormente.

*Inversión de capital:* Dentro de esta inversión se incluyen dos fuentes de gastos:

- 1) El dinero requerido para la compra e instalación de la planta, denominado inversión de capital fijo (ICF); y
- 2) Dinero necesario para que la instalación opere durante el primer mes, llamado capital de trabajo (CT).

La estimación de la inversión de capital generalmente se realiza en función del costo total de los equipos (PE), valor que se obtiene al sumar los costos de cada uno de los equipos que se incluyen en la (**Tabla 15**). Estos valores fueron tomados de la página web (<https://spanish.alibaba.com/>) y se les consideró un 45% por costos de importación considerado en el Servicio Nacional de Aduana del Ecuador. Ver el importe ajustado, en la (**Tabla 15**). Adicionalmente, en el **Anexo 15**, aparecen los detalles de cada uno de los equipos. Después de realizar un estudio en el mercado nacional se determinó que este tipo de equipos no se pueden encontrar en el país, por lo tanto, surge la necesidad de que sean importados.

**Tabla 15.** Costo de los equipos, en dólares.

Etapa/Proceso	Equipos	Capacidad mínima, L	Cantidad, U	Precio, \$	Importe, \$	Importe ajustado, \$ <sup>a</sup>
(Caso I, II, III) Purificación del aceite	Máquina de reciclaje de aceite de cocina	100 L	1	1000	1000	1450
(Caso I, II, III) Almacenamiento primario	Tanques	200 L	5	500	2500	3625
Fabricación/jabón	Máquina de elaborar jabón	100 L	1	12000	12000	17400
Fabricación/velas	Máquina automática de elaboración de velas	100 L	1	10000	10000	14500

<sup>a</sup> Significa importe incremento 45% importación.

Fuente: Elaborado por la Autora

En la inversión de capital fijo, además de los equipos del proceso, se incluye: el piping, la instrumentación, y la preparación del sitio, entre otros. El costo asociado a cada uno de estos elementos, se puede estimar como un porcentaje del costo total de equipos, como se muestra en la **Tabla 16**.

Es importante aclarar que para todas las variantes como se expuso anteriormente, se empleará la máquina de reciclaje de aceite de cocina y los tanques para el almacenamiento primario. Mientras, a la alternativa 2 corresponde la máquina de elaborar jabón y la alternativa 3, la máquina automática de elaboración de velas.

**Tabla 16.** Factores para estimar la inversión de capital.

Item	% del costo total de los equipos
<i>Costo directos:</i>	
Costo de equipos:	100
Instalación de equipos	39
Instrumentación y control	28
Piping	31
Servicios eléctricos	10
Edificaciones	22
Preparación del terreno	10
Instalaciones de servicio	55
Terreno	6
<i>Costos indirectos:</i>	
Ingeniería y supervisión	32
Gastos de construcción	34
<i>Pago contratistas</i>	18
<i>Contingencias</i>	37
<i>Total</i>	422

Fuente: (Peters y Timmerhaus, 1991)

Al analizar los factores incluidos en la (**Tabla 16**), se establece que la inversión de capital fijo corresponde a 4,22 veces el costo total de los equipos, a partir de esta relación se estima la inversión de capital fijo para los casos a evaluar, como se muestra en la (**Tabla 17**).

**Tabla 17.** *Inversión de capital fijo (ICF), en dólares.*

	Caso I	Caso II	Caso III
Costo total de equipos	5075	22475	19575
Inversión de capital fijo	21416.5	94844.5	82606.5

Caso I (Gestores), Caso II (Jabón), Caso III (Velas)

Fuente: Elaborado por la Autora

Se analiza los servicios requeridos que incluyen agua de proceso y electricidad, además del tratamiento de residuos. Los precios de cada uno de estos servicios, se adjunta en el **Anexo 13 y 14**, permitiendo estimar los costos anuales como se observa en la **Tablas 18,19**.

**Tabla 18.** *Costo anual en servicios, en dólares.*

	Caso I	Caso II	Caso III
<b><i>Servicios</i></b>			
Agua, \$	186	279	186
Electricidad, \$	285.12	617.76	2090.88
Tratamiento de residuos, \$	293.28	293.28	293.28
Costo de Servicios, \$	764,4	1190,04	2570,16

**Tabla 19.** *Costo de sueldo de trabajadores (CST), en dólares.*

	Caso I	Caso II	Caso III
<b><i>Trabajadores</i></b>			
Número	1	2	2
Sueldos, \$	5400	9800	9800

Caso I (Gestores), Caso II (Jabón), Caso III (Velas).

Fuente: Elaborado por la Autora

Dado el análisis de los flujos productivos pequeños de las etapas y procesos, se define que solo es necesario, tener dos operarios, para el proceso de elaboración (1) y otro para el proceso de envasado. Se considera el sueldo anual de 5400 dólares por operario (salario de 450 \$/mes), resultados que se incluyen en la **Tabla 19**.

Con la ecuación (6) se estima el costo total de producción de los productos elaborados. La (Tabla 20) agrupa los principales indicadores considerados para obtener el costo total de producción.

**Tabla 20.** Resumen de criterios económicos en función del costo total de producción.

Criterio de costo, \$/año	CASO I	CASO II	CASO III
Inversión de capital fijo (ICF)	21416.5	92844.5	82606.5
Costo de sueldo de trabajadores (CST)	5400	9800	9800
Costo de servicios (CS)	764.4	1190.04	2570.16
Costo de materia prima (CMP)	2407.34	22102.62	89130.84
<b>Costo de operación anual (COP)</b>	<b>20031.54</b>	<b>66764.9</b>	<b>132358.5</b>
<b>Costo total de producción (CTP)</b>	<b>24314.84</b>	<b>84873.8</b>	<b>148879.8</b>

Caso I (Gestores), Caso II (Jabón), Caso III (Velas)

Fuente: Elaborado por la Autora

A partir de los valores de inversión de capital fijo, sueldo de trabajadores, servicios y materias primas, y con el empleo de la ecuación (5), se calculó el costo de operación anual. Como se puede apreciar en la (Tabla 20), los valores oscilan entre 20 031.54 y 132 358.5 \$/año, siendo la propuesta 3, la que presenta un valor superior, que es asociado principalmente por el monto de costo de materias primas (\$ 89 130.84) que representa el 67.34% del costo de operación anual.

Por su parte, el costo total de producción, fue calculado con la ecuación (6), a partir de los resultados del costo de operación anual e inversión de capital fijo. La (Tabla 20), refleja el mismo comportamiento del costo total de producción, que, en el caso del costo de operación anual, esto está dado, por la relación directa que existe entre ambos criterios económicos. La propuesta de elaboración de velas tiene un monto de 148879.8 \$/año, valor 6.12 veces superior a la propuesta de Venta a Gestores 24314.84 \$/año.

Continuando con el análisis económico, se procedió a determina los indicadores dinámicos en donde los resultados de la (Tabla 21), muestran que los casos I y II (Venta de aceite a un gestor autorizado y Fabricación de jabones) tienen valores negativos del VAN (-34845.82 y -1412.06USD), lo que refleja que las propuestas no son rentables económicamente en el tiempo proyectado de 10 años. Mientras, la propuesta III (proceso de elaboración de velas)

presenta un valor de 447530.01 USD, este valor muestra los sustanciosos beneficios netos que podría generar el proyecto durante su vida útil (10 años).

**Tabla 21.** *Indicadores dinámicos económicos de los casos de estudio.*

Casos de estudio	Valor Actual Neto (VAN) USD	Tasa de retorno de la inversión (TIR), %	Período de recuperación (PRI), años
Caso I	-34845.82	-14.3	-15.0
Caso II	-1412.06	7.4	5.8
Caso III	447530.01	106.3	0.7

Caso I (Gestores), Caso II (Jabón), Caso III (Velas).

Fuente: Elaborado por la Autora

Al analizar los demás indicadores económicos, el comportamiento de los mismos es similar al del VAN, donde el proyecto de elaboración de velas (Caso III), es el único que muestra resultados económicos positivos, incluso el periodo de recuperación de la inversión es de 0.7 años (8 meses y 12 días).

Para el cálculo de los indicadores dinámicos se consideró la depreciación en cinco años, por lo que la recuperación de la inversión se comparó con este valor. El caso I, no será rentable, mientras que el caso II, la inversión podría recuperarse en un periodo de 7,4 años, pero los valores del VAN negativos no son aceptables para la viabilidad de ejecutar la alternativa.

Es importante resaltar que, en el proyecto de elaboración de jabones, el periodo de recuperación de jabones es de 5.8 años, y el VAN es de -1412.06, lo que muestra que quizás con medidas de optimización, o una nueva valoración que incluya una disminución de los costos de producción, este podría acometerse.

# **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

Los aceites vegetales usados de las diferentes unidades económicas del barrio Obrero de la ciudad de Puyo carecen de un manejo adecuado según la encuesta realizada a los 47 establecimientos gastronómicos de cuales se observó un mayor consumo de aceite en los establecimientos de comida rápida con un total de 273 L/Semanal, mientras que en los restaurantes obtienen un total 103 L/Semanal. La disposición final más común es adjuntar a la basura con numero de 13 establecimientos y 11 lo vierten por la cañería, esto debido al poco conocimiento y desconocimiento del tema, con total de 21 establecimientos para cada uno.

Se analizaron tres estrategias de aprovechamiento para los aceites vegetales usados, acopio y venta a gestores autorizados, elaboración o fabricación de jabones y velas.

Todos los indicadores económicos arrojan la misma conclusión: la elaboración de las velas es la opción más rentable económicamente al que es el único que obtiene resultados positivos tanto en el VAN con 447530.01 en dólares, en el TIR con 106.3 lo que quiere decir que el periodo de recuperación de inversión será de 8 meses y 12 días. Sin embargo, necesita una fuerte gestión de venta, pues no es un producto de consumo masivo y lograr la comercialización de los elevados niveles productivos propuestos, es un tema importante a evaluar, antes de la ejecución de la alternativa planteada.

En las tres alternativas analizadas que son la gestión del AVU mediante gestores calificados, elaboración de jabones y velas se obtiene beneficios ambientales al disminuir la contaminación del incorrecto manejo del aceite usado en el barrio Obrero

## **5.2.- RECOMENDACIONES**

Se recomienda que se evalúen otras alternativas de aprovechamiento de aceites usados, como la fabricación de biodiesel, para empleo como biocombustible o una fuente de energía renovable no convencional.

Extender este análisis a otros barrios y sectores de la ciudad de Puyo, a fin de conocer la generación de la ciudad, e integrar a las demás unidades económicas en un proyecto de mayor alcance.

Para el cálculo del costo total de equipos se consideraron los equipos principales, pero para obtener un valor más adecuado se deben contemplar también los equipos secundarios, útiles, entre otros.

## CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 6.- BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, S. D., García, J. T., y Catalán, J. S. (2015). Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 11-19.
- Alarcón, N., y Guayaquil, R. (2011). Análisis de alternativas de aceite vegetal para la producción de biodiesel en el Ecuador.
- Albarracín, P., Colqui Garay, F., Di Bacco, V., González, M., Tereschuk, M., Chauvet, S., y Genta, H. (2010). *Estudios de Caracterización de Aceites Usados en Frituras para ser Utilizados en la Obtención de Jabón*.
- Álzate, M., y Betancur, J. (2015). Caracterización de unidades productivas asociativas del programa de economía solidaria de la alcaldía de Medellín. *Universidad de Medellín*, 17 (36), 101,132.
- Calderón, J., y Luzuriaga, D. (2010). Estudio sobre la reutilización del Aceite Vegetal como Biolubricante en Guayaquil.
- Casas, J., Repullo, J. R., y Donado, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). Atención Primaria. doi: [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)70728-8)
- Castillo, M. (2015). *Estudio de impacto ambiental para el mejoramiento, ampliación e implementación de los sistemas de alcantarillados sanitario y pluvial de la ciudad de puyo, cantón pastaza, provincia de pastaza*.
- COA. (2018). *Codigo Organico del Ambiente*.
- Colón, U., y Monge, R. (2012). World Nutrition. *World*, 3(12).
- Constituyente, E. A. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.
- Cordero, R. V., y Schallenberg, R., J. (2018). Biodiesel production as a solution to waste cooking oil (WCO) disposal. Will any type of WCO do for a transesterification process? A quality assessment. *Journal of Environmental Management*, 228, 117-129. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.08.106
- Cruz, Y. (2017). Estudio del descarte de los aceites comestibles provenientes del proceso de fritura.
- Cho, S., Kim, J., Park, H. C., y Heo, E. (2015). Incentives for waste cooking oil collection in South Korea: A contingent valuation approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 99, 63-71. doi: 10.1016/j.resconrec.2015.04.003

- De la Torre, R. E. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del canton Pastaza*.
- Duque, G. A. (2017). Plan de manejo ambiental de residuos líquidos industriales y los riesgos asociados de seguridad y salud en el trabajo por el manejo de los mismos, en La Cía. *Hotelera Andes Plaza Bogotá DC*.
- Echavarría, R. J. (2012). El desarrollo sostenible y el reciclaje del aceite usado de cocina a la luz de la jurisprudencia y el ordenamiento jurídico colombiano %J Producción + Limpia. 7, 109-122.
- Esquivel, A., Ovando, A. C., y Ramírez, J. (2014). Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura. Riesgos en la salud. *Padin Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías de ICBI*, 2(3).
- Garduño, S. (2008). Aceite para cocinar quemado: Riesgos para la salud y recomendaciones para su manejo. Retrieved Junio 22, 2019, from [http://portal.anime.com/imp\\_83.shtml](http://portal.anime.com/imp_83.shtml)
- González, y González, U., J. (2017). Problemática Ambiental, Incidencias en Redes de Saneamiento y Coste del Tratamiento en Depuradoras de los Aceites Usados en Cocina. *Consorcio de aguas Bilbao Bizkaia*.
- González, G. S., Esteve, L. X., Moreira, M. T., y Feijoo, G. (2018). Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. *Science of the Total Environment*, 644, 77-94. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.339
- Graterol, R. (2011). La Investigación de Campo. Junio 12, 2019, from <https://jofillop.files.wordpress.com/2011/03/metodos-de-investigacion.pdf>
- Guerrero, C., Guerrero, A., y Sierra, F. E. (2011). Biodiesel Production from Waste Cooking Oil. *INTECH Open Access Publisher*.
- Hernandez, C. A., y Urvina, V. M. (2015). *Producción de un video promocional turístico de la ciudad de Puyo*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- IICA. (2010). *Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II Biodiésel*.
- INEN. (1982a). NTE INEN 0818 Determinación de humedad y materia volátil.
- INEN. (1982b). NTE INEN 0822: Agentes tensoactivos. Determinación de la acidez libre.
- INEN. (1982c). NTE INEN 839: Agentes tensoactivos. Jabón en barra.
- INEN. (2012). NTE INEN 0034: Mezclas de aceites vegetales comestibles.
- Juárez, D. M., y Sammán, N. (2007). El deterioro de los aceites durante la fritura.
- Katre, G., Raskar, S., Zinjarde, S., Ravi Kumar, V., Kulkarni, B. D., y RaviKumar, A. (2018). Optimization of the in situ transesterification step for biodiesel production

- using biomass of *Yarrowia lipolytica* NCIM 3589 grown on waste cooking oil. *Energy*, 142, 944-952. doi: 10.1016/j.energy.2017.10.082
- Lombardi, L., Mendecka, B., y Carnevale, E. (2018). Comparative life cycle assessment of alternative strategies for energy recovery from used cooking oil. *Journal of Environmental Management*, 216, 235-245. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.05.016
- Márquez, R. M., Navas, Y. P., Yegres, F., y Vivas, E. C. (2015). Biodegradación parcial de aceites residuales usados utilizando *Aspergillus niger*, *Rhizopus* sp. y *Saccharomyces cerevisiae*. *Química Viva*, 14(1), 90-102.
- Mejía, J. I. (2012). Aceites vegetales usados y principios del derecho ambiental. *Centro de investigaciones sociojuridicas*, 66-84.
- Montes O, N., Millar M, I., Provoste L, R., Martínez M, N., Fernández Z, D., Morales I, G., y Valenzuela B, R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos %J Revista chilena de nutrición. 43, 87-91.
- Morocho, E. (2019). Diagnóstico de la generación y disposición final del aceite vegetal residual en restaurantes y locales de comida rápida en la ciudad de Azogues provincia del Cañar. *Universidad de Cuenca. Ecuador*.
- OMS. (2016). Las dioxinas y sus efectos en la salud humana. .
- Parra, T., Marín, F., Jácome, G., y Sinche, M. (2018). Clarificación de aceite de cocina usado y decoloración de aceite rojo de palma con el uso de ozono, carbón activado y peróxido de hidrógeno %J Enfoque UTE. 9, 77-88.
- Peters, M., y Timmerhaus, K. (1991). *Plant design and economics for chemical engineers* (Fourth ed.). New York, USA: McGraw-Hill.
- Ripa, M., Buonauro, C., Mellino, S., Fiorentino, G., y Ulgiati, S. (2014). Recycling waste cooking oil into biodiesel: A life cycle assessment. *International Journal of Performability Engineering*, 10(4), 347-356.
- Rodríguez, M. C., Lafargue, P. F., Sotolongo, P. J. Á., Rodríguez, P. A., y Chitue, J. (2012). Determinación de las propiedades físicas y carga crítica del aceite vegetal *Jatropha curcas* L %J Ingeniería Mecánica. 15, 170-175.
- Ros, E., López, M. J., Picó, C., Rubio, M., Babio, N., Sala, V. A., . . . Salas-Salvadó, J. (2015). Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta: postura de la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (FESNAD) %J Nutrición Hospitalaria. 32, 435-477.

- Saguy, I. S., y Dana, D. (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *Journal of Food Engineering*, 56(2), 143-152. doi: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00243-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00243-1)
- StataCorp. (2011). Stata Data Analysis Statistical Software: Release 12. College Station, TX: StataCorp LP. Retrieved from <http://www.stata.com/>
- Stouvenel, A. R., Guevara, B. G., y Bernal, C. L. (2013). Regeneración de Aceite de Palma (*Elaeis guineensis*). Usado con tecnología de Ultrafiltración. *Alimentos Hoy*, 22(30), 30-48.
- Suaterna, A. (2011). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura *Universidad de Antioquia*, 11, 39-53.
- Tabio, D. D., Díaz, D. Y., Rondón, M. M., Fernández, S. E., y Piloto, R. R. (2017). *Extracción de aceites de origen vegetal*.
- Tejedor, R. (2013). Valoración Energética del Aceite Usado de Cocina., Junio 12, 2019, from <https://www.fenercom.com/pdf/informacion/consejos/reciclaje-aceite-usado-decocina-oileco-fenercom-2013.pdf>
- Towler, G., y Sinnott, R. (2013). *Chemical engineering design: principles, practice and economics of plant and process design* (2nd ed.): Butterworth-Heinemann.
- Tsoutsos, T. D., Tournaki, S., Paraíba, O., y Kaminaris, S. D. (2016). The Used Cooking Oil-to-biodiesel chain in Europe assessment of best practices and environmental performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 74-83. doi: 10.1016/j.rser.2015.09.039
- Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B., y Shaeiwitz, J. A. (2009). *Analysis, synthesis and design of chemical processes* (3rd ed.). Upper Saddle River, USA: Prentice Hall. Pearson Education.
- Velada, G. (2015). Curso: Como hacer velas. Junio 16, 2019, from [http://descargas.granelvelada.com/curso-hacer-velas-www.granelvelada.com.pdf?utm\\_source=BlogTienda&utm\\_campaign=CursoVelas&utm\\_medium=PDF&utm\\_term=Pdf&fbclid=IwAR2IX9taWJaPYRG8wuYrb6bEcf0SXu-8q8uaps0VbOs83bNcz0Mw7L3ZZnc](http://descargas.granelvelada.com/curso-hacer-velas-www.granelvelada.com.pdf?utm_source=BlogTienda&utm_campaign=CursoVelas&utm_medium=PDF&utm_term=Pdf&fbclid=IwAR2IX9taWJaPYRG8wuYrb6bEcf0SXu-8q8uaps0VbOs83bNcz0Mw7L3ZZnc)
- Velasco, V. G. (2017). *Plan de negocios para la creación de un restaurante de gastronomía tradicional en la ciudad de puyo, provincia de pastaza.*, La Universidad Regional Autónoma de los Andes.
- Zuñiga, O. E. (2019). Plan de alcantarillado. from <https://puyo.gob.ec/construcciones-plandealcantarillado-continuan-los-trabajos-de-alcantarilla/>

Hatzisymeon, M., Kamenopoulos, S., y Tsoutsos, T. (2019). Risk assessment of the life-cycle of the Used Cooking Oil-to-biodiesel supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 217, 836-843. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.088

## CAPÍTULO VII: ANEXOS

**Anexo 1.** Imagen de realización de la encuesta a cada establecimiento



**Anexo 2.** Imagen del aceite recolectado



**Anexo 3.** Imagen del proceso de elaboración de los jabones



- a) Proceso de saponificación
- b) Vertido en moldes
- c) Jabones elaborados



**Anexo 4.** Imágenes de la caracterización del aceite y de los jabones



**Anexo 5.** Imágenes del proceso de elaboración de velas



**Anexo 6.** Modelo de encuesta aplicada.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA				
ENCUESTA				
No. DE ENCUESTA		FECHA		
Datos Generales:				
Nombre de la persona encuestada				
Nombre del Establecimiento				
Tipo de Establecimiento		a. Restaurante	b. Comida Rápida	
Dirección				Teléfono
Coordenadas UTM				
<b>1. ¿Qué cantidad de aceite de cocina utiliza a la semana?</b>				
¿Cuántos?				
<b>2. Aproximadamente ¿Qué cantidad de residuos aceite de cocina utilizada desecha a la semana?</b>				
¿Cuántos?				
<b>3. ¿ Reutiliza el mismo aceite de cocina ya utilizado para freír más de una vez en la semana?</b>				
SI		NO		Cuantas
<b>4. ¿Con que frecuencia cambia el aceite de cocina utilizada en el proceso de fritura?</b>				
a. Diario				
b. Tres veces/ semana				
c. Dos veces/ semana				
d. Una vez/ semana				
<b>5. ¿Normalmente, donde desecha los residuos de aceite de cocina usado?</b>				
a. Vierte a la cañería				
b. Regalan				
c. Venden		A quien		
d. Adjunta a la basura				
e. Almacenan				
f. Otros				
<b>6. ¿Filtra el aceite de cocina ya utilizado antes de almacenarlo para ser desechado?</b>				
SI		NO		
<b>7. ¿Qué tipo de recipiente utiliza para colocar los residuos de aceite de cocina usado antes de ser desechado?</b>				
a. Caneca				
b. Recipiente metálico				
c. Botella de vidrio				
d. Otros _____				
<b>8. ¿Tiene conocimiento de los daños que produce los residuos de aceite de cocina usado al ser desechados inadecuadamente?</b>				
a. Conocimiento		¿qué daños?		
b. Poco conocimiento				
c. Desconocimiento				
<b>9. ¿Conoce usted que el aceite de cocina usado puede ser reutilizado para la elaboración de nuevos productos?</b>				
SI		NO		Cuales:
<b>10. ¿ Estaría Ud. dispuesto a donar el aceite de cocina usado a favor del medio ambiente ?</b>				
SI		NO		Porque

## Anexo 7. Tabla de unidades económicas

	Nombre del Establecimiento	Rest. o Com Rap	Direccion	Coordenadas			Telefono
1	Restaurante Tullpa	Restaurante	Cotopaxi y Azuay	18M	166235	9836368	2892261
2	El Bocado Asado	Restaurante	20 de Julio y Chimborazo	17M	833850	9836110	2892286
3	Caucaras El Obrero	Restaurante	Pichincha y 20 de Julio	17M	833848	9836531	Ninguno
4	El Bocado de Mister Good	Restaurante	Pichincha y 20 de Julio	17M	833799	9836579	998355405
5	Camilita Broster	Comida Rapida	20 de Julio y Cotopaxi	17M	833853	9836346	995790331
6	La esquina del sabor	Restaurante	Guayas y Guaranda	17M	833771	9835998	Ninguno
7	KUKIS	Comida Rapida	Azuay y Cotopaxi	18M	166245	9836296	987976902
8	Taste of coffe	Comida Rapida	Loja y Cotopaxi	18M	166305	9836300	Ninguno
9	Flaquita B.B.Q.	Comida Rapida	Cotopaxi y Azuay	18M	166264	9836322	Ninguno
10	EIL	Comida Rapida	20 de Julio y Chimborazo	17M	833845	9836140	Ninguno
11	Casari	Restaurante	20 de Julio y Sitayacu	18M	166207	9835932	Ninguno
12	La sazón al carbon	Restaurante	20 de Julio y 4 de Enero	18M	166225	9835877	Ninguno
13	Salchipapas	Comida Rapida	20 de Julio y Loja	18M	166273	9835850	Ninguno
14	Macao	Restaurante	Loja y Otavalo	18M	166312	9835917	Ninguno
15	Green House	Restaurante	Cotopaxi y Pastaza	18M	166309	9836323	Ninguno
16	Terraza del Cangrejo	Restaurante	Manabi y Guayaquil	17M	833685	9835977	983154823
17	Choppy's	Comida Rapida	20 de Julio y Cotopaxi	17M	833850	9836257	969918695
18	Comedor el Gato	Restaurante	20 de Julio y Cotopaxi	17M	833850	9836263	Ninguno
19	American Mo	Comida Rapida	Tungurahua y 20 de Julio	18M	166159	9836255	Ninguno
20	Pegate Este	Restaurante	Tungurahua y 20 de Julio	18M	166195	9836215	Ninguno
21	El palacio de los Mariscos	Restaurante	Azuay y Chimborazo	18M	166244	9836126	Ninguno
22	J.C.	Restaurante	Chimborazo y 20 de Julio	17M	833814	9836105	Ninguno
23	Delicias al Paso	Comida Rapida	Manabi y Chimborazo	17M	833658	9836140	958702518
24	Comedor Maderos	Comida Rapida	Loja y Chimborazo	18M	166303	9836157	Ninguno
25	La Ternerita	Comida Rapida	Cotopaxi y Loja	18M	166316	9836267	Ninguno
26	Astoria	Restaurante	Cotopaxi y Azuay	18M	166228	9836326	Ninguno
27	Freto	Restaurante	20 de Julio y Tungurahua	17M	833853	9836272	Ninguno
28	Amarillo de Corazón	Restaurante	20 de Julio y Cotopaxi	18M	166167	9836290	Ninguno
29	Old west	Restaurante	Tungurahua y 20 de Julio	17M	833832	9836205	Ninguno
30	Patio 85	Comida Rapida	Manabi y Pichincha	17M	833645	9836464	32894489
31	Soda el Mirador	Comida Rapida	Tungurahua y Pastaza	18M	166358	9836213	Ninguno
32	La Zona AAA	Comida Rapida	Cotopaxi y Pastaza	18M	166323	9836322	Ninguno
33	La Fuente de Soda Puyo	Comida Rapida	Malecon	18M	166320	9836360	Ninguno
34	El Volquetero	Restaurante	Malecon	18M	166295	9836384	Ninguno
35	Flor de Canela	Restaurante	Paseo Ecologico	18M	166384	9836487	986188602
36	El Pigual	Restaurante	Barrio Obrero final de la Calle Tungurahua	18M	166520	9836227	Ninguno
37	Volquetero-K-RUZ	Restaurante	Malecon	18M	166251	9836414	993522622
38	Victorino	Restaurante	Malecon	18M	166260	9836410	Ninguno
39	La torre de los gatos	Comida Rapida	Malecon	18M	166282	9836424	968596334
40	Yukis	Comida Rapida	20 de Julio y Chimborazo	18M	166132	9836168	962796858
41	Tandao Bien	Restaurante	Cotopaxi y 20 de Julio	18M	166175	9836189	983230550
42	Don Jose	Restaurante	20 de Julio y Esmeralda	17M	833812	9836452	Ninguno
43	Las Hamburguesas de la Plaza Roja	Comida Rapida	Cotopaxi y 20 de Julio	18M	166188	9836331	Ninguno
44	Everest	Restaurante	Pambay y Azuay	18M	166234	9836455	984993492
45	Han Green	Comida Rapida	Cotopaxi y 20 de Julio	17M	833822	9836336	979291256
46	Rincon de Fatima	Comida Rapida	20 de Julio y Cotopaxi	18M	166148	9836294	996499552
47	Las delicias Manabitas	Restaurante	20 de Julio y Tungurahua	17M	833828	9836224	987625895

**Anexo 8.** Estadística descriptiva del consumo de aceite (L/semana) por unidad económica

Establecimiento	Media	Max	Min	Rango	sd	Varianza	cv	se
Restaurante	10,03704	30	1	29	7,229648	52,26781	0,720297	1,391346
Comida rápida	30,75	140	2	138	34,43816	1185,987	1,11994	7,700607
Total	18,85106	140	1	139	25,03127	626,5643	1,327844	3,651185

**Anexo 9.** Estadística descriptiva del aceite de desecho (L/semana) por unidad económica.

Establecimiento	Media	Max	Min	Rango	sd	Varianza	cv	se
Restaurante	3,888889	20	0,25	19,75	4,036095	16,29006	1,037853	0,7767469
Comida rápida	13,7	60	0	60	15,11308	228,4053	1,103145	3,379388
Total	8,06383	60	0	60	11,29562	127,5909	1,400776	1,647635

**Anexo 10.** Precio de los diferentes productos de jabones en el mercado

<b>JABONES</b>		
Marca	Peso (g)	Precio Unitario (\$)
El Macho	480	1,04
Jabón AKI	250	40
Ales blanquiador	170	33,3
Deja	350	0,78
Perla	200	0,65
Ales Maquinado	240	0,53
Lider	180	0,25
ales quita manchas	260	0,53
Ales Limón	200	0,45
Lava todo megablu	300	0,69
Lava todo	245	0,59

**Anexo 11. Precio de los diferentes productos de velas en el mercado**

<b>VELAS</b>			
<b>Marca</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>
Vela Aki	300	4	1,11
Vela Aki	220	8	0,87
Tea Ligh	115	9	1,06
Velas catedral Aromatica	100	1	0,99
Velas catedral	150	8	1,74
Velas Santa Teresa	250	6	1,42
Velas Aki	270	20	1,56
Vela Aki Conica	-	1	0,59
Vela Aki Aromatizada	-	1	2,88
Difusor de ceramica	-	1	1,59
Monicandles Aromatica	180	1	2,99
Monicandles	253	10	1,99
HomeClub Aromatizadas	-	6	1,99
Karma	140	1	1,99
Esscents	140	1	1,99
Velas HD	45	1	2,99

**Anexo 12:** Precios de mercado, para materias primas, productos y otros.

	Precio (USD/kg)
<i>Materias primas</i>	
Aceite vegetal usado, L	0.125
Sosa Cáustica (95%), kg	4.5
Colorantes, L	25
Esencia, L	31.35
Acido esteárico	2.00
<i>Producto</i>	
Jabón, 200g	0.25
Vela, 75g	0.49
<i>Servicios</i>	
Agua , USD/m <sup>3</sup>	1.55
Electricidad, USD/kWh	0,099
Tratamiento de residuos,	1.01
USD/kg	
<i>Trabajadores</i>	
Sueldo operario,	4500
USD/año	

**Anexo 13:** Potencia, horas de trabajo e importe de la electricidad consumida por los

Gasto	Electricidad				Importe electricidad, USD
	Potencia, kWh	Horas/año	Consumo kwh/año	Precio electricidad	
Descripción					
Máquina de reciclaje de aceite de cocina	12	240	2880	0.099	285.12
Máquina de elaborar jabón	6.5	960	6240	0.099	617.76
Máquina automática de elaboración de velas	22	960	21120	0.099	2090.88
equipos de trabajo.					

**Anexo 14:** Consumos, precios de agua y tratamiento de residuos generados.

Casos de estudio	Impurezas, kg/año	Residuos, USD/año	Consumo de Agua, m <sup>3</sup>	precio, USD/m <sup>3</sup>	Importe USD/año
Caso I	293.28	293.28	120	1.55	186
Caso II	293.28	293.28	180	1.55	279
Caso III	293.28	293.28	120	1.55	186

## Anexo 15. Parámetros técnicos del equipamiento

### Equipo 1. Máquina de reciclaje de aceite de cocina libre de desecho por microfiltración y filtro.

Parámetros técnicos:	Unidad	
Consumo Total de energía	kW/h	36
Nominal potencia de calefacción	kW/h	3
Consumo medio de potencia	kW/h	12
Entrada de aceite de flujo	L/min	55
Capacidad de trabajo	L/8 horas	1200
Costo de procesamiento	USD/Ton	32-55
Trabajo de temperatura	°C	25-160
Presión de trabajo	MPa	≤ 0,8
Ruido	DB (A)	≤ 70
Precio	USD	3000

Link de acceso a la información: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Micro-filtration-and-filter-free-waste-60787314640.html?spm=a2700.7724838.2017115.78.97a2434fazLGdT>



Descripción	Unidad	
Capacidad		200
Peso:	kg	200
Material:		Acero inoxidable 304/316
Precio	USD	500

## Equipo 2. Tanques de almacenamiento

Link de acceso: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Model-FLK-200L-high-quality-stainless-60751117275.html?spm=a2700.7724838.2017115.244.4108779bNyVUsP>



### Equipo 3. Máquina de elaborar jabón

Especificación	Unidad	
Capacidad	U/h	1000
Motor eléctrico de potencia	kW	6.5
Velocidad de agitación	rpm	60-150
Material de fabricación		Acero inoxidable/Acero al carbono
Precio	USD	12000

Fuente de acceso: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/New-Design-Industrial-Soap-Mold-Machine-60614291910.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.20.400c792dIAID5P>



#### Equipo 4. Máquina automática de elaboración de velas

Descripción	Unidad de medida	
Diámetros	mm	12-50
Longitudes	mm	100-350
Capacidad (un solo lado)	velas/hora	6000
Capacidad (doble cara)	velas/hora	11000
Principal de potencia de la máquina	kW	22
Parte de potencia de la máquina	kW	6,8
Dimensiones	mm	5800 × 3800 × 3000
Peso	kg	3800
Precio	USD	10000

Link de acceso: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/2019-Ready-to-Ship-Fully-Automatic-60667626637.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.40.7d335eb6s5RMMS>

