

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE MATRIZ CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero  
Mecánico Automotriz

**PROYECTO TÉCNICO:**

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE  
REGENERACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN LA  
CIUDAD DE CUENCA EMPLEANDO EL PROCESO DE  
EXTRACCIÓN CON PROPANO**

**AUTORES:**

Marco Vinicio Chuqui Palaguachi  
Josué Rodrigo Romero Heredia

**TUTOR:**

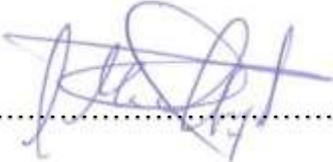
Ing. Javier Vázquez Salazar. M.I.

**Cuenca, Mayo 2017**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Marco Vinicio Chuqui Palaguachi con cédula de identidad N° 0302768049 y Josué Rodrigo Romero Heredia con cédula de identidad N° 0706447059, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE REGENERACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN LA CIUDAD DE CUENCA EMPLEANDO EL PROCESO DE EXTRACCIÓN CON PROPANO”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Marco Vinicio Chuqui Palaguachi

C.I: 0302768049



Josué Rodrigo Romero Heredia

C.I: 0706447059

Cuenca, Mayo 2017

## CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE REGENERACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN LA CIUDAD DE CUENCA EMPLEANDO EL PROCESO DE EXTRACCIÓN CON PROPANO**”, realizado por los estudiantes: Marco Vinicio Chuqui Palaguachi y Josué Rodrigo Romero Heredia, obteniendo un “**Proyecto Técnico**” que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como: **Ingeniero Mecánico Automotriz**.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Javier Vázquez', is written over a horizontal dotted line. The signature is fluid and cursive.

**Ing. Javier Vázquez. M.I.**

C.I: 0301448353

**TUTOR**

Cuenca, Mayo 2017

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Marco Vinicio Chuqui Palaguachi con cédula de identidad N° 0302768049 y Josué Rodrigo Romero Heredia con cédula de identidad N° 0706447059, autores del trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE REGENERACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN LA CIUDAD DE CUENCA EMPLEANDO EL PROCESO DE EXTRACCIÓN CON PROPANO”**, certificamos que el contenido total del presente **“Proyecto Técnico”**, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.



Marco Vinicio Chuqui Palaguachi

C.I: 0302768049



Josué Rodrigo Romero Heredia

C.I: 0706447059

Cuenca, Mayo 2017

## AGRADECIMIENTOS

*Este trabajo nos permite culminar una etapa de nuestras vidas, exteriorizamos nuestros agradecimientos a la Universidad Politécnica Salesiana por cada enseñanza brindada a través de sus prestigiosos Maestros.*

*A mi tutor, Javier Vázquez, quien supo guiar y apoyar en el desarrollo de este proyecto, con sus ideas y conocimientos hasta la culminación del mismo.*

*Quiero agradecer a Dios, por brindarme la salud y vida, por protegerme y guiarme día a día en mi largo camino de la formación profesional, por darme la fortaleza para no desfallecer en esta larga lucha hasta cumplir mis logros, por brindarme los mejores padres, hermanos, amigos y seres queridos.*

*A mis padres, Leonor y Armando, mis hermanos, Ángel y Kevin, a mi abuelita Purificación, a mis tíos, Rosa, Luis, porque siempre supieron ayudarme y alentarme desde mi infancia, a partir de mis primeros días en la escuela, hasta poder culminar mi carrera Universitaria, por darme sabios consejos para poder seguir adelante cada día, por apoyarme en los momentos más difíciles, por ayudarme a continuar superándome, por eso y el apoyo que siempre recibiré les agradezco de todo corazón, querida familia.*

*A Verónica, porque desde el primer día en que nos conocimos supo brindarme su mano para continuar adelante en cada situación difícil, por la ayuda que me supo dar siempre, por la paciencia que tuvo conmigo, por sacarme una sonrisa en los momentos más tristes, por el cariño y aliento que nunca faltaba hasta el día de conseguir mi título Universitario, muchísimas gracias.*

*A los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, quienes supieron compartir, transmitir y enseñar sus conocimientos para mi desarrollo profesional a lo largo de la carrera.*

*Al Eco. Fernando Vivar por su ayuda brindada en el desarrollo del proyecto, a los Ingenieros: Javier Crespo, administrador de calidad ambiental y atención de contingencias y Juan Carlos Castro, Subgerente de gestión ambiental, miembros de la*

*empresa pública municipal de telecomunicaciones, agua potable, alcantarillado y saneamiento (ETAPA EP), por la acogida, ayuda e información brindada.*

*De igual manera a los ingenieros: Zamora Ruth, jefe de planta y González Efrén supervisor de almacenamiento de AustroGas, por la amabilidad y la ayuda ofrecida al momento de requerir información.*

*A mi buen amigo y compañero Josué, quien fue parte fundamental para el desarrollo de este proyecto, por la amistad, la ayuda y el apoyo constante, al poder culminar una meta más en nuestra vida profesional.*

***Marco Vinicio Chuqui Palaguachi***

*A nuestro estimado director de tesis Javier Vásquez, por compartir sus conocimientos, brindarnos su tiempo, apoyo y dedicación para así poder cumplir con esta investigación.*

*Así mismo extendemos el agradecimiento a las personas e instituciones que con su colaboración nos facilitaron el desarrollo de este proyecto, gracias por la apertura y confianza que nos brindaron: ETAPA, Ings. Javier Crespo y Juan Carlos Castro*

*Y de manera especial a nuestras familias por su apoyo incondicional.*

***Josué Rodrigo Romero Heredia***

## DEDICATORIAS

*Este proyecto de titulación lo dedico a mis padres Leonor y Armando, por el apoyo incondicional que siempre me supieron brindar desde muy pequeño, hasta verme convertido en una persona de bien lleno valores y responsabilidades, porque cada día supieron guiarme sin desfallecer hasta lograr mis objetivos.*

*A mi Abuelita, Purificación que a pesar de las adversidades ella siempre estuvo ahí con sus consejos y el gran carisma de sus ojos, a mis hermanos, Ángel y Kevin quienes son un ejemplo y un incentivo para luchar cada día, por ayudarme en momentos difíciles, por darme consejos y compartir conocimientos.*

*A Verónica, quien también supo estar a mi lado con su afecto y cariño, por el apoyo e incentivo, ayudándome en cada momento, por creer y depositar toda su confianza en mí, hasta lograr hacer realidad cada sueño.*

***Marco Vinicio Chuqui Palaguachi***

*A Dios por fortalecerme e iluminarme siempre.*

*A mis padres Guillermo Romero y Cándida Heredia, gracias por cada esfuerzo, por jamás darse por vencidos y luchar continuamente por nosotros, su ejemplo y enseñanzas están marcados en cada paso de mi vida.*

*A mi hermana Nathaly por ser el ejemplo de una hermana mayor y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles, gracias por apoyarme en todo momento*

*A mi hermano Daniel y mi sobrino Ricardo por esa admiración y respeto que me han brindado. Que en este logro siga sembrando un buen ejemplo en ustedes.*

*A mi familia y amigos por ser pilares fundamentales en mi vida*

*A mi compañero de tesis y gran amigo Marco, por el apoyo brindado en este trayecto, gracias por esta amistad.*

***Josué Rodrigo Romero Heredia***

## RESUMEN

El presente proyecto permitirá determinar la factibilidad de implementar una planta de regeneración de aceites lubricantes automotrices usados en la ciudad de Cuenca, ya que en la actualidad estos desechos son tratados en procesos que no son los más adecuados con el medio ambiente.

Al realizar un análisis minucioso de cada uno de los métodos más utilizados de regeneración de aceite lubricante usado, se puede determinar; las características, requerimientos, calidad del producto final y el impacto ambiental que generan. Conocidos los métodos se selecciona el más adecuado de forma que nos permite obtener un aceite mineral base de buena calidad similar al del primer refino y sin producir agentes tóxicos o nocivos hacia el ecosistema.

A partir del aceite lubricante generado luego de haber cumplido su vida útil por el empleo en los automotores de la ciudad de Cuenca, se dimensionará el tamaño de la planta y la capacidad de cada equipo, determinando el proceso de regeneración, desde su recolección hasta la recepción del mismo en los tanques de almacenamiento, teniendo en cuenta que previamente, en el laboratorio se realiza el análisis de la calidad del aceite para determinar si es apto para la regeneración. En el caso de no calificar el aceite recolectado es destinado a su almacenamiento y posterior tratamiento de incineración en plantas autorizadas.

El aceite que aprueba el análisis continúa al proceso dentro de la planta que consiste en un pretratamiento, en el cual, se elimina las partículas más significativas en tamaño, luego se procede a la extracción con propano.

Mezclando el aceite usado con el propano líquido. Finalizado este proceso se tiene una base mineral, libre de aditivos, contaminantes metálicos productos del desgaste en el motor, etc.

El propano presente en el aceite es recuperado por evaporación en donde es licuado y almacenado en su tanque para su posterior utilización.

El producto final es analizado nuevamente en el laboratorio para determinar las propiedades y características, las cuales deben ser iguales o similares a las de un aceite mineral base producido en su primer refinado.

Se realizó también el análisis económico tomando en cuenta los precios de los equipos al momento de su adquisición, la infraestructura conjuntamente con su terreno, plan de gestión administrativa que laborará dentro de la planta. Todo esto, necesario para determinar el costo de inversión al momento de implementar la planta de regeneración.

Al conocer el costo de producción de un barril de aceite mineral base, se puede obtener el precio de venta y encontrar el punto de equilibrio, que indicará cuando los ingresos totales son equivalentes a los costos totales a partir de la venta del aceite regenerado, determinando de esta manera la factibilidad de la implementación de una planta de regeneración de aceites lubricantes usados.

## ABSTRACT

The present project makes it possible to determine the feasibility of implementing a regeneration plant for used automotive lubricants in the city of Cuenca, as these treaties are currently treated in processes that are not the most environmentally friendly.

When performing a detailed analysis of each of the most used methods of regeneration of lubricating oil used, it can be determined; the characteristics, requirements, quality of the final product and the environmental impact they generate. The methods are known to be the most suitable so that we can obtain a mineral oil base of good quality similar to that of the first refining and without producing toxic or harmful agents to the ecosystem.

From the lubricating oil generated after having reached its useful life by the use in the motor vehicles of the city of Cuenca, the size of the plant and the capacity of each equipment are determined, determining the regeneration process, from its collection to the reception of the same in the tanks of Storage, taking into account that previously the analysis of the quality of the oil is carried out to determine if it is suitable for regeneration. In the case of not qualifying, the oil collected is destined to its storage and later treatment of incineration in authorized plants.

The oil that approves the analysis continues to the process inside the plant that consists of a pretreatment, in which, the most significant particles in size are eliminated, then propane extraction, where the used oil is mixed with the Propane liquid. Finished this process has a mineral base, free of additives; metal contaminants wear products in the engine, etc.

The propane present in the oil is recovered by evaporation where it is liquefied and stored in its tank for later use.

The final product is analyzed again in the laboratory to determine the properties and characteristics, which must be the same or similar to those of a base mineral oil produced in its first refining.

The economic analysis is also made taking into account the prices of the equipment at the time of its acquisition, the infrastructure together with its land, an administrative

management plan that will work within the plant. All this, necessary to determine the investment cost at the time of implementing the regeneration plant.

By knowing the cost of producing a barrel of base mineral oil, you can obtain the sales price and find the break-even point that will indicate when the total revenues are equivalent to the total costs from the sale of the regenerated oil, thus determining the feasibility of the implementation of a plant for the regeneration of used lubricating oils.

# ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I.....	3
1.1. LUBRICANTES .....	3
1.1.1. FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES.....	3
1.1.2. COMPOSICIÓN DE LOS LUBRICANTES.....	3
1.1.3. CLASIFICACIÓN .....	5
1.1.4. PROPIEDADES DE LOS ACEITES .....	7
1.2. ACEITE USADO: DEFINICIÓN.....	10
1.2.1. CRITERIOS PARA DETERMINAR EL ACEITE USADO .....	11
1.2.2. POSIBLES CONTAMINANTES DE LOS ACEITES LUBRICANTES USADOS .....	12
1.2.3. DEGRADACIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE.....	13
1.2.4. DISTINTAS POSIBILIDADES Y REÚSOS.....	13
1.2.5. REGENERACIÓN DE ACEITES.....	13
1.3. IMPACTO AMBIENTAL .....	14
1.3.1. CONTAMINACIÓN DEL SUELO.....	16
1.3.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	16
1.3.3. CONTAMINACIÓN DEL AIRE .....	16
1.3.4. CONTAMINANTES RESULTANTES DE LOS PROCESOS DE REGENERACIÓN .....	17
1.4. PRODUCCIÓN DE ACEITES LUBRICANTES EN EL ECUADOR .....	17
1.4.1. PRODUCTORAS DE ACEITE LUBRICANTE .....	17
1.5. APLICACIONES DEL ACEITE LUBRICANTE USADO.....	18
1.6. MÉTODOS PARA LA REGENERACIÓN DE ACEITES USADOS.....	20

1.6.1.	MÉTODO ACIDO-ARCILLA .....	20
1.6.2.	MÉTODO DE RE-REFINADO DEL ACEITE.....	22
1.6.3.	MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR DISOLVENTE Y DESTILACIÓN	23
1.6.4.	MÉTODO POR HIDROTRATAMIENTO .....	25
1.6.5.	MÉTODO POR EXTRACCIÓN CON PROPANO LÍQUIDO .....	26
1.7.	FACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE INVERSIÓN .....	27
1.8.	COSTOS FIJOS DE PRODUCCIÓN .....	27
1.8.1.	Importación .....	28
1.9.	PUNTO DE EQUILIBRIO .....	29
2.	CAPÍTULO II.....	31
2.1.	PRODUCTORES DE ACEITE USADO.....	31
2.2.	USO DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN CUENCA.....	31
2.3.	COMERCIALIZACIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE USADO.....	35
2.4.	PROGRAMA DE RECOLECCIÓN DE ACEITES DE ETAPA EP CUENCA..	36
2.5.	TRATAMIENTO DE DESECHOS PELIGROSOS .....	37
2.5.1.	Fase de Almacenamiento .....	37
2.5.2.	Fase de transporte interprovincial.....	37
2.5.3.	Fase de destino final .....	38
2.6.	REQUERIMIENTOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS GENERADORES .....	38
2.6.1.	Instalación de separador de aceite .....	38
2.6.2.	Instalación de un sedimentador.....	38
2.7.	APRECIACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR DE CUENCA.....	39
2.8.	ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE ACEITE LUBRICANTE USADO PRODUCIDO EN CUENCA .....	39
2.8.1.	Demanda de aceite.....	39

3. CAPITULO III.....	41
3.1. COMPARACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE REGENERACIÓN .....	42
3.2. MATRIZ DE DECISIONES .....	43
3.2.1. Características para el análisis del proceso a seleccionar .....	44
3.2.2. Valoración.....	44
3.3. SELECCIÓN DEL PROCESO A EMPLEARSE .....	45
3.4. CLASIFICACIÓN DEL ACEITE USADO PARA SU PROCESAMIENTO .	45
3.4.1. Fases para el proceso de reciclado .....	45
3.5. CRITERIO PARA LA REGENERACIÓN .....	50
3.5.1. ANÁLISIS DE ACEITES USADOS PREVIO A LA REGENERACIÓN 50	
3.6. PROCEDIMIENTO DENTRO DE LA PLANTA.....	55
3.6.1. DIAGRAMA DEL PROCESO.....	62
3.7. PRUEBAS O ANÁLISIS A REALIZAR EN LA BASE OBTENIDA ANTES DE SU COMERCIALIZACIÓN.....	63
3.7.1. DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 810.....	63
3.7.2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VISCOSIDAD SEGÚN LA NORMA ASTM D 2270.....	64
3.7.3. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE INFLAMACIÓN SEGÚN LA NORMA NTE INEN 808.....	65
3.7.4. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE ESCURRIMIENTO SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1982.....	65
3.7.5. MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA COLOR ASTM D 1500, DE PRODUCTOS DE PETRÓLEO (ESCALA DE COLOR ASTM).....	66

3.7.6.	DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TOTAL SEGÚN LA NORMA ASTM D 974 .....	67
3.7.7.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CENIZAS SEGÚN LA NORMA ASTM D 482.....	67
4.	CAPÍTULO IV .....	68
4.1.	ADQUISICION Y COSTO DE EQUIPOS.....	68
4.2.	LISTA DE EQUIPOS .....	70
4.3.	ACTIVOS FIJOS .....	75
4.4.	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	79
4.4.1.	ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA .....	80
4.4.2.	DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN DEL PUESTO.....	80
4.5.	COSTO DE INVERSIÓN .....	83
4.6.	COSTOS FIJOS .....	84
4.7.	COSTOS VARIABLES .....	84
4.7.1.	COSTO DEL PROPANO.....	84
4.7.2.	COSTO DE ENVASES (BARRILES) .....	85
4.8.	COSTO DE PRODUCCIÓN.....	85
4.8.1.	CÁLCULO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN.....	86
4.8.2.	PRECIO DE VENTA DEL BARRIL .....	87
4.8.3.	PUNTO DE EQUILIBRIO .....	88
4.8.4.	TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL.....	90
4.	CAPITULO V.....	92
5.1.	CONCLUSIONES.....	92
5.2.	RECOMENDACIONES .....	94
5.	BIBLIOGRAFÍA .....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama de proceso Acido – Arcilla. Fuente: (Díaz, 2010) .....	21
Figura 1.2. Diagrama del Proceso de Extracción por disolvente. Fuente: (ReTAP), 1995) .....	24
Figura 1.3. Diagrama del Proceso de Hidrotratamiento. Fuente: (Díaz, 2010) .....	25
Figura 2.1. Empleo de Aceite Lubricante Usado para la pulverización de piezas automotrices. Fuente: (Autores).....	32
Figura 2.2. Contaminación del agua con aceite usado provocada por la pulverización. Fuente: (Autores). .....	33
Figura 2.3. Moldes para la fabricación de bloques de cemento. Fuente: (Autores).....	34
Figura 2.4. Residuos a causa del uso del aceite lubricante usado. Fuente: (Autores).....	34
Figura 2.5. Aceite usado para el funcionamiento de la motosierra. Fuente: (Autores)....	35
Figura 2.6. Aceite lubricante usado y Combustible. Fuente: (Autores).....	35
Figura 3.1. Metodología del proyecto .....	41
Figura 3.2. Camión cisterna para recolección de aceites. Fuente. (ETAPA EP, 2016) ...	46
Figura 3.3. Rutas de recolección (ETAPA EP, 2016).....	47
Figura 3.4. Tanque principal de almacenamiento. Fuente. (ETAPA EP, 2016).....	49
Figura 3.5. Tanque auxiliar de almacenamiento. Fuente. (ETAPA EP, 2016).....	49
Figura 3.6. Tanque que alimentación provisto de bobina calefactora.....	56
Figura 3.7. Diagrama de aceite/propano en el mezclador en línea .....	56
Figura 3.8. Diagrama de ingreso aceite/propano en la Columna Reactor.....	57
Figura 3.9. Ingreso del aceite en la Columna de Destilación Rápida. ....	58
Figura 3.10. Proceso de recuperación de propano. ....	59
Figura 3.11. Sistema de reflujo de la columna de destilación rápida.....	60
Figura 3.12. Sistema del tanque de destilación de fondos. ....	61
Figura 3.13. Diagrama del proceso de regeneración de aceites lubricantes usados por extracción con propano. (ReTAP), 1995) .....	62
Figura 4.1. Tasa de crecimiento del aceite lubricante usado. ....	69
Figura 4.2. Distribución de la planta. Fuente: (Autores).....	76
Figura 4.3. Organigrama de la empresa. Fuente: (Autores).....	80
Figura 4.4. Gráfica del punto de equilibrio. Fuente: (Autores).....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Composición del aceite lubricante base. Fuente (Martínez y Mallo, 2007) ....	4
Tabla 1.2. Contaminantes presentes en los aceites usados. Fuente (Audibert, 2006).....	12
Tabla 1.3. Residuos resultantes de los procesos de regeneración. Fuente (Montes, 2003) .....	17
Tabla 2.1. Precios de los combustibles. Fuente CNP (Cámara nacional pesquera).....	36
Tabla 2.2. Parque automotor de la Ciudad de Cuenca .....	39
Tabla 2.3. Demanda de Aceite usado mediante calculo.....	40
Tabla 3.1. Comparación de los Procesos de regeneración de aceites. Fuente: (Autores)	42
Tabla 3.2. Matriz de decisiones. Fuente: (Autores). .....	44
Tabla 3.3. Recorrido móvil 908. (ETAPA EP, 2016).....	47
Tabla 3.4. Recorrido móvil 904. (ETAPA EP, 2016).....	48
Tabla 3.5. Niveles de Contaminantes Permisibles en Aceites Lubricantes Usados. Fuente: U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency. ....	51
Tabla 3.6. Métodos ASTM para determinación de Contaminantes en Aceites Lubricantes Usados. ....	51
Tabla 3.7. Precisión de la prueba ASTM D 808 .....	53
Tabla 3.8. Bases lubricantes paranínicas, vírgenes y re-refinadas. (INEN 2 029:1995, 1995) .....	63
Tabla 3.9. Condiciones para determinar el punto de escurrimiento.....	66
Tabla 4.1. Tasa de Crecimiento del aceite lubricante usado .....	69
Tabla 4.2. Lista de equipos – Recipientes de proceso. Fuente: (ReTAP), 1995).....	70
Tabla 4.3. Lista de equipos – Motores primarios. Fuente: (ReTAP), 1995).....	71
Tabla 4.4. Lista de equipos – Unidades de transferencia física. Fuente: (ReTAP), 1995) .....	71
Tabla 4.5. Lista de equipos –Válvulas. Fuente: (ReTAP), 1995) .....	71
Tabla 4.6. Lista de equipos –Instrumentación. Fuente: (ReTAP), 1995) .....	72
Tabla 4.7. Lista de equipos – Equipos de laboratorio. Fuente: (Autores).....	74
Tabla 4.8. Costos de Inversión en equipos y bienes. Fuente: (Autores).....	75

Tabla 4.9. Dimensión de la planta. Fuente: (Autores) .....	76
Tabla 4.10. Costo de importación de los equipos para la planta. Fuente: (Autores). .....	77
Tabla 4.11. Gastos Administrativos. Fuente: (Autores).....	78
Tabla 4.12. Gastos Operativos. Fuente: (Autores).....	79
Tabla 4.13. Costo de Inversión de la planta. Fuente: (Autores).....	83
Tabla 4.14. Amortización anual del préstamo. Fuente: (Autores) .....	84
Tabla 4.15. Costos fijos. Fuente: (Autores) .....	84
Tabla 4.16. Costos variables. Fuente: (Autores).....	85
Tabla 4.17. Producción de aceite de la planta. Fuente: (Autores).....	86
Tabla 4.18. Gastos directos de producción del aceite base. Fuente: (Autores).....	86
Tabla 4.19. Gastos indirectos de producción del aceite base. Fuente: (Autores).....	87
Tabla 4.20. Costo de producción del aceite base. Fuente: (Autores).....	87
Tabla 4.21. Precio de venta del barril. Fuente: (Autores) .....	88
Tabla 4.22. Punto de equilibrio. Fuente: (Autores).....	88
Tabla 4.23. Punto de equilibrio. Fuente: (Autores).....	89
Tabla 4.24. Recuperación del capital de inversión. Fuente (Autores) .....	90
Tabla 4.25. Determinación de la T.I.R. Fuente (Autores).....	91

## INTRODUCCIÓN

Para el funcionamiento del vehículo es necesario el uso de lubricantes en cada uno de los sistemas móviles de los que se encuentre constituido. Se considera que un automóvil pequeño usa al menos 5 litros de aceite en su funcionamiento.

El constante crecimiento del parque automotor a nivel mundial ha generado el empleo del aceite lubricante en mayor cantidad.

El uso y tratamiento inadecuado constituyen a los aceites usados como uno de los residuos más peligrosos, ya que estos se emplean en procesos que generan impacto ambiental como son; tratamiento de maderas, incineración, fabricación de bloques, pulverización de piezas automotrices, etc.

Analizando lo descrito anteriormente es necesario la implementación de un plan de manejo de este desecho, ya que es una problemática común para todos los países.

De acuerdo a los datos generados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la ciudad de Cuenca cuenta con aproximadamente 90000 vehículos, los mismos que generan un promedio de 32417 galones, por mes de aceites minerales usados, esta cifra es alarmante ya que anualmente se formaría aproximadamente 380000 galones de residuos.

La empresa pública municipal de telecomunicaciones, agua potable, alcantarillado y saneamiento (ETAPA EP), junto a la empresa pública municipal de aseo de Cuenca, (EMAC), llevan a cabo el plan de recolección de aceites lubricantes usados, en casi 1050 puntos de recaudación alrededor de la ciudad, y a su posterior almacenamiento para luego ser enviado a plantas cementeras autorizadas para su incineración.

Al momento de ser quemado el aceite, no se soluciona el problema al tratar de eliminar un contaminante, sino que simplemente se transforma en otro tipo de agente tóxico.

Por esta razón se elabora el presente proyecto, brindando una alternativa para el tratamiento de este tipo de residuos, con una propuesta de regeneración de aceites.

Al determinar la factibilidad de la implementación de un centro de regeneración de aceites lubricantes usados dentro de la ciudad de Cuenca se analiza la posibilidad de inversión, ya sea pública o privada en proyectos que permitan mitigar la contaminación ambiental generada por estos contaminantes.

El proyecto consiste en seleccionar el proceso dentro de la planta y en la selección de los equipos necesarios para el tratamiento de acuerdo a la situación actual de la Ciudad, conjuntamente con los análisis que deben realizarse al aceite para determinar la calidad del producto, analizando el costo de producción y venta, estableciendo de esta manera la factibilidad de implementar una planta de regeneración.

El proceso se basa en reutilizar el aceite mineral usado y transformarlo en uno base, con características similares a las de su primer proceso de refinamiento, esto se logra a partir de la extracción con propano, permitiendo eliminar todos los contaminantes que se encuentran en el aceite y posterior a un proceso de destilado, obteniendo de esta manera un producto regenerado que no depende directamente de los derivados del petróleo.

Es importante y significativo tomar acciones enfocados al manejo de desechos peligrosos, tanto al medio ambiente como para la humanidad, ya que al regenerar un aceite usado estamos cumpliendo con la regla ecológica de las 3R, como son Reducir, Reutilizar y Reciclar, a la vez ser un ejemplo para la sociedad al ser los primeros en la provincia en implementar una planta de regeneración de aceites lubricantes automotrices usados y motivar a otros sectores del país a desarrollar este tipo de acciones con la finalidad de tomar conciencia y se una al cambio para un mejor porvenir y conservación del ecosistema.

# 1. CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. LUBRICANTES

Los lubricantes evitan el contacto directo entre superficies que se encuentran en movimiento, reduciendo la fricción y a su vez disminuye las consecuencias que la misma trae consigo: calor excesivo, desgaste, ruido, vibración, golpes, etc. (Beltrán, 2012)

El lubricante se adhiere y forma una película de aceite entre las superficies en movimiento, el cual evita el contacto directo.

Los aceites lubricantes están constituidos por una base que puede ser mineral o sintética, la misma que proporciona las características principales de lubricación, además se complementan con aditivos para mejorar sus propiedades. (Beltrán, 2012)

#### 1.1.1. FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES

Aseguran un correcto funcionamiento de la maquinaria, sus principales funciones son:

- **Refrigerante.** - Contribuye al equilibrio térmico de la máquina.
- **Eliminador de impurezas.** - Elimina impurezas, al ser llevadas hasta los elementos filtrantes.
- **Anticorrosivo y anti desgaste.** - Previene la corrosión y evita el desgaste de los elementos en fricción.
- **Sellante.** - Sellador de fugas y evita el paso de gases que contaminan el aceite.
- **Transmisor de energía.** - Transmite energía de un punto a otro del sistema.

#### 1.1.2. COMPOSICIÓN DE LOS LUBRICANTES.

Los lubricantes están compuestos por un aceite base y aditivos modificadores que mejoran las propiedades. Los aceites base que provienen del refinado del petróleo son aceites minerales, en cambio los aceites realizados por reacciones petroquímicas se los conoce como aceites sintéticos. (GULF OIL ARGENTINA S.A., 2016)

La base mineral está constituida por tres tipos de compuestos: parafínicos, nafténicos y aromáticos. Los parafínicos son el 60 - 70% de la base por tener mejores propiedades lubricantes, el resto de componentes contribuyen con propiedades que carecen las parafinas. (GULF OIL ARGENTINA S.A., 2016)

Las bases sintéticas se diferencian de las minerales debido a que poseen mejores características como:

- Mejores propiedades lubricantes.
- Mayor índice de viscosidad.
- Mayor fluidez a baja temperatura.
- Mayor estabilidad térmica y a la oxidación.
- Menor volatilidad.

*Tabla 1.1. Composición del aceite lubricante base. Fuente (Martínez y Mallo, 2007)*

<b>Composición media de un aceite lubricante virgen de base mineral</b>	
Hidrocarburos totales (85-75%)	
Alcanos	45-76%
Cicloalcanos	13-45%
Aromáticos	10-30%
Aditivos	15-25%
Antioxidantes	Di fosfatos, fenoles, aminas.
Detergentes	Sulfatos, fosfatos, folatos.
Antiespumantes	Siliconas, polímeros sintéticos.
Antisépticos	Alcoholes, fenoles, compuestos clorados.

El aceite base no posee todas las características para cumplir todas las funciones de un lubricante, para resolver esto se utiliza aditivos que varían dependiendo de los siguientes aspectos: (GULF OIL ARGENTINA S.A., 2016)

- La aplicación del lubricante.
- Las condiciones de trabajo.
- Niveles de prestaciones que se desea alcanzar.

### **1.1.3. CLASIFICACIÓN**

#### **1.1.3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES POR SU NATURALEZA**

##### **Aceites parafínicos**

Son hidrocarburos que gracias a su cadena abierta y saturada tienen un elevado índice de viscosidad, temperaturas de ignición e inflamación altas lo que los hace ideal para motores de combustión interna, ya que no se espesan a temperaturas bajas, los cuales son ideales para motores que tienen que hacer arranques en frío. (Andrade, 2015)

##### **Aceites nafténicos**

Estos poseen una cadena cerrada, debido a esto su índice de viscosidad es bajo. La principal característica de estos aceites es que forman poco carbón evitando el atascamiento de elementos en fricción u obstrucciones en los ductos de lubricación del motor. (Andrade, 2015)

##### **Aceites aromáticos**

Son utilizados en cajas de velocidades, debido a su bajo índice de viscosidad, los hidrocarburos aromáticos se oxidan con facilidad formando ácidos orgánicos, por este motivo se los utiliza en la transmisión ya que permanecen en contacto con la superficie a lubricar si presencia de contaminantes que faciliten su oxidación. Son químicamente activos y se denominan con la “serie del benceno”. (Andrade, 2015)

#### **1.1.3.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN SU BASE**

##### **Lubricante mineral**

El origen del lubricante mineral es del petróleo por lo tanto es orgánico, es el más usado y económico, se obtiene del refinado del petróleo, comprende el 50% de un barril de crudo.

Existen dos tipos de lubricantes minerales, el primero es el de mayor calidad y pureza. Es una base de bajo índice de viscosidad natural (SAE 15) por lo que requiere de aditivos para brindar unas buenas condiciones de lubricación. (ONCAE, 2016)

## **Lubricante sintético**

Este lubricante es de base artificial, debido a esto el costo de producción es más elevado y se fabrica en laboratorio ya que no solo proviene del petróleo. Tienen mejores características que el lubricante mineral, excelentes propiedades de estabilidad térmica, resistencia a la oxidación, un alto índice de viscosidad natural (SAE 30) y un coeficiente de tracción muy bajo, que reduce el consumo de energía. (ONCAE, 2016)

Existen varios tipos de lubricantes sintéticos: (ONCAE, 2016)

- a) **Hidrocrack.** Es una base sintética de origen orgánica que se consigue de la hidrogenización de la base mineral.
- b) **PAO.** Es una base sintética de origen orgánica, que agrega un compuesto químico a nivel molecular llamado "Poli-Alfaolefinas" esto hace que aumente su resistencia a la temperatura y poca volatilidad.
- c) **PIB.** Es una base sintética creada para la eliminación de humo en el lubricante por mezcla en motores de 2 tiempos. Se denomina Poli-isobutileno.
- d) **ESTER.** Es una base sintética que no deriva del petróleo sino de la reacción de un ácido graso con un alcohol.

### **1.1.3.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA VISCOSIDAD**

La SAE (Society of Automotive Engineers), relaciona la viscosidad con la temperatura de uso de un aceite. Consta de 10 grados SAE, los seis primeros, de 0 a 25, van acompañados de la letra W, inicial de "winter" (invierno).

Estos grados indican la temperatura mínima a la que puede utilizarse el aceite para conservar una viscosidad que le permita lubricar con mayor rapidez a los elementos y ayudar en el arranque en frío. (ONCAE, 2016)

La escala de cuatro unidades, de 20 a 50, indica el comportamiento de la viscosidad del aceite en caliente, medida a una temperatura de 100 °C. (ONCAE, 2016)

- 0W -30 °C
- 5W -25 °C

- 10W -20 °C
- 15W -15 °C
- 20W -10 °C
- 25W -5 °C
- 20 FLUIDO
- 30 SEMIFLUIDO
- 40 SEMIDENSO
- 50 DENSO

#### **1.1.4. PROPIEDADES DE LOS ACEITES**

Las propiedades de un aceite son las que garantizan una buena lubricación, ya que deben poseer cualidades que ayuden a evitar un desgaste prematuro de las partes sometidas a fricción, creando una película de lubricación que debe tener diferentes características.

##### **1.1.4.1. PROPIEDADES FÍSICAS**

###### **Color y fluorescencia**

Esta propiedad tiene poca importancia, ya que los aditivos la disfrazan. Los usuarios creían que un aceite de color más dorado significaba un aceite de mejor calidad, sin embargo, no existe ninguna relación entre el color y la calidad de un lubricante.

Los aceites usados al cambiar de color, indican degradación o contaminación del lubricante, esto se debe a que el motor en funcionamiento produce carbonillas que son arrastradas por el aceite, con presencia de partículas de hierro por la capacidad detergente que poseen los aceites que mantienen limpios al motor. (Andrade, 2015)

###### **Densidad**

Los aceites de origen aromático son los que poseen mayor densidad, los nafténicos se consideran de densidad media y los de origen parafínico tienen la menor densidad. (Andrade, 2015)

###### **Viscosidad**

Es una de las propiedades más importantes que debe cumplir un lubricante, se la define como resistencia de un líquido a fluir. Esta propiedad depende de la temperatura y de la

presión, la viscosidad debe soportar variaciones en la temperatura, ya que cuando aumenta la temperatura disminuye la viscosidad y viceversa, por lo cual, es preciso determinar las viscosidades de un aceite lubricante a diferentes rangos de temperatura, las temperaturas establecidas son 40°C y 100°C. (Andrade, 2015)

### **Punto de fluidez**

Esta propiedad es más utilizada para ambientes con temperaturas extremadamente bajas, esto se debe a que el punto de fluidez de un lubricante es la capacidad de fluir sin ser perturbado.

Las bajas temperaturas forman cristales en los aceites que se encadenan formando una estructura rígida, evitando la fluidez del aceite. (Andrade, 2015)

## **1.1.4.2. PROPIEDADES TÉRMICAS**

### **Índice de viscosidad**

La viscosidad de un lubricante tiene que disminuir lo menos posible al presentarse un aumento de temperatura. El índice de viscosidad tiene que ser lo mayor posible, para que sea menos influido en su viscosidad por la elevación de cargas y temperaturas y por tanto un mejor comportamiento lubricante. (Andrade, 2015)

### **Punto de inflamación y fuego**

El aceite expulsa vapores que al aplicar una llama abierta se inflaman, esto se denomina punto de inflamación, los vapores a esta temperatura son capaz de provocar una ignición seguida a esto se le conoce como punto de fuego. (Andrade, 2015)

Los aceites de alta viscosidad tienen altos puntos de inflamación. Estos puntos están afectados por el tipo de crudo. (Andrade, 2015)

Los aceites nafténicos poseen menores puntos de inflamación que los parafínicos. Los lubricantes deben tener un punto de inflamación alto para dificultar su combustión. (Andrade, 2015)

### **Punto de congelación**

Cuando un aceite pierda su capacidad de fluir a cierta temperatura se le denomina punto de congelación. Este punto tiene que ser lo más bajo posible dependiendo en el ambiente en que se emplea el aceite. Los aditivos mejoran el punto de congelación. (Andrade, 2015)

### **Punto de enturbiamiento**

Es la temperatura a la cual las parafinas empiezan a separarse en forma de cristales, debido a esto se obstruye el circuito de lubricación. (Andrade, 2015)

## **1.1.4.3. PROPIEDADES QUÍMICAS**

### **Formación de espumas**

La formación de espumas en el aceite se produce por agitación energética con el aire u otro gas, esto puede provocar una lubricación ineficaz, perdidas de aceite y un consumo elevado de aceite. Esta propiedad debe evitarse en el aceite lubricante. (Andrade, 2015)

### **Índice de alquitrán**

Indica la cantidad de sustancias alquitranosas presentes en el aceite, este índice es un proceso de degeneración artificial, en donde se logra conocer como el aceite reacciona a temperaturas y en contacto con el aire. (Andrade, 2015)

### **Emulsionabilidad del aceite**

Esta propiedad es muy importante ya que es cuando se tiende a formar mezclas agudas y duraderas con el agua. (Andrade, 2015)

### **Untuosidad**

Es la capacidad que tiene el lubricante de formar una película de aceite que tenga el suficiente espesor y se adhiera a las superficies deslizantes, quedando suprimidos entre ellas. (Andrade, 2015)

#### 1.1.4.4. ADITIVOS DE LOS LUBRICANTES

El aceite base no ofrece todas las propiedades que necesita un lubricante para proteger a un motor o componente industrial, por esto es necesario añadir aditivos en la fabricación de los lubricantes atendiendo las necesidades del fabricante del motor.

Los aditivos usados en el lubricante son: (Jesus, 2015)

- **Antioxidantes:** En presencia de aire y a altas temperaturas el aceite se oxida por lo que es necesario un aditivo que evite la oxidación o retrase el envejecimiento prematuro del lubricante.
- **Antidesgaste Extrema Presión (EP):** Se emplean en cajas de cambios y diferenciales, debido a que forman una fina película entre las piezas a lubricar.
- **Antiespumantes:** Impiden la formación de burbujas que se generan por la cavitación y así se evitan la entrada de aire al circuito de lubricación.
- **Antiherrumbre:** Evitan la condensación de vapor de agua y con ello la formación de óxido en las paredes metálicas a lubricar.
- **Detergentes:** Se encargan de arrancar la suciedad producidas por la combustión, que se pegan a las partes internas del motor.
- **Dispersantes:** Son los encargados de mantener limpio el motor, ya que transportan la suciedad arrancada por los aditivos detergentes hasta el filtro o cárter del motor.
- **Espesantes:** Se encargan de aumentar la viscosidad del lubricante gracias a compuestos de polímeros que al aumentar la temperatura aumentan de tamaño.
- **Diluyentes:** Ayuda al lubricante a fluir a bajas temperaturas debido a que reduce los microcristales

#### 1.2. ACEITE USADO: DEFINICIÓN.

Se considera como un aceite usado, a cualquier aceite ya sea refinado del petróleo o sintético, que ha sido usado y contaminado por impurezas físicas o químicas y son inadecuados para su utilización. (EPA, 2010)

El aceite durante su vida útil se puede mezclar o contaminar con impurezas como: tierra, partículas de metal, agua y productos químicos que degradan el aceite. (EPA, 2010).

### **1.2.1. CRITERIOS PARA DETERMINAR EL ACEITE USADO**

Un aceite es usado o ha terminado su vida útil como lubricante, si cumple con los siguientes criterios:

- Origen
- Uso
- Contaminación del aceite por impurezas físicas o químicas

#### **1.2.1.1. Origen**

El primer criterio que define un aceite usado es su origen, es decir, se considera como aceite lubricante usado a aquellos que han sido refinados a partir de petróleo crudo o haber sido fabricado con materiales sintéticos, que han sido contaminados con impurezas físicas o químicas y que, además perdieron sus propiedades luego de su uso respectivo. (EPA, 2010)

Los aceites de origen vegetal o animal no se los consideran como aceite usado, una vez que cumplen la función principal al final de su vida útil.

#### **1.2.1.2. Uso**

Este criterio se refiere a la forma como el aceite ha sido usado.

Se consideran aceites usados aquellos que han sido utilizados como lubricantes, fluidos para la transferencia de calor, líquidos hidráulicos, medios de flotación y en otros propósitos similares. (EPA, 2010)

Se excluyen todos los aceites o productos que nunca han sido utilizados.

#### **1.2.1.3. Contaminantes**

El tercer criterio se trata de la contaminación del aceite por impurezas físicas o químicas.

El aceite usado debe ser contaminado como consecuencia de su uso, por residuos y contaminantes generados por el manejo, almacenamiento y procesamiento del aceite usado. (EPA, 2010)

Los contaminantes físicos incluyen partículas de metal, serrín o suciedad, mientras que los contaminantes químicos incluyen solventes, halógenos, o agua. (EPA, 2010).

## 1.2.2. POSIBLES CONTAMINANTES DE LOS ACEITES LUBRICANTES USADOS

El aceite usado contiene compuestos químicos tales como metales pesados, por ejemplo: cromo, cadmio, arsénico, plomo, hidrocarburos aromáticos polinucleares, benceno y algunas veces solventes clorados, PCBs.

Estos compuestos producen un efecto negativo en la salud humana y algunos compuestos son cancerígenos. (Ministerio del Ambiente Colombia, 2006)

Tabla 1.2. Contaminantes presentes en los aceites usados. Fuente (Audibert, 2006)

Contaminantes	Fuentes	Concentración
Ba	Aditivos detergentes	< 100 ppm.
Ca	Aditivos detergentes	1000-3000 ppm.
Pb	Gasolina con plomo/ desgaste en cojinetes	100-1000 ppm.
Mg	Aditivos detergentes/ cojinetes	100-500 ppm.
Zn	Antioxidantes / aditivos anti desgaste	500-1000 ppm.
P	Antioxidantes / aditivos anti desgaste	500-1000 ppm.
Fe	Cilindro, cigüeñal, agua, óxido	100-500 ppm.
Cr	Cilindro, cigüeñal, anillos, refrigerante	Trazas
Ni	Anillos, ejes	Trazas
Al	Émbolo, cojinetes, suciedad, aditivos	Trazas
Cu	Cojinetes, refrigerantes	Trazas
Sn	Desgaste en cojinetes	Trazas
Cl*	Aditivos / gasolina con plomo	300 ppm.
Si	Agentes des-espumantes / suciedad	50-100 ppm.
S	Aceite base/productos de combustión	0.2-1%
Wáter	Combustión	5-10%

La presencia de estos elementos hace que el aceite usado se encuentre en el rango de desechos peligrosos para el medio ambiente y para los seres vivos. Entonces estos residuos deben ser manejados con las precauciones correctas, evitando derrames en la naturaleza para recurrir a su reutilización o eliminación.

### **1.2.3. DEGRADACIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE**

La degradación inicia cuando está en contacto con el aire, el mismo que oxida el aceite al abrir su recipiente.

Un contenedor de aceite, abierto y utilizado, tras varios meses será más oscuro que al principio, esta oxidación no afecta el comportamiento del aceite.

Al cumplir su vida útil el aceite lubricante adquiere concentraciones elevadas de metales pesados provenientes del desgaste del motor o máquina que lubricó y por contacto con combustibles. (Payri, 2006)

Algunos de los solventes que se encuentran son: tricloro etanol, tricloro etileno y percloro etileno. Estos compuestos presentes en el aceite constituyen la principal amenaza por su toxicidad (Payri, 2006).

### **1.2.4. DISTINTAS POSIBILIDADES Y REÚSOS**

La mejor opción es regenerar el aceite, ya que es amigable con el ambiente. En caso de que no sea posible un tratamiento se deberá recurrir a la combustión, destrucción, almacenamiento o depósito. (Díaz, 2010)

Una alternativa económica y ambientalmente aceptable es utilizarlo como combustible en hornos de cemento y cal, en horno de ladrillo, u hornos metalúrgicos. Gracias a las altas temperaturas de combustión y las propiedades de absorción del cemento, cal y arcilla, los hidrocarburos peligrosos se destruyen y los metales pesados, azufre y cloruros son absorbidos. (Baráibar, 2014)

### **1.2.5. REGENERACIÓN DE ACEITES**

La regeneración de aceites usados es la acción mediante la cual se obtiene un nuevo aceite base, por ende, con la mezcla de aditivos se obtiene un aceite comercializable.

Los aceites usados con alto contenido de aceites vegetales, aceites sintéticos, agua y sólidos dificultan la regeneración y resulta ser muy costoso.

Según las cifras de la EPA, con 3 litros de aceite usado se obtienen 2 de aceite nuevo. Para poder obtener la misma cantidad a partir de petróleo hacen falta aproximadamente 100 litros. (Díaz, 2010)

Con 100 litros de aceite usado podríamos generar casi 67 litros de un nuevo aceite, casi 33 veces más que al obtenerlo del petróleo. (Díaz, 2010)

#### **1.2.5.1. Inconvenientes en la regeneración de aceite.**

- La razón principal para que no se opte por la regeneración es el factor económico, debido al gran poder calorífico de los aceites usados (31.560-44.880 MJ/Kg), lo que hace que se utilicen como combustible en cementeras. (Baráibar, 2014)
- Los productos regenerados o reciclados carecen de acogida en el mercado.
- Sin una buena reglamentación para la recolección de aceites usados, se hace difícil y costosa, porque a veces es generado en pequeñas cantidades en diversos lugares como: estacionamientos, pequeños talleres e instalaciones privadas. (Baráibar, 2014)

### **1.3. IMPACTO AMBIENTAL**

El parque automotor en los últimos años es el mayor causante de contaminación ambiental.

Debido a que está contaminando las tres principales fuentes del mundo que son: aire, agua y tierra. Es por eso que cada día se está buscando alternativas para que el índice de contaminación en cada país disminuya. (Barrera, 2015)

El consumo de lubricantes al año en países desarrollados es de:

- Estados Unidos consume un total de 7,6 millones de toneladas de aceite lubricante.
- Japón 2,2 millones de toneladas de aceite lubricante.
- La Unión Europea 4,7 millones de toneladas de aceite lubricante.
- España 560.000 toneladas de aceite lubricante.

Y a nivel mundial se obtiene un aproximado de 40 millones de toneladas anuales de aceite lubricantes. (Baráibar, 2014)

En el año 2014 en España del 100% (220.000) de toneladas de aceite lubricante, un 77% se recoge, y el 23% restante queda fuera de control, lo que es un dato preocupante ya que es la cuarta parte, contaminando al ambiente de una manera drástica. (Baráibar, 2014)

Los países con más contaminación ambiental debido al campo automotriz y a su vez al parque automotor son: (Barrera, 2015)

- **Botsawa.** - Según la OMS es uno de los países más contaminados por la gran cantidad de vehículos existentes en el país con un índice de promedio anual de PM 10 (partículas suspendidas respirables) de 216 microgramos por metro cubico.
- **Pakistán.** - Debido a su acelerado crecimiento del parque vehicular y la quema de residuos en las industrias automotrices, posee un promedio anual de 198 microgramos de PM 10 por metro cubico.
- **Senegal.** - Con un promedio anual de PM 10 en 145 microgramos por metro cubico.
- **Arabia Saudita.** - Con un promedio anual de PM 10 en 143 microgramos por metro cubico.
- **Egipto.** - Con un promedio anual de PM 10 en 138 microgramos por metro cubico.
- **Emiratos Árabes Unidos.** - Con un promedio anual de PM 10 en 132 microgramos por metro cubico.

Según (Gordón, 2005), en el Ecuador las provincias que más producen aceites lubricantes usados son:

- 34% Guayas
- 27% Sucumbíos y Napo
- 21% Pichincha
- 10% Azuay
- 3% Tungurahua
- 2% Manabí
- 2% Cotopaxi
- 1% Esmeraldas

Las mismas que son catalogadas, como de mayor grado de desarrollo industrial, donde se puede decir que:

Se estima una generación anual total de 35.484 Ton de desechos peligrosos, de los cuales, el 44.5% se encuentran en estado líquido, el 55% en estado sólido y el 0.5% en estado gaseoso (Gordón, 2005).

### **1.3.1. CONTAMINACIÓN DEL SUELO**

Los hidrocarburos que contiene tienen un bajo índice de biodegradabilidad destruyen el humus vegetal y acaban con la fertilidad del suelo.

Además, contienen sustancias tóxicas como el plomo, el cadmio y compuestos de cloro, que contaminan gravemente el suelo. Algunos aditivos que se añaden favorecen su penetración en el terreno, siendo contaminadas las aguas subterráneas.

### **1.3.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

Al verterse en el agua produce una película impermeable, que impide la adecuada oxigenación y que puede asfixiar a los seres vivos que allí habitan: *“un litro de aceite contamina un millón de litros de agua”* (Montes, 2003).

El aceite usado, por su bajo índice de biodegradabilidad, afecta gravemente a los tratamientos biológicos de las depuradoras de agua, dejándolos inhabilitados.

### **1.3.3. CONTAMINACIÓN DEL AIRE**

El aceite usado, sólo o mezclado con fuel-oil (combustóleo), sin un tratamiento y un control adecuado, origina problemas de contaminación y emite gases muy tóxicos, debido a la presencia de plomo, cloro, fósforo, azufre, etc.

Cinco litros de aceite quemados contaminan, con plomo y otras sustancias peligrosas, 1000.000 m<sup>3</sup> de aire, que es la cantidad de aire que una persona respira durante tres años. (Montes, 2003)

### 1.3.4. CONTAMINANTES RESULTANTES DE LOS PROCESOS DE REGENERACIÓN

Aunque se recolecte adecuadamente el aceite usado para su tratamiento, las diferentes técnicas de tratamiento también emiten contaminación al medio ambiente, como por ejemplo se puede observar en la tabla 1.3:

Tabla 1.3. Residuos resultantes de los procesos de regeneración. Fuente (Montes, 2003)

CONTAMINACIÓN	PROCEDE
CO2	Muchos procesos de combustión
Hidrocarburo Poli-aromáticos (PAHs)	Procesos de regeneración de plantas modernas
Hidrocarburos clorados	Mezcla de solventes con aceite usado
Compuestos orgánicos volátiles	Emisiones fugitivas del almacén
Olor	Instalaciones de re-refinado
Pb	De los procesos de re-refinado, acaba siendo guardado en un producto bituminoso
Metales	Regeneración en refinerías
Residuos del agua	Procesos de aceite usado y en diferentes procesos de deshidratación
Lodos	Procesamiento del aceite usado
Contaminación suelo	Filtrado y vertido

## 1.4. PRODUCCIÓN DE ACEITES LUBRICANTES EN EL ECUADOR

El Ecuador importa bases de aceites lubricantes al granel, debido a que no se cuenta con este tipo de producción. Según el Banco Central del Ecuador, anualmente se importan al país, aproximadamente 63,497 ton/año de bases para la formulación de aceites lubricantes o 56.273.360 litros/año. (Lideres, 2016).

### 1.4.1. PRODUCTORAS DE ACEITE LUBRICANTE

En los primeros cuatro meses del 2016 se registró un aumento del 12% en la producción nacional de aceites lubricantes, en comparación al año 2015 según la Asociación de Productores Ecuatorianos de Lubricantes (APEL), se pasó de 4.41 a 4,49 millones de galones. (Lideres, 2016)

La asociación APEL cuenta con cinco productoras nacionales de lubricantes: Swissoil, Lubrival/Lubriansa, Inducepsa/Cepsa, PDVSA y Lubrisa. Estas plantas producen cerca de 24 millones de galones, al año. Allí se elaboran aceites lubricantes y grasas para el sector automotor e industrial. (Pesantes, 2016)

Este monto representa en el 2015, un 70% del producto ofertado a nivel nacional, que alcanza los 34 millones de galones. En este mismo año, la producción nacional de lubricantes alcanzó USD 126 millones en la balanza comercial. (Pesantes, 2016)

Además, este es uno de los golpes para la industria nacional, no solo busca proveer a nivel local sino aumentar la exportación. *“La industria exportó 14 millones en 2015. Lo que significa un 4% más que el año anterior”*. Para los asociados, el fortalecimiento de las exportaciones es un tema básico, porque ayuda a la industria ecuatoriana. (Pesantes, 2016)

La industria nacional de lubricantes al exportar y sobre todo de sustituir las importaciones que a la fecha genera un efecto de tres por uno (3x1) sobre los ingresos. Es decir, al importar un galón de lubricante se genera tres veces más gastos que el mismo galón producido por las industrias nacionales. (Pesantes, 2016)

## **1.5. APLICACIONES DEL ACEITE LUBRICANTE USADO**

En Cuenca se recolecta aproximadamente 40.000 galones de aceite lubricante usado al mes, los cuales se envían a la Fundación ECOTECNO adscrita a HOLCIM, en donde lo utilizan como combustible, aquí se realiza una incineración de los desechos peligrosos con el aval de una entidad ambiental. (ETAPA EP, 2016)

Este valor equivale a recolectar el 57 % del aceite. El otro 43% restante se lo utiliza en lo siguiente:

### **a) Como combustible**

Los aceites usados provenientes de motores también pueden ser utilizados como combustible para diferentes aplicaciones. En estos casos, el aceite usado se mezcla con aceite negro (aceite de alquitrán, aceite de carbonera), carbón de leña/ polvo de carbón mineral (hornos de cal) o pedazos de hule de llantas usadas.

El aceite usado de refinería se puede usar como combustible para la calefacción y generación de energía. (Baráibar, 2014)

**b) Fabricación de jabón**

El aceite refinado se puede procesar adicionalmente para obtener grasa. Para ello el aceite se mezcla con estearato de sodio o calcio en recipientes de agitación caliente.

El aceite usado se agrega al jabón terminado mientras que este está aún caliente y suave, en una proporción de 20% de jabón a 80% de aceite usado. (Baráibar, 2014)

**c) Incineración.**

Se usa cuando se comprueba que el aceite usado no se puede reutilizar, debido a la presencia de contaminantes nocivos, como los PCB's (bifenilo ploriclorado), que se destruyen satisfactoriamente mediante este proceso. (Baráibar, 2014)

**d) Tratamiento de la madera**

Se lo utiliza como sustancia fungicida para cubrir la madera, protegiéndola contra el ataque de insectos y microorganismos. (Baráibar, 2014)

**e) Comburente**

Utilizado sobretodo en motores de dos tiempos, y especialmente en motosierras. En este caso se producen emisiones al aire resultado de la combustión.

**f) Pulverización de piezas automotores**

Se mezcla con diésel, las emplean muchas estaciones de lavado de carros, para proteger las partes y piezas de los vehículos

**g) Fabricación de bloques de cemento**

Se utiliza para facilitar el desmolde de los bloques de cemento, actuando como antiadherente.

## **h) Impedir el crecimiento de maleza**

Atiende a un conocimiento totalmente empírico, así como ciertas creencias, que sostienen que al regar este desecho directamente en los terrenos, se impide el crecimiento de malezas.

Estas aplicaciones son inadecuadas, debido a que no existe un control apropiado de la utilización del aceite usado, por tal motivo se producen derrames en el suelo que contaminan gravemente la tierra eliminando el humus vegetal y dejándola infértil, al verterse en el agua acaba con los seres vivos que allí habitan, además al quemar el aceite usado se emite gases nocivos al aire.

## **1.6. MÉTODOS PARA LA REGENERACIÓN DE ACEITES USADOS.**

El adecuado manejo y tratamiento de los aceites lubricantes usados es de vital importancia. Existen varios procesos los cuales están encargados de la recuperación o regeneración de aceites lubricantes usados. A continuación, se describirá cada uno de los procesos más relevantes.

### **1.6.1. MÉTODO ACIDO-ARCILLA**

Este proceso se basa en la recuperación de aceite lubricante usado a partir de la aplicación de ácido sulfúrico y arcillas absorbentes.

El empleo de ácido permite que: los aditivos, suciedad, asfáltenos sean removidos; mientras que el uso de arcilla permite descartar el proceso de destilación.

El método consta de las siguientes fases:

**Fase de Evaporación:** Una vez recolectado el aceite usado, este entra en un proceso de evaporación de materiales livianos, tales como: agua e hidrocarburos.

La temperatura a la cual se calienta el aceite en proceso es 100°C, garantizando la evaporación del agua presente. (Díaz, 2010)

**Fase de Agitación:** La temperatura del aceite se incrementa hasta llegar a los 170°C, permitiendo la evaporación de compuestos orgánicos.

Luego se enfría hasta los 30 ó 40°C, para así adicionar un 10% de ácido sulfúrico con respecto de la cantidad de aceite, permitiendo la extracción de: asfáltenos, suciedad, aditivos, compuestos insaturados y otros materiales. (Díaz, 2010)

**Fase de Sedimentación:** Luego del proceso de mezcla de aceite-ácido se lleva hasta un decantador por aproximadamente un día, debido a que el empleo de ácido genera la formación de ácidos sulfúricos orgánicos. (Díaz, 2010)

**Fase de Estabilización del pH:** La mezcla restante se lleva de nuevo a un agitador, en donde se añade cal para que ésta reaccione con el ácido neutralizando la muestra a un pH de 7, por un tiempo de 2 – 4 horas.

**Fase de Filtrado:** Como paso final el aceite entra en la fase de filtrado en el que es tratado con arcillas absorbentes, estas pueden ser tierras fuller o diatomácea.

El inconveniente que presenta durante la filtración al emplear arcillas absorbentes es que se pierde el control en el rango de viscosidad del aceite. (Brinkman, 1987)

En la figura 1.1 se puede apreciar las fases de las cuales consta este proceso.

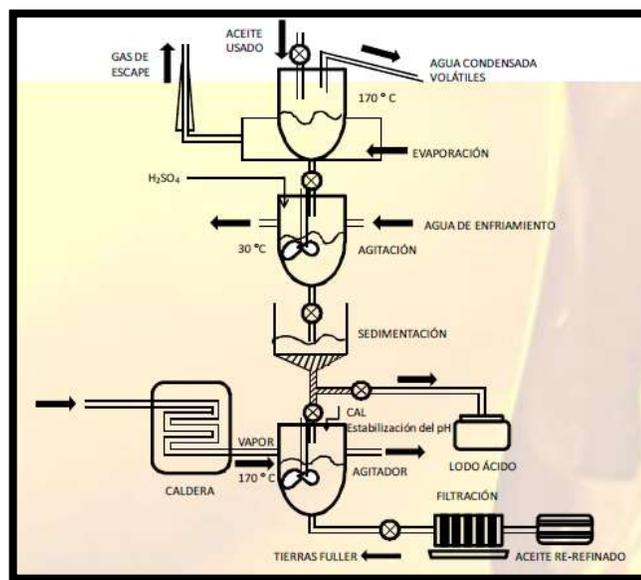


Figura 1.1. Diagrama de proceso Acido – Arcilla. Fuente: (Díaz, 2010)

Una vez concluida la filtración, se pesa la cantidad de aceite resultante. La calidad del aceite regenerado varia debido a la cantidad de aditivos empleados al aceite base, a pesar de cumplir los requisitos y características necesarias.

### **Desventajas**

En este proceso se obtiene aceite base a partir de aceites lubricantes usados, sin embargo, el inconveniente presente es la existencia de nuevos residuos de complicada gestión:

- Lodo ácido por el tratamiento con ácido sulfúrico
- Arcillas contaminadas con impurezas (Tierras fuller).
- La generación de emisiones atmosféricas por la presencia del ácido sulfúrico.
- Presenta problemas de separación si son aceites pesados.

### **1.6.2. MÉTODO DE RE-REFINADO DEL ACEITE.**

Debido a que el aceite usado es una mezcla de hidrocarburos y agentes contaminantes, se toma la iniciativa de volver a refinar y conseguir un aceite base con iguales características al original o de una calidad superior.

El aceite previo al tratamiento es sometido a controles de calidad, para verificar la composición y concentración de contaminantes, de acuerdo a los resultados se puede garantizar si el aceite es óptimo para el proceso de regeneración. (Díaz, 2010)

Para el desarrollo de este proceso se provee de 3 fases principales las cuales son:

**Recepción y pretratamiento previo del aceite:** Los aceites usados son recolectados y almacenados en depósitos, luego entran en un proceso de pretratamiento, eliminando la mayoría de los contaminantes, como: agua, lodos, partículas e hidrocarburos ligeros.

Los aceites dentro de los depósitos son enviados a tolvas en las cuales se acelera el proceso de decantación de agua elevando la temperatura aproximadamente a 50°C. Por un lapso de 48 horas. (Díaz, 2010)

**Destilación y separación de los productos:** Los residuos son separados del aceite mediante la destilación calentando el aceite, de esta manera se logra que cada producto se

separe mediante una evaporación controlada, los vapores son condensados fuera de las columnas de destilación obteniendo un aceite en estado líquido. (Díaz, 2010)

El aceite que no ha sido destilado se conecta a una bomba de vacío, disminuyendo la presión interna del circuito de 760 a 70 mm de Hg, destilando los aceites bases a menor temperatura que a presión atmosférica, el producto resultante contiene una pequeña cantidad de aditivos, que serán tratados y eliminados. (Díaz, 2010)

**Acabado:** El producto final es un aceite base libre de contaminantes, sin embargo, de coloración inadecuada, por lo es sometido a un posterior tratamiento con ácido sulfúrico, cal y arcillas, eliminando impurezas y aromas, obteniendo el color óptimo en el aceite.

Finalizado este proceso el producto resultante es enviado a una etapa de filtrado en donde se elimina la cal y las arcillas utilizadas en la fase anterior. (Díaz, 2010)

### **Desventajas**

Al igual que el resto de procesos el producto obtenido es un aceite base con características adecuadas para su empleo.

La aplicación de este método trae las siguientes consecuencias medioambientales como:

- Obtención de agua residual
- Sólidos gruesos
- Emisiones atmosféricas en el proceso de calentamiento del efluente para la eliminación de aceites livianos
- Restos de arcillas y filtros contaminados.

### **1.6.3. MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR DISOLVENTE Y DESTILACIÓN**

El proceso se basa en el precalentamiento del aceite con disolventes, seguido de una fase de deshidratación, destilación y acabado.

Este método reemplaza la técnica de regeneración de ácido-arcilla, produciendo un lodo orgánico útil en lugar de un lodo tóxico. (Menendez, 2004)

El sistema tiene la capacidad de separar la cantidad máxima de lodos del aceite usado y a la vez perder la mínima cantidad de base lubricante en los residuos. (Menendez, 2004).

En la figura 1.2, se indica el diagrama del proceso:

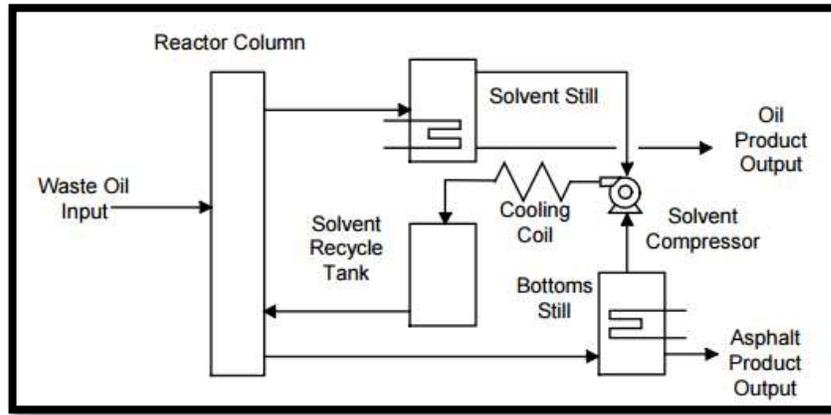


Figura 1.2. Diagrama del Proceso de Extracción por disolvente. Fuente: (ReTAP), 1995)

La mezcla ideal del disolvente y el aceite usado es de 2-2-1 de propanol, butanol y metiletilcetona respectivamente, los disolventes empleados pueden ser reciclados en un proceso posterior. (Menendez, 2004)

La destilación del aceite se realiza mediante el empleo de una bomba de vacío a bajas presiones tales como 5mm. Hg, de esta manera prevenir el craqueo.

El acabado se puede realizar mediante el empleo de arcillas absorbentes o a través de una fase de hidrotreamiento. (Menendez, 2004)

Para garantizar la calidad del producto, el aceite se filtra y se almacena mediante un proceso de flasheo en dos etapas. (Menendez, 2004)

### **Desventajas**

Los inconvenientes que genera una vez terminado el proceso son:

- No se eliminan los metales presentes en el aceite.
- El empleo de arcilla permite la presencia de PCB (Bifenilos Policlorados).

#### 1.6.4. MÉTODO POR HIDROTRATAMIENTO

Tiene como objetivo principal obtener aceites lubricantes de calidad en color, claridad y viscosidad optima, mediante una pre destilación y remoción de metales.

El proceso se desarrolla en dos reactores en donde, el primer reactor contiene una cama de protección y el segundo contiene un catalizador de hidrotratamiento, garantizando el control del nivel de los compuestos contaminantes como son: halogenuros, sulfuros, óxidos y compuestos nitrogenados. (Díaz, 2010)

El aceite ingresa a una fase de des-carbonización, dentro de un horno eléctrico a una temperatura de 425 °C, por un tiempo de 5 horas a través de un flujo de aire continuo. (Díaz, 2010)

Posterior a ello se realiza la fase de pre-sulfatación a una presión de 30 bares, a 180 °C y se hace pasar el flujo de H<sub>2</sub> a 12 l/h durante 4 horas, dentro del reactor. (Díaz, 2010)

En la figura 1.3 se observa el diagrama del proceso dentro de la planta:

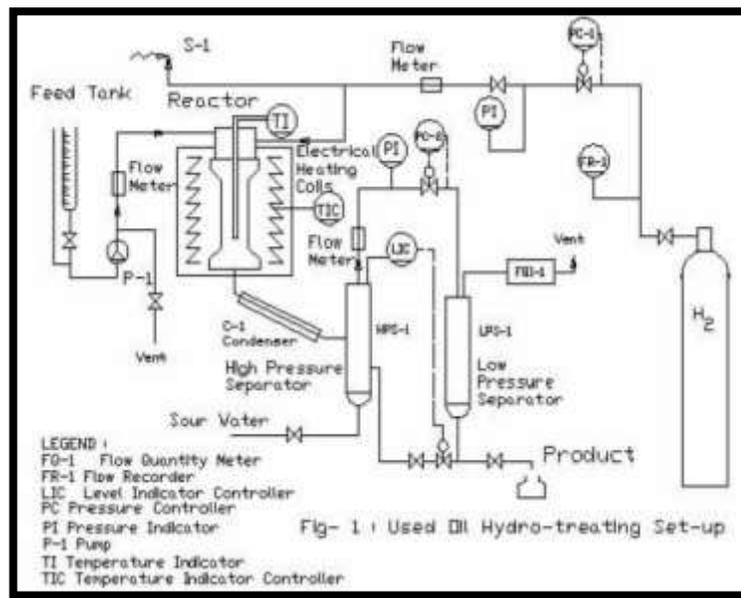


Figura 1.3. Diagrama del Proceso de Hidrotratamiento. Fuente: (Díaz, 2010)

El aceite lubricante es inyectado al reactor, mientras su temperatura incrementa gradualmente hasta los 260 °C, por 4 horas, posterior a esto se incrementa la temperatura a 310 °C, por un tiempo estimado de 5 horas. (Díaz, 2010)

Al permanecer por 12 horas a diferentes rangos de temperatura la fase de pre-sulfuración culmina.

La fase de sulfuración se lleva a cabo a través de la inyección del gas de hidrocrackeo, por un tiempo estimado de 12 horas a un flujo de 12ml/h y una temperatura de 340 °C.

La alta superficie de contacto con alúmina remueve eficientemente los contaminantes metálicos como: plomo y zinc. El fosforo permanece en el aceite usado durante la destilación. (Díaz, 2010)

A lo largo del proceso, el catalizador presenta inconvenientes debido a la presencia de residuos sólidos, provocando el taponamiento y corrosión, por lo cual, el catalizador es lavado con nafta eliminando los residuos presentes, posterior a esto se seca en un horno a una temperatura de 120 °C por 24 horas. (Díaz, 2010)

### **Desventajas**

Una vez regenerado el aceite lubricante, presenta las siguientes desventajas:

- No se elimina todos los metales presentes en los aceites usados.
- Los metales presentes producen la corrosión de los reactores.
- Producen emisiones atmosféricas a causa de la destilación del aceite lubricante.

### **1.6.5. MÉTODO POR EXTRACCIÓN CON PROPANO LÍQUIDO**

Es un tratamiento que se realiza a temperaturas moderadas, con productos químicos y catalizadores, realizado de forma continua, eliminando de una manera eficientemente los aditivos metálicos de los aceites en la etapa de extracción.

El aceite lubricante usado es almacenado y sometido a un análisis previo, para determinar si el aceite recolectado es apto para su regeneración, dependiendo básicamente del contenido en PCB, debido a que, si supera las 50 ppm., este es dirigido a su incineración en instalaciones autorizadas, caso contrario es sometido a un proceso de pretratamiento químico en el cual el aceite usado se encuentra en condiciones de ser extraído eficientemente por el propano. (Menendez, 2004)

La extracción con propano, al ser realizada a temperaturas próximas al ambiente, permite separar los aditivos, el agua y los asfaltos sin producir una descomposición térmica, impidiendo así los problemas de craqueo, olores y ensuciamientos en los equipos. (Menendez, 2004)

La fase de destilación garantiza la obtención de aceites lubricantes base, con características como: un color ideal, olor, acidez, estabilidad, etc., semejantes a los lubricantes obtenidos en el primer refino, sin la necesidad de una fase de filtrado con tierras o hidrotratamiento.

Al final del proceso se obtiene como productos: un 80% del aceite regenerado, componentes asfálticos que se comercializan (18%), y un 2% de combustibles ligeros que se utilizan como aporte energético en la propia planta. (Menendez, 2004)

El agua obtenida como producto de la destilación del aceite lubricante usado se separa y se envía a un gestor autorizado para su posterior tratamiento

## **1.7. FACTIBILIDAD DE PROYECTOS DE INVERSIÓN**

Una inversión es el empleo del capital en una actividad económica, proyecto o negocio, con el fin de recuperarlo e incrementarlo en el caso de obtener ganancias, dependiendo del tipo de actividad que se realiza.

### **Los determinantes de la inversión**

Contiene tres elementos esenciales para comprender una inversión:

- Los ingresos
- Los costos
- Las expectativas

## **1.8. COSTOS FIJOS DE PRODUCCIÓN**

El costo de producción es el valor que se obtiene en la producción de un producto o servicios. Incluye el precio de los materiales, mano de obra y los gastos indirectos de fabricación.

Para obtener el costo es necesario tener en cuenta lo siguiente:

## **Costos Directos (CD)**

Son aquellos que intervienen directamente en el proceso de producción, es decir: los materiales y la mano de obra directa, destinados a la elaboración de un producto, o los gastos de publicidad efectuados directamente para promocionar los productos. (Company, 2006)

## **Costos Indirectos (CI)**

Son aquellos costos cuya intervención no influyen directamente dentro del proceso de producción de un bien o servicio. Tales como:

- Materiales indirectos
- Mano de obra indirecta
- Calefacción, luz y energía para la fabrica
- Depreciación del edificio de la planta productora y el equipo de fabrica
- Mantenimiento del edificio y equipo de fabrica

### **1.8.1. Importación**

Importar es la acción del ingreso de productos, equipos, mercaderías extranjeras hacia el país, de acuerdo a las formalidades y obligaciones, en relación al régimen de importación declarado.

#### **1.8.1.1. Costo de importación y flete**

De acuerdo a lo establecido en la Aduana Ecuatoriana, para la determinación del costo de importación se toma en cuenta:

#### **CIF (Costo, seguro y flete).**

Para el cálculo del CIF, es necesario saber:

- El costo de los equipos (Precio FOB).
- Costo de flete se establece en relación a su peso en kilos, específicamente, \$1,50 dólares/kilo.
- Seguro del 2% de acuerdo al precio FOB y flete.

## **Cálculo del impuesto**

El valor del impuesto a pagar se lo realiza en base al CIF de cada equipo importado, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- AD-VALOREM. - Impuesto administrado por la Aduana del Ecuador (20% del CIF).
- FONDINFA. - Fondo de desarrollo para la infancia (0,5% del CIF).
- Salvaguardia. - Impuesto administrado por la Aduana del Ecuador (35% del CIF).
- I.V.A. – Administrado por el SRI (14% del total entre el CIF, ADV, FONDINFA, Salvaguardia). (Viteri, n.d.)

### **1.9. PUNTO DE EQUILIBRIO**

Es aquel punto de actividad en donde los ingresos totales son exactamente equivalentes a los costos totales asociados con la venta o creación de un producto. Es decir, es aquel punto de actividad en el que no existe ganancia, ni pérdida para la empresa. (López, s.f.)

Estudia la relación existente entre costos y gastos fijos, costos y gastos variables, volumen de ventas y utilidades operacionales.

Para su cálculo es necesario diferencia: costos fijos, costos variables y el precio de venta unitario.

#### **Costo Fijo**

Son aquellos costos que son fijos y recuperables durante el proceso de producción, sin embargo, no intervienen directamente en la misma.

#### **Costo variable.**

Son aquellos costos, que al igual que los costos fijos se encuentran incluidos en el producto final, pero que a diferencia de los fijos, la magnitud de los costos variables si depende directamente del volumen de producción. (López, s.f.)

#### **Costo Variable Unitario (C.V.U)**

Se obtiene al dividir los costos variables totales entre el número de unidades producidas.

### **Precio de venta (PV)**

Es el valor comercial unitario del producto final.

### **Cálculo del punto de equilibrio**

Se puede determinar de dos maneras:

#### **Punto de equilibrio en unidades monetarias (P.E.U.M)**

$$P.E.U.M = \frac{CFT}{1 - \frac{CVU}{PVU}} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

#### **Punto de equilibrio en unidades producidas (P.E.Q)**

$$P.E.Q = \frac{CF}{PV - CVU} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Indistintamente las dos formas de cálculo son útiles para determinar el punto de equilibrio, ya que permite conocer cuántas unidades se debe producir para generar una utilidad.

## 2. CAPÍTULO II

### SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DEL ACEITE LUBRICANTE USADO EN LA CIUDAD DE CUENCA

Los hidrocarburos, lubricantes y combustibles, son una de las fuentes que generan mayor contaminación, sin embargo, su aplicación forma parte fundamental en el desarrollo de la industria y movilización, por el momento es inevitable su uso. Debido a esto y junto a la falta de concientización del adecuado uso y disposición de ellos, se provocan daños irreversibles en el ambiente.

#### **2.1. PRODUCTORES DE ACEITE USADO**

En Cuenca, los locales que generan aceite lubricante usado están obligados a suscribirse a un acuerdo con la empresa ETAPA EP, denominado CARTA DE COMPROMISO, en donde se comprometen a entregar todo el aceite generado por las diversas actividades que realizan, además de almacenar el mismo en condiciones adecuadas, para obtener el permiso de funcionamiento. (ETAPA EP, 2016)

#### **2.2. USO DE ACEITES LUBRICANTES USADOS EN CUENCA**

Etapa recolecta el aceite y envía a la industria cementera nacional, con la finalidad de realizar la disposición final en el proceso de incineración, de manera adecuada ambientalmente.

El 57% del aceite lubricante usado en Cuenca es utilizado por aquellas empresas cementeras, aprovechando el poder calorífico del aceite en hornos de alto rendimiento. El otro 43% es utilizado sin control alguno en muchas aplicaciones que contaminan el medio ambiente, estas aplicaciones pueden ser:

- **Valoración energética**

El aceite lubricante, es usado como combustible en industrias que cumplan con especificaciones técnicas, en sus hornos industriales, calderas e incineradores.

Este método se emplea en diferentes industrias, donde no ha existido un control adecuado que evite el daño al medio ambiente, excepto las industrias cementeras, ya que presentan procedimientos adecuados para la incineración del aceite usado. (Cruz, 2009)

Las industrias que utilizan el lubricante usado como combustible son:

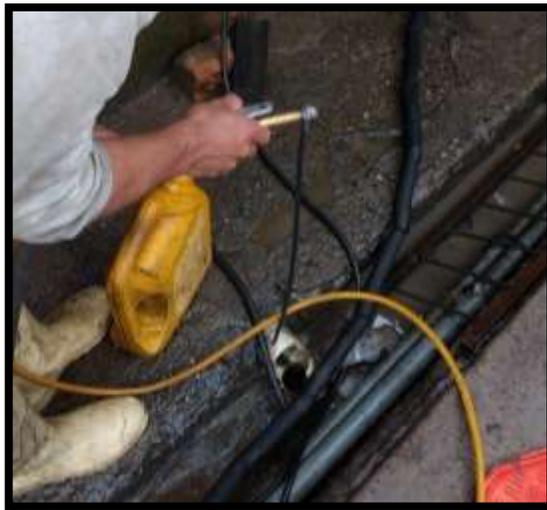
- Empresas que queman el aceite en hornos de alta temperatura para calcinación de la piedra caliza.
- Empresas de cemento que utiliza hornos clinker, con temperaturas de 2000 °C, para la elaboración de cemento.
- Empresas que utilizan el aceite lubricante usado para combustión en hornos, para fundición de vidrio en elaboración de envases.

- **Pulverización de partes de vehículos**

Las lavadoras y pulverizadoras utilizan una mezcla de aceite lubricante usado y diésel para proteger las partes y piezas de los vehículos.

Esta aplicación del aceite genera gran contaminación ya que se mezcla con el agua y se derrama en el suelo. (Baráibar, 2014).

En la figura 2.1, se puede observar el uso que se le da al aceite usado en las lavadoras de vehículos.



*Figura 2.1. Empleo de Aceite Lubricante Usado para la pulverización de piezas automotrices. Fuente: (Autores).*



*Figura 2.2. Contaminación del agua con aceite usado provocada por la pulverización. Fuente: (Autores).*

Se puede observar en la figura 2.2, la contaminación del agua en las fosas de una lavadora de vehículos con la presencia de aceite como resultado del lavado y pulverizado del automotor.

- **Tratamiento de la madera**

El aceite proporciona sustancias fungicidas que protege la madera contra el ataque de insectos y microorganismos.

Esta aplicación también afecta el medio ambiente, debido a que se quema el aceite lubricante que cubre la madera y esto genera contaminación del aire, además, al estar a la intemperie y en días lluviosos, el aceite presente se chorrea contaminando el agua. (Baráibar, 2014)

- **Fabricación de bloques de cemento**

Los fabricantes de bloques utilizan el aceite lubricante usado para facilitar el desmolde de los bloques de cemento, ya que actúa como antiadherente, como lo indica en la figura 2.3.



Figura 2.3. Moldes para la fabricación de bloques de cemento. Fuente: (Autores)

Además, se producen derrames en el suelo y todos los problemas que esto genera. (Baráibar, 2014)

Como se puede observar en la figura 2.4, en donde existe residuos de aceite usado sobre la maquina moldeadora de bloques.

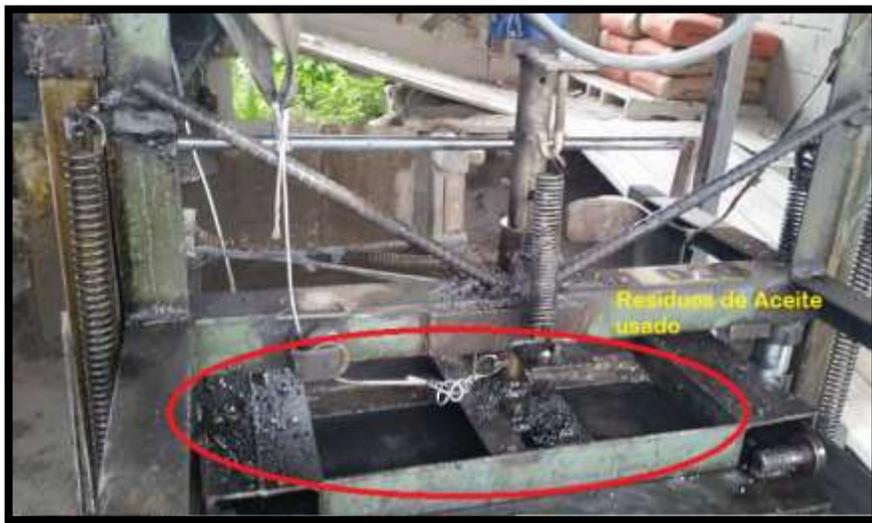


Figura 2.4. Residuos a causa del uso del aceite lubricante usado. Fuente: (Autores).

- **Comburente**

Muchas personas que utilizan motores de dos tiempos como motosierras, lo mezclan y lo usan como combustible, como se indica en la figura 2.5.



Figura 2.5. Aceite usado para el funcionamiento de la motosierra. Fuente: (Autores).

En la figura 2.6, se puede apreciar los envases en donde las personas guardan el aceite lubricante usado y el combustible.



Figura 2.6. Aceite lubricante usado y Combustible. Fuente: (Autores).

Esta aplicación contamina el aire, debido a los gases emitidos por este tipo de motores.

### **2.3. COMERCIALIZACIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE USADO**

El precio en que se comercializa el aceite lubricante usado es dado por el mercado, debido a escasas o abundancia del mismo; el precio en el país oscilaba entre 0,33 dólares/galón y 0,45 dólares/galón siendo viable la adquisición para las industrias cementeras, comparado con el precio del bunker e inclusive con el del diésel. (Cruz, 2009)

En la tabla 2.1, se indica los precios de los combustibles.

Tabla 2.1. Precios de los combustibles. Fuente CNP (Cámara nacional pesquera)

Combustible	Precio en terminal
Diésel 2 industrial	\$1,22
Fuel oil (bunker)	\$0,69
Diésel 2 pesquero	\$0,90

El aceite usado puede llegar a sustituir en un 70% al combustible convencional.

La empresa de cemento Holcim (Guayaquil) consume 98,2 galones/h, de aceite lubricante usado, esta empresa realiza una mezcla del aceite usado con bunker en una relación 7:3, formando un carburante con mejores propiedades que el combustible convencional y más económico. (Cruz, 2009)

#### **2.4. PROGRAMA DE RECOLECCIÓN DE ACEITES DE ETAPA EP CUENCA**

El programa de recolección de aceites lubricantes usados nace en el año de 1998, con el objetivo de disminuir la contaminación que generan estos desechos tóxicos en la Ciudad.

La empresa cuenta con un programa de recolección, el mismo que permite hacer el recorrido de lunes a viernes, por mecánicas, lubricadoras y lavadoras, almacenados en una base de datos para llevar su respectivo registro. Adicional a esto cuenta con la ayuda de un mapa que establece las rutas en la ciudad hacia la localización de los puntos de recolección. (Crespo, 2012)

En la actualidad, la ciudad de Cuenca cuenta con alrededor de 1050 establecimientos generadores de aceite usado, lo cual permite actualizar el sistema de recorrido de los tanqueros para la recolección del aceite (ETAPA EP, 2016)

La empresa cuenta con dos vehículos recolectores, los cuales tienen capacidad de almacenar 1200 y 1500 galones respectivamente, además, están equipados con bombas neumáticas autoabastecidas.

Los vehículos de recolección cumplen con las disposiciones establecidas en el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, para los automotores empleados en el

transporte de productos tóxicos y peligrosos, así como también con la norma Técnica Ecuatoriana (NTE-INEN 2266:2013), sobre transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. (ETAPA EP, 2016)

Los recolectores realizan su recorrido diario desde las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), hasta los locales de acuerdo a rutas diarias definidas o al requerimiento del establecimiento generador de aceite usado, finalizando el ciclo de transporte del desecho peligroso hacia el tanque de almacenamiento. (ETAPA EP, 2016)

## **2.5. TRATAMIENTO DE DESECHOS PELIGROSOS**

### **2.5.1. Fase de Almacenamiento**

El centro de acopio está ubicado en las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Autopista Cuenca – Azogues. En donde se dispone de una plataforma de maniobra, un tanque receptor primario y un tanque de almacenamiento con capacidad para 260.000 galones. (Crespo, 2012)

Se da un tratamiento de tamización y pre-sedimentación al aceite lubricante usado, que ingresa a una estructura de hormigón armado, dividido en dos cámaras. (Crespo, 2012)

1. En la primera se encuentra un tamiz metálico, en el que se eliminan arenas, piedras, guaipe y piezas de vehículos.
2. La segunda se separa de la primera cámara por una pared, en donde el aceite se vierte para iniciar con la sedimentación del material que atravesó el tamiz, eliminando objetos flotantes y agua.
3. El tanque de almacenamiento contiene siete cámaras con separadores verticales a distinto nivel, mejorando la circulación del aceite. En el interior se evapora la gasolina y el diésel mezclado en lubricadoras y mecánicas (Crespo, 2012)

### **2.5.2. Fase de transporte interprovincial**

Para el transporte del aceite usado se mantiene un convenio interinstitucional entre ETAPA EP., y la Fundación ECOTECNO adscrita a la empresa Holcim-Ecuador.

La Fundación ECOTECNO es una organización que brinda a la ciudadanía un servicio al cuidado del Medio Ambiente de forma profesional y especializada por medio del co-procesamiento, y eliminación de desperdicios, respetando las normativas nacionales. (ETAPA EP, 2016)

### **2.5.3. Fase de destino final**

El objeto del convenio citado en el punto anterior es que: ECOTECNO realice la disposición final de los aceites minerales usados, de manera ambientalmente correcta. (ETAPA EP, 2016)

El proceso que se lleva en la industria cementera posee características especiales, evitando la contaminación por emisiones gaseosas de chimenea, mientras los metales pesados son absorbidos en el proceso (en el klinker) pasando a formar parte en el producto final, garantizando una destrucción ambientalmente segura del aceite usado. (ETAPA EP, 2016).

## **2.6. REQUERIMIENTOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS GENERADORES**

### **2.6.1. Instalación de separador de aceite**

Los establecimientos generadores de aceite lubricante usado, están obligados a implementar un separador de aceites, que será aprobado por ETAPA EP, a través de la Subgerencia de Operación y Mantenimiento. (ETAPA EP, 2016)

Los establecimientos tienen el deber de operar y mantener en buen estado los separadores de aceites, el mismo que será comprobado por el personal de recolección.

### **2.6.2. Instalación de un sedimentador**

En el caso de lavadoras de vehículos y talleres que, en su actividad utilicen agua, además de los dispositivos de separación y almacenamiento de aceite usado, deben implementar un mecanismo que impida que residuos como: lodos, arenas, trapos, guaiques, etc., se mezclen con los aceites o ingresen al sistema de alcantarillado. (ETAPA EP, 2016)

## **2.7. APRECIACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR DE CUENCA.**

Según la EMOV (Empresa Municipal de Movilidad), con datos de la revisión técnica vehicular, para el año 2015 existen 89.864 vehículos en el cantón Cuenca, divididos de la siguiente manera, como se indica en la tabla 2.2.

*Tabla 2.2. Parque automotor de la Ciudad de Cuenca*

Parque automotor de Cuenca	
Automotores	Cantidad
Particulares	85211
Taxis	3615
Buses	475
Unidades publicas	563
Total - Vehículos	89864

Es decir, la Ciudad cuenta con un total de 89864 unidades, sin embargo, a este valor de deben considerar los vehículos que, aunque radicados en la ciudad no se matriculan en la misma para evitar procesos de revisión vehicular.

## **2.8. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE ACEITE LUBRICANTE USADO PRODUCIDO EN CUENCA**

Los vehículos de bajo cilindraje ocupan un mayor porcentaje del parque automotor, estos tienen una capacidad de aceite lubricante en el cárter de entre 1 a 1,5 galones, los buses o vehículos de carga pesada que son en menor cantidad, tienen una capacidad entre 4 a 6 galones.

Con estos datos se puede calcular la cantidad de aceite lubricante usado producido en Cuenca.

### **2.8.1. Demanda de aceite**

De acuerdo a los datos brindados por la Empresa (ETAPA EP, 2016), se recolecta mensualmente alrededor de 38.000 galones de aceites usados en 1050 puntos de recolección. Este valor equivale a recolectar el 57 % del aceite que se genera en el cantón de Cuenca.

Además, la entrega del aceite usado, para la fase de co-procesamiento, se lo realiza de manera quincenal (5000 Gal.), por lo que la capacidad del tanque de almacenamiento es significativa e inclusive para ampliar el servicio de recolección fuera del cantón Cuenca. (ETAPA EP, 2016)

En base los datos obtenidos por la EMOV, la cantidad de vehículos existentes en la ciudad se los clasifica en automotores, particulares, taxis, buses y unidades públicas, se puede determinar la capacidad de aceite que requiere cada vehículo, con un periodo de cambio de aceite habitual de 4000 Km., y de acuerdo al número de kilómetros urbanos recorridos diarios, según el estudio realizado por (Sarango & Moncayo, 2016), se obtiene la cantidad de aceite lubricante usado generado diariamente.

A continuación, se presenta la tabla 2.3, con los parámetros para la obtención del cálculo de la cantidad diaria de aceite usado:

*Tabla 2.3. Demanda de Aceite usado mediante calculo*

<b>Demanda diaria de aceite calculada</b>				
	Particulares	Taxis	Buses	Unidades Públicas
Vehículos	85211	3615	475	563
Km. Urbanos recorridos/día	37	200	175	114
Km. de Utilidad media de Lubricante	4000	4000	4000	4000
Periodo de Cambio (Días)	108,11	20	22,86	35,09
Capacidad de Carter (Galones)	1,25	1,25	4	1,25
Lubricante Usado/Día	0,012	0,063	0,18	0,036
Cantidad de Lubricante Usado Galones/Día	985,26	225,94	83,13	20,05
<b>TOTAL DE ACEITE USADO GALONES/DIA</b>	<b>1314,37</b>			

Es importante indicar que del valor de aceite usado obtenido se podrá dimensionar y adquirir los equipos necesarios para la implementación y funcionamiento de la planta de regeneración.

### 3. CAPITULO III METODOLOGÍA

Para el análisis y selección del proceso, se sigue una serie de pasos, los cuales permitirán determinar un adecuado sistema de regeneración de aceites considerando que sea: amigable con el ambiente y adaptable de acuerdo a la cantidad de aceite lubricante automotriz usado generado, como se indica en la figura 3.1.

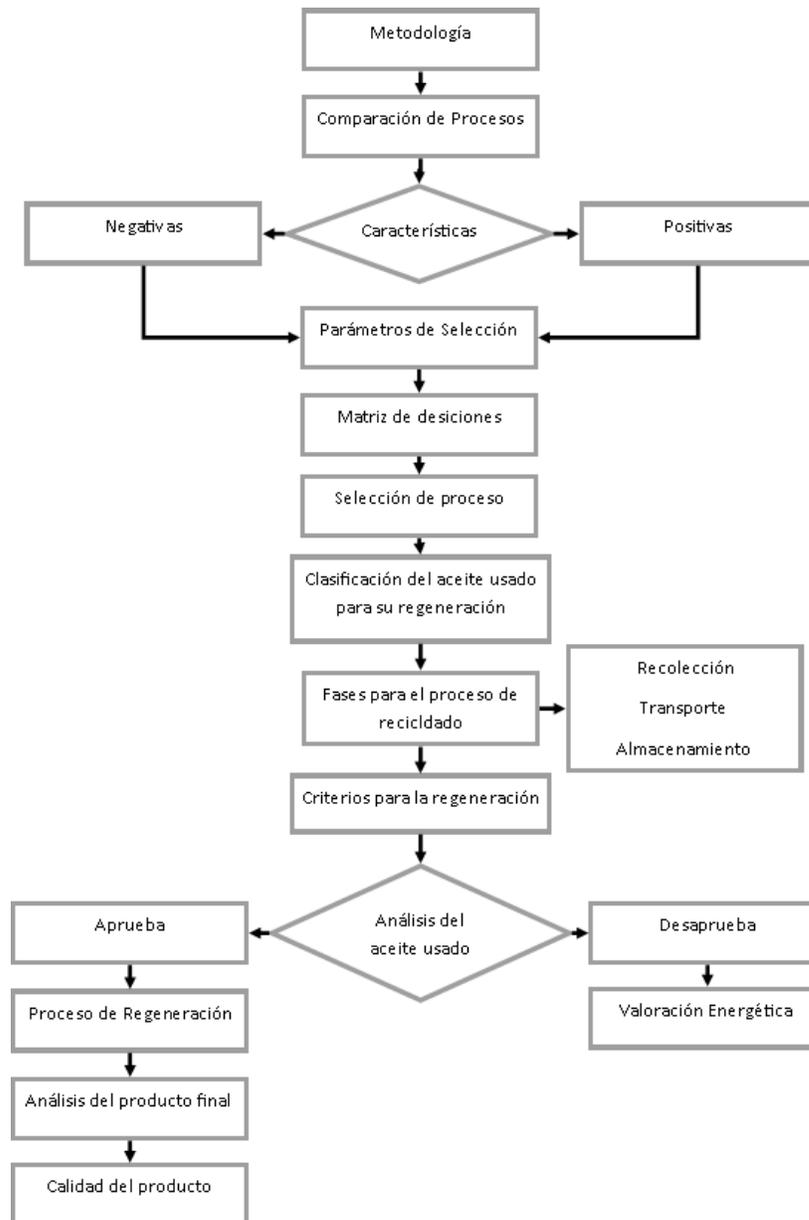


Figura 3.1. Metodología del proyecto

### 3.1. COMPARACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE REGENERACIÓN

Luego de conocer los procesos más significativos dentro de la regeneración de aceites usados, a continuación, en la tabla 3.1, se analizará cada uno de ellos.

Tabla 3.1. Comparación de los Procesos de regeneración de aceites. Fuente: (Autores)

Proceso	Ventajas	Desventajas
<p><b>1. Acido – Arcilla</b></p> <p>Recuperación de aceite lubricante a partir de la aplicación de ácido sulfúrico y arcillas absorbentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La arcilla elimina la etapa de destilación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de control en el rango de viscosidad.</li> <li>- Aparición de lodo ácido por el tratamiento con ácido sulfúrico.</li> <li>- Arcillas contaminadas con impurezas (Tierras fuller).</li> <li>- Generación de emisiones atmosféricas por la presencia de ácido sulfúrico.</li> <li>- Problemas de separación si son aceites pesados.</li> </ul>
<p><b>2. Re-refinado de aceite</b></p> <p>Consiste en desarrollar el mismo proceso de refinado de aceite, consta de 4 fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pretratamiento</li> <li>• Limpieza</li> <li>• Fraccionamiento</li> <li>• Acabado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posee características de los aceites originales usados en la formulación de lubricantes.</li> <li>- El resultado es de un 70 a 80% del aceite básico original.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención de agua residual.</li> <li>- Sólidos gruesos.</li> <li>- Emisiones atmosféricas en el proceso de eliminación de aceites livianos.</li> <li>- Restos de arcillas y filtros contaminados.</li> </ul>
<p><b>3. Extracción por disolvente y destilación</b></p> <p>Se basa en el precalentamiento con disolventes en conjugación con deshidratación, destilación y un proceso de acabado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reemplaza el proceso de ácido-arcilla produciendo un lodo orgánico útil.</li> <li>- Producción de aceites lubricantes de calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se eliminan los metales presentes en el aceite.</li> <li>- El empleo del tratamiento por arcilla permite la presencia de PCB (Bifenilos Policlorados).</li> </ul>
<p><b>4. Hidrotratamiento</b></p> <p>Consiste en una predestilación y remoción de metales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto resultante, aceite de calidad en color, claridad y viscosidad.</li> <li>- Se obtiene subproductos como:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No elimina algunos metales presentes en los aceites usados.</li> <li>- Los metales presentes producen la corrosión de los reactores.</li> </ul>

El aceite se pone en contacto con un gas rico en hidrógeno en presencia de un catalizador a altas temperaturas y presiones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HC ligeros.</li> <li>• Gasóleo.</li> <li>• Residuo de la destilación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisiones atmosféricas generadas por la destilación.</li> <li>- Elevado costo de inversión.</li> </ul>
<p><b>5. Extracción por propano.</b></p> <p>Consiste en la recuperación de aceite base a partir de aceite lubricante usado, mediante el empleo de extracción por propano líquido y un proceso de destilación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logra bases regeneradas de alta calidad similar a la del primer refino.</li> <li>- No requiere de hidrotratamiento.</li> <li>- Solución viable para la implementación de plantas de baja capacidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de manejo para aguas residuales resultantes de la destilación.</li> </ul>

Luego del análisis realizado a cada uno de los procesos más utilizados en el mundo, se puede observar que cada uno de ellos genera bases lubricantes, iguales o similares a las de su primer refino, indistintamente de los equipos o materiales empleados para dicho resultado.

Las diferencias existentes en cada proceso son los efectos y residuos negativos que se da al final del tratamiento de regeneración, ya que se logra mitigar un 70 a 80% de contaminantes a causa del aceite usado, sin embargo, del 20 a 30% restante se convierte en contaminantes del suelo, agua y aire, por el indistinto uso de tierras o ácidos.

Otro factor que influye dentro de la implementación y manejo de una planta de regeneración de aceite es el costo de los equipos y su instalación, dicho valor debe ser recuperable durante el funcionamiento de la planta.

### 3.2. MATRIZ DE DECISIONES

Para el desarrollo de la matriz hay que tener en cuenta las características en común de cada proceso de regeneración y calificarlas de acuerdo a su relevancia.

### 3.2.1. Características para el análisis del proceso a seleccionar

La siguiente matriz permitirá la selección del proceso más adecuado y significativo, de acuerdo a las características que posee cada tratamiento de regeneración, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- La calidad del producto final obtenido
- El impacto ambiental que provoca
- La obtención de residuos
- El factor económico

### 3.2.2. Valoración

Las condiciones de valoración para los aspectos característicos de cada método de regeneración son:

- 5 - Excelente
- 4 – Muy Bueno
- 3 - Bueno
- 2 - Regular
- 1 - Malo
- 0 – No recomendado

En la tabla 3.2, se indica el método de regeneración seleccionado a partir de la matriz de decisiones.

Tabla 3.2. Matriz de decisiones. Fuente: (Autores).

#	Método	Aspectos de análisis				Total
		Calidad del producto	Factor económico	Impacto ambiental	Residuos	
1	Acido - Arcilla	3	3	2	2	10
2	Re-refinada de aceite	4	3	3	3	13
3	Extracción por disolvente	3	4	3	3	13
4	Hidrotratamiento	4	2	3	3	12
5	Extracción por propano liquido	5	5	4	4	18

### **3.3. SELECCIÓN DEL PROCESO A EMPLEARSE**

Una vez analizados los parámetros relevantes de los métodos de regeneración como son: características, propiedades y ventajas que cada sistema, se selecciona el proceso de “Regeneración de aceite por extracción de propano”.

Se opta por este proceso, debido a que puede ser aplicado en plantas de baja demanda de aceite, además, de carecer de una fase de destilación, evitando el uso de arcilla caso contrario se necesitaría una gran cantidad de la misma, o un proceso de hidrotatamiento, ya que el costo de hidrógeno para la fase de destilación es alto.

Una vez que el aceite entra en interacción con el propano, este es sometido a su recuperación, en el que es licuado y recuperado, de esta manera se evita la emisión de gases contaminantes.

Todos los tanques, recipientes, columnas y equipos están totalmente cerrados a la atmósfera, evitando olores. El agua resultante de los procesos es recolectada y enviada a un centro de tratamiento.

### **3.4. CLASIFICACIÓN DEL ACEITE USADO PARA SU PROCESAMIENTO**

De acuerdo a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000. “Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos”, permite conocer los requisitos y precauciones que se deben tener en cuenta al momento de transportar, almacenar y eliminar productos químicos peligrosos.

Una vez recolectado los aceites usados de sus fuentes de origen, es necesario realizar un estudio previo y separar por sus propiedades presentes, analizando los siguientes puntos:

- Composición del lubricante según: uso y tipo
- Clasificación para el reciclado:

#### **3.4.1. Fases para el proceso de reciclado**

##### **Recolección**

Dos tanqueros equipados con bombas neumáticas, recorren todos los días la ciudad recolectando el aceite usado de mecánicas, lubricadoras y vulcanizadoras. El primer

tanquero recorre el norte de la ciudad que se encuentra dividido en 5 subzonas, el segundo realiza la misma actividad en la zona sur. (ETAPA EP, 2016)

La cantidad de aceite recolectado por día por el personal es de aproximadamente 1500 galones, es decir, al mes contamos con un total de 38.000 galones recolectados, que son transportados a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Ucubamba para su procedimiento. (ETAPA EP, 2016)

En total son 1.050 los establecimientos, entre mecánicas y lubricadoras, que entregan el aceite generado por sus diversas actividades y el adecuado almacenamiento del mismo. (ETAPA EP, 2016)

En la figura 3.2, se puede observar uno de los camiones recolectores.



Figura 3.2. Camión cisterna para recolección de aceites. Fuente. (ETAPA EP, 2016)

#### - **Rutas de Recolección**

Se ha establecido un protocolo de recaudación para los dos vehículos recolectores, de acuerdo a los siguientes parámetros, como se puede observar en la figura 3.3:

- El volumen de aceite usado que entrega cada establecimiento es registrado en la base de datos.
- Se establece una frecuencia de recorrido de recolección, de acuerdo al volumen de aceite generado en los establecimientos.
- En base a la frecuencia de recorrido, se crea la ruta que el tanquero recolector debe cubrir diaria, semanal y mensualmente. (ETAPA EP, 2016)



Sus rutas de recolección se indican a continuación, en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Recorrido móvil 904. (ETAPA EP, 2016)

<b>MOVIL 904 ZONA</b>	<b>PARROQUIA</b>
Zona 2 1	Nulti, Paccha, El valle, Monay
Zona 2 2	Cañaribamba y Huayna Capac
Zona 2 3	Sucre, Turi
Zona 2 4	Yanuncay
Zona 2 5	Yanuncay, Baños

- **Fase de Transporte del aceite usado recolectado**

Esta fase inicia una vez que los tanqueros hayan recolectado y almacenado el 85% de su capacidad.

Los tanqueros para realizar el transporte local deben cumplir con:

- Normas de tránsito, seguridad vial y prevención de accidentes
- Realizar el cuidado, mantenimiento, limpieza del vehículo y del sistema de bombeo.
- Cumplir con las normas de seguridad en las zonas de trabajo.

El transporte de aceite usado está a cargo de un chofer, operador y un ayudante, quienes han sido capacitados sobre normas de seguridad para el manejo de residuos peligrosos, permitiendo actuar en el caso de que se produzca una emergencia durante el transporte de este residuo peligroso. (ETAPA EP, 2016)

- **Almacenamiento:**

Luego de la recolección de los aceites, estos son transportados a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Ucubamba para su debido procedimiento y almacenamiento.

Este lugar dispone de dos tanques de almacenamiento para el aceite usado, el principal con una capacidad de 1000 m<sup>3</sup>, (Figura 3.4) y el auxiliar de 35 m<sup>3</sup>, (Figura 3.5). (ETAPA EP, 2016)



Figura 3.4. Tanque principal de almacenamiento. Fuente. (ETAPA EP, 2016)



Figura 3.5. Tanque auxiliar de almacenamiento. Fuente. (ETAPA EP, 2016)

- **Clasificación:**

Se realiza un análisis previo al tratamiento, para poder determinar sus características y propiedades, de esta manera poderlas clasificar para un correcto manejo.

Se procede a clasificar los aceites de acuerdo a sus propiedades y su futuro uso los cuales pueden ser:

- Regenerable: Utilizable como aceite base
- Combustión: Apto como combustible alternativo
- Destrucción: Destinado a incineración (Allevato, 2001)

Hay que tener en cuenta estas consideraciones una vez que se realiza la planificación de recolección en los diferentes puntos de abastecimiento, ya que una adecuada clasificación del aceite garantizará un correcto tratamiento, debido a que se conoce las características necesarias del aceite a tratar.

### **3.5. CRITERIO PARA LA REGENERACIÓN**

Luego de haber depositado el aceite en los tanques de almacenamiento, se realiza un pre-tratamiento en donde se retira los contaminantes tales como agua, lodos y otras impurezas.

#### **3.5.1. ANÁLISIS DE ACEITES USADOS PREVIO A LA REGENERACIÓN**

Una vez recolectado el aceite, es necesario realizar pruebas del estado y composición del mismo, de esta manera poder determinar si el aceite cumple con los requisitos necesarios para su recuperación, los análisis se desarrollarán en el laboratorio implementado en la planta de regeneración.

De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos – EPA, los parámetros necesarios que debe de cumplir un aceite lubricante usado para su regeneración se indica en la tabla 3.5:

Tabla 3.5. Niveles de Contaminantes Permisibles en Aceites Lubricantes Usados. Fuente: U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency.

<b>Sustancia</b>	<b>Concentración máxima permisible (mg/Kg – ppm)</b>
Bifenilos policlorinados (PCB's)	50
Halógenos orgánicos totales	1000
Arsénico	5
Cadmio	2
Cromo	10
Plomo	100
Azufre	1.7% en peso

Se toma una muestra de aceite usado del tanque de almacenamiento para analizarlas en el laboratorio. La toma de muestras, preparación, análisis de laboratorio, reporte y registro de resultados se realizan cumpliendo los parámetros establecidos por las normas y métodos ASTM, los mismos que se observan en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Métodos ASTM para determinación de Contaminantes en Aceites Lubricantes Usados.

<b>ASTM</b>	<b>IP</b>	<b>TITULO</b>
D 129	61	Sulphur in petroleum products (general bomb method)
D 808		Chlorine in new and used petroleum products (Bomb method)
D 811		Chemical analysis for metals in new and used lubricating oils
D 1317	118	Chlorine in new and used lubricants
EPA	SW846	PCB's (SCREENING)

A continuación, se explica el procedimiento de cada prueba:

### **3.5.1.1. Determinación de la cantidad de Azufre en productos petrolíferos (Método general de la bomba) según la norma ASTM D 129**

Según la norma ASTM D129, *“Esta prueba sirve para determinar la cantidad de azufre en el aceite lubricante usado, además concentraciones de aditivos y grasas.”*

En donde la muestra se oxida por combustión en una bomba que contiene oxígeno bajo presión.

El azufre presente se determina gravimétricamente como sulfato de bario.

#### **Instrumentos**

- Bomba
- Crisol de platino
- Alambre de platino
- Circuito de encendido
- Algodón o nylon
- Agua pura
- Solución de cloruro de bario (85g/litro)
- Agua saturada de bromo
- Ácido clorhídrico
- Oxígeno
- Solución de carbonato sódico (50 g/litro)

### **3.5.1.2. Determinación Cloro en productos de petróleo nuevos y usados (Método de la bomba), según la norma ASTM D 808**

Según la norma ASTM D 808, *“El análisis cantidad de cloro presente en los productos petrolíferos puede utilizarse para predecir las características de rendimiento o de manipulación del producto.”*

La muestra se oxida por combustión en una bomba que contiene oxígeno a presión. Los compuestos de cloro así liberados se absorben en una solución de carbonato de sodio y la

cantidad de cloro presente se determina gravimétricamente por precipitación como cloruro de plata.

Al finalizar la prueba, los resultados deben cumplir con los siguientes parámetros expuestos en la tabla 3.7.

*Tabla 3.7. Precisión de la prueba ASTM D 808*

<b>Cloro, porcentaje en peso</b>	<b>Repetitividad</b>	<b>Reproducibilidad</b>
0.1 a 1.9	0.007	0.10
2.0 a 5.0	0.15	0.30
>5.0	3%	5%

### **Instrumentos**

- Bomba
- Oxígeno
- Carbono de sodio
- Tuvo de precipitación

### **3.5.1.3. Análisis químico para metales en lubricantes nuevos y aceites usados, según la norma ASTM 811**

Este método especifica el procedimiento para separar: Bario (Ba), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Zinc (Zn), Estaño (Sn), Silicio (Si) y Aluminio (Al) en aceites tanto frescos como usados en presencia de azufre (S), Fosforo (P) y Cloro (Cl).

La ceniza de sulfato se disuelve en Ácido Clorhídrico (HCl) y los metales individuales determinados por el método húmedo.

#### **3.5.1.4. Análisis de la cantidad de Cloro en lubricantes nuevos y usados, según la norma ASTM 1317**

Según la norma ASTM 1317, Este método permite la determinación del contenido de cloro a niveles de 0,1% en masa y superiores, en aceites lubricantes y grasas con las que se han mezclado aditivos clorados.

Se puede aplicar a aceites y grasas nuevas o usadas y al concentrado de aditivos.

En el procedimiento no estarán presentes compuestos que contienen halógenos distintos del cloro.

La muestra se hierve bajo reflujo en butanol en presencia de sodio metálico. La forma de cloruro de sodio se denomina con nitrato de plata. El rango de aplicación es también superior al 0,1%.

#### **3.5.1.5. Análisis de PCB's (Método de Cribado), según la norma EPA SW846**

Los bifenilos policlorados (PCBs) también conocidos como “askareles o BPCs” son compuestos químicos formados por cloro, carbono e hidrógeno. (Allevato, 2001).

Éstas características los califican para la elaboración de una amplia variedad de productos industriales y de consumo. Sin embargo, son estas mismas cualidades, las que hacen al PCB peligroso para el ambiente, especialmente su resistencia extrema a la ruptura química y biológica, a través de procesos naturales. (Allevato, 2001).

Los procedimientos de cribado pueden reducir significativamente el número de muestras que requieren pruebas de laboratorio.

Los cloros se eliminan de la molécula de PCB usando un reactivo órgano-sodio. Los iones de cloruro resultantes se miden usando un indicador colorimétrico.

El agua presente en la muestra en más del 2% puede causar una lectura baja. El agua presente en este nivel alto resulta en un cambio en la reacción de sodio.

Los altos niveles de azufre (4%) podrían establecer en una falsa lectura positiva.

La muestra olerá fuertemente de azufre después de la reacción de sodio.

La cantidad de PCBs y no deben exceder los 50 ppm

### **Instrumentos**

Kit de ensayo colorimétrico: Clor-N-Oil® (Dexsil Corporation, Unidad de Hamden Park Drive, Hamden, CT), establecido por el método 9079.

### **3.6. PROCEDIMIENTO DENTRO DE LA PLANTA**

Durante el funcionamiento del vehículo el aceite lubricante es contaminado por agua, aditivos, metales, asfaltos, los cuales son necesarios separar cada uno de ellos para poder obtener un aceite base con buenas prestaciones.

El aceite usado recolectado es depositado en el tanque de hormigón armado con una velocidad de 20gpm (75,70 lpm), en donde se encuentra ubicado un tamiz metálico, que está encargado de eliminar arenas, piedras, guaipes y piezas de vehículos.

Luego el aceite entra a una segunda cámara, en la cual se eliminan objetos flotantes y agua, por aproximadamente 2 horas, para que pase solamente aceite al tanque de almacenamiento de la instalación, con una velocidad de 25gpm (94,64 lpm).

Se toma una muestra del aceite presente en el tanque de almacenamiento, el mismo que es previamente llevado hacia el laboratorio para realizar los análisis respectivos como:

- Determinación de la cantidad de Azufre
- Determinación de la cantidad de cloro
- Determinación de cantidad de partículas metálicas
- Determinación de cantidad de PCB's

El proceso de extracción con propano debe ser capaz de tratar aceites con un contenido de agua significativo (al menos 10% en volumen).

Una vez obtenido los resultados de los análisis se calificará al aceite si es apto para la regeneración, caso contrario se destinará a su almacenamiento y posterior traslado a la Fundación ECOTECNO para su destrucción térmica.

El aceite que es idóneo para la regeneración será calentado en el interior del tanque a aproximadamente a una temperatura de 173°F (78°C), a través de una bobina calentada por vapor, como se puede observar en la figura 3.6.



Figura 3.6. Tanque que alimentación provisto de bobina calefactora.

El aceite es bombeado a través de la bomba de alimentación (Marca: Credo, Modelo: KDY), en el mezclador en línea (Marca: Bailishi, Modelo: BRL3), en donde se mezcla con 10 gpm (37,85 lpm) de propano, figura 3.7.

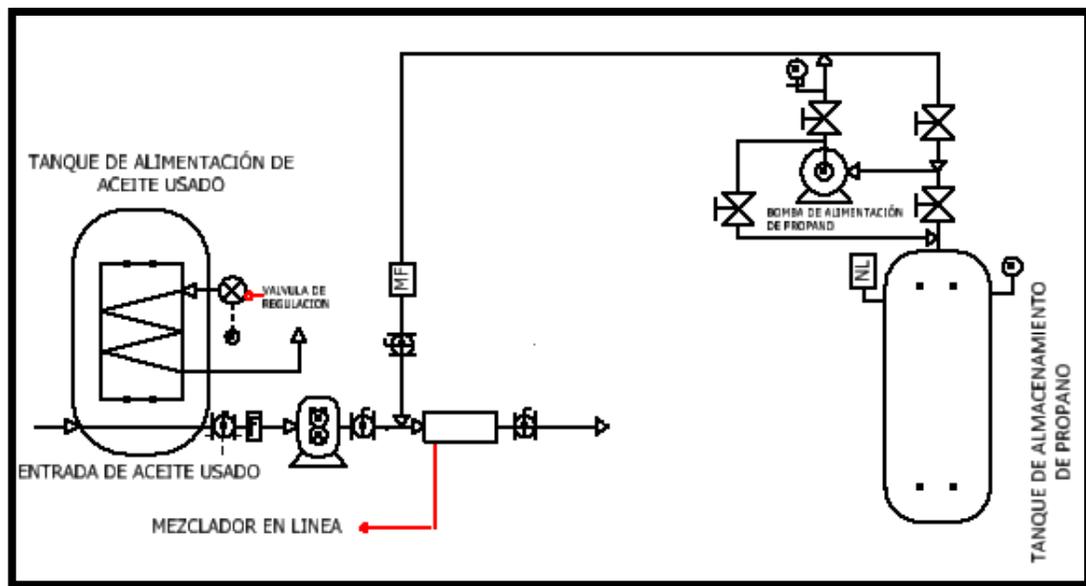


Figura 3.7. Diagrama de aceite/propano en el mezclador en línea

Se añade el propano de su tanque de almacenamiento (Marca: Wanda, Modelo: ZG – 1200L), a través de la bomba de alimentación (Marca: SBMC, Modelo: IMD). La

proporción adecuada entre el aceite y el propano es de 3:1, mezcla que es controlada mediante medidores de flujo tanto en el aceite como en las líneas de propano.

La mezcla aceite/propano se introduce en la Columna Reactor (Marca: Taishan), a través de un colector de distribución en un punto cerca del punto medio de la columna. El propano se añade en un punto inferior de la Columna Reactor a una tasa de 10 gpm (37,85 lpm), como se observa en la figura 3.8.

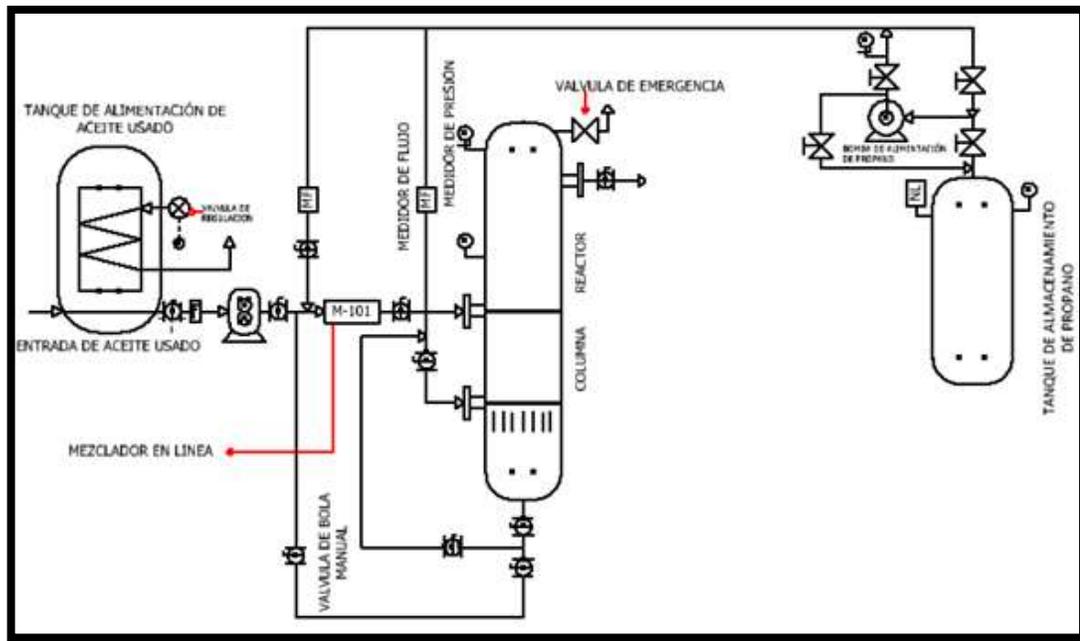


Figura 3.8. Diagrama de ingreso aceite/propano en la Columna Reactor

Dentro de la Columna Reactor; el propano actúa sobre el aceite usado, para solubilizar una fracción de aceite y permite que los contaminantes menos solubles se asienten. El propano también reduce la viscosidad permitiendo el asentamiento de partículas dentro del reactor, de manera más rápida.

Las altas temperaturas de funcionamiento facilitan la capacidad de la columna reactor para separar las impurezas del aceite.

Aunque una parte de la mezcla aceite/propano se queda en el fondo de los compuestos asfálticos, hay un flujo ascendente de la mezcla en la parte superior de la columna. El aceite y el propano líquido salen de la columna y se expanden a través de la válvula de reducción de presión (Marca: Bell, Modelo: ZAZP), mientras ingresa en la columna de

destilación rápida (Marca: Tongrui, Modelo: DIR), ver figura 3.9, dentro de esta columna se mantiene la presión cerca de la atmosférica y se eleva la temperatura.

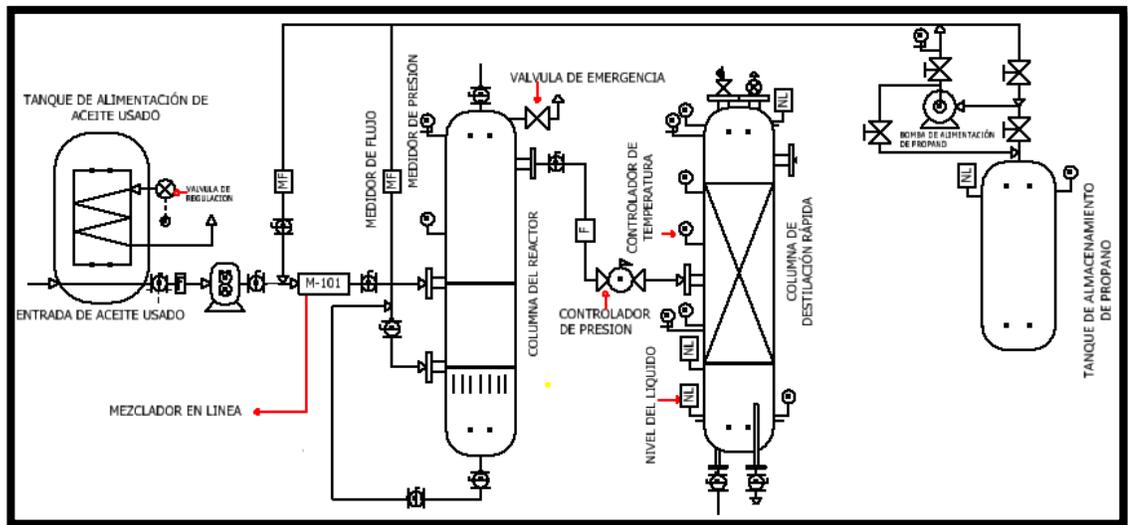


Figura 3.9. Ingreso del aceite en la Columna de Destilación Rápida.

La presión de la columna se mantiene por la evacuación de los vapores del propano mediante las unidades de compresión de vapor (Marca: Trust, Modelo: LPG compresor), además con la adición de calor a través del sistema de reflujo de aceite.

Los vapores de disolvente eliminados por los compresores se dirigen primero a través del colector de aceite, para evitar que el aceite penetre accidentalmente en los compresores.

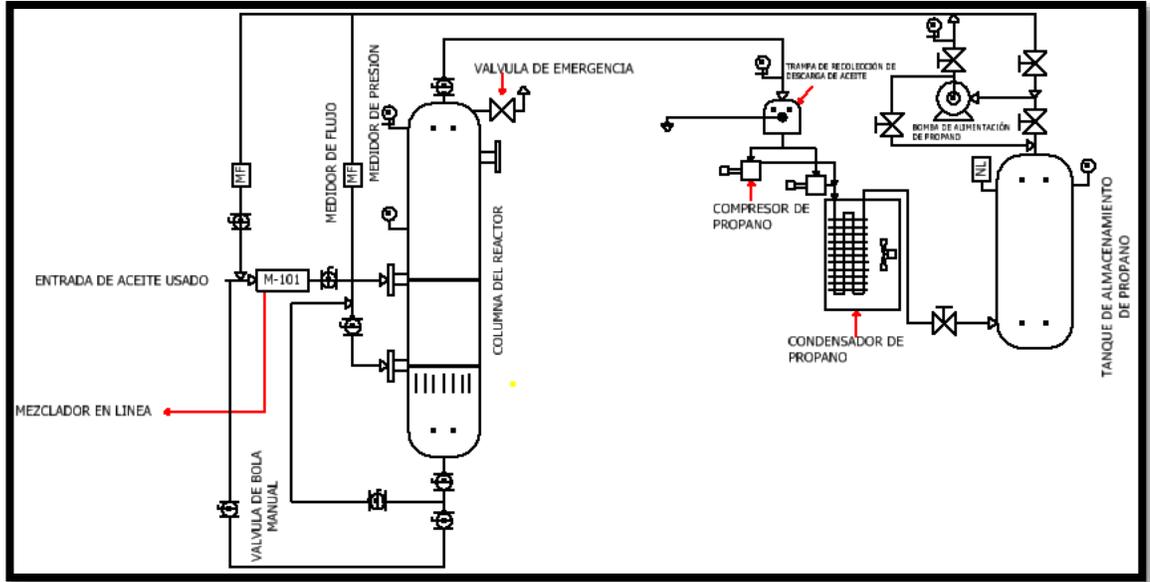


Figura 3.10. Proceso de recuperación de propano.

Después de la compresión, los vapores son enviados a través del condensador de vapor del propano (Marca: Greenfoun, Modelo: QXC35S6), antes de la recolección en el tanque de almacenamiento de propano para su reutilización, recuperándose el 95% de su totalidad durante cada proceso, ver figura 3.10.

El Sistema de reflujo de aceite utiliza una bomba de reflujo de la columna rápida (Marca: An Pump, Modelo: QS), para retirar el aceite de la parte inferior de la columna de destilación rápida y de la bomba a través de un intercambiador de calor de reflujo (Marca: Panstar, Modelo: BP series), cuando la temperatura del aceite incrementa, calentada por vapor, como se ve en la figura 3.11.

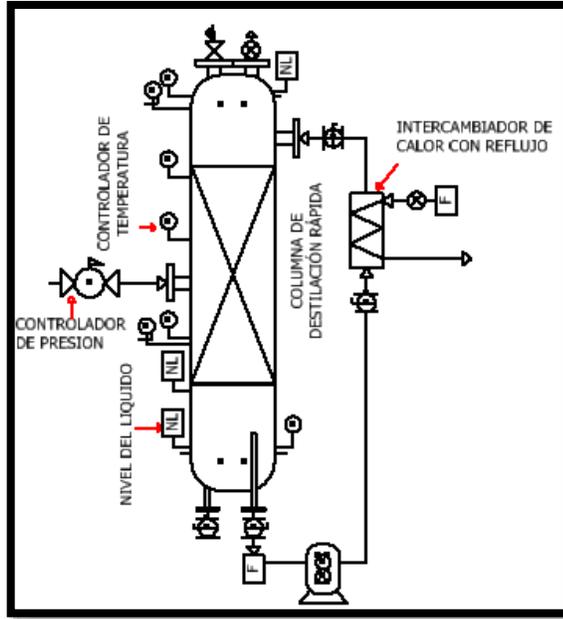


Figura 3.11. Sistema de refuerzo de la columna de destilación rápida.

A continuación, el aceite caliente se pulveriza sobre el empaque de la columna para aumentar el área superficial y promover el desgasado por el aceite. La niebla de aceite es atrapada en la columna por el eliminador de niebla.

Del aceite se elimina una parte del mismo que contiene combustible limpio hacia su depósito (Marca: Long Teng, Modelo: Tank Container), del fondo de la columna de destilación rápida, la misma que ha eliminado la porción sustancial de propano (5% aproximadamente).

Dentro del tanque de destilación de fondos (Marca: HH), de la columna reactor se mantiene a una temperatura elevada de 150 ° F (66 ° C), durante un período prolongado de 3 horas o más para permitir la eficiente recuperación del propano a través de la válvula de descarga (Marca: Sikaifu, Modelo: DN50), dentro del sistema de recuperación.

Según sea necesario los fondos se retiran del tanque de la columna, a través de la bomba (Marca: Muyuan, Modelo: MA/MAR), ver figura 3.12.

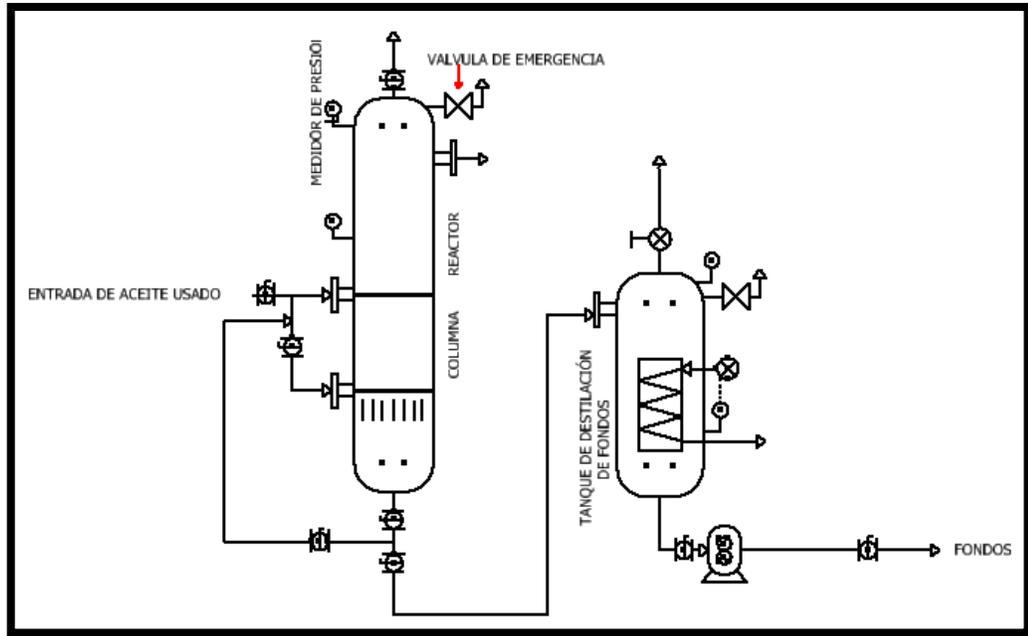


Figura 3.12. Sistema del tanque de destilación de fondos.

El proceso se controla mediante el empleo de medidores de flujo en la entrada de aceite, en las líneas de propano, la línea de reflujo de aceite, la línea del flujo de vapor al intercambiador de calor de reflujo (Marca: Auto, Modelo: DN 50), la línea de aceite/propano a la columna de destilación rápida (Marca: AOXIN, Modelo: DN 50), y en la línea de producto de aceite limpio (Marca: Yiqin).

El caudal de la columna reactor a la columna de destilación rápida se utiliza como parámetro de control para la válvula de reducción de presión.

La temperatura es controlada en un punto de la columna reactor y el tanque de destilación de fondos, en 5 puntos verticales a lo largo de la columna de destilación rápida, mediante el empleo de medidores de temperatura (Marca: GC, Modelo: OTG).

La temperatura de la columna de destilación rápida se utiliza para controlar el flujo de vapor del intercambiador de calor. La presión es controlada en un punto de la columna reactor, tanque de destilación de fondos y dentro del tanque de almacenamiento del propano, y en dos puntos verticales a lo largo de la columna de destilación rápida, a través del empleo de medidores de presión. (Marca: Exact, Model: 118AL).

Las válvulas de liberación de presión de emergencia (Marca: Donjoy, Modelo: DN 50), se proporcionan en cada una de las columnas principales como: Columna Reactor, Columna de destilación rápida y en el fondo de los tanques de destilación.

Se han proporcionado válvulas para el aislamiento y el mantenimiento de los componentes principales, así como para vaciar el propano de los vasos principales (Marca: GB, Modelo:SV - 10011).

### 3.6.1. DIAGRAMA DEL PROCESO

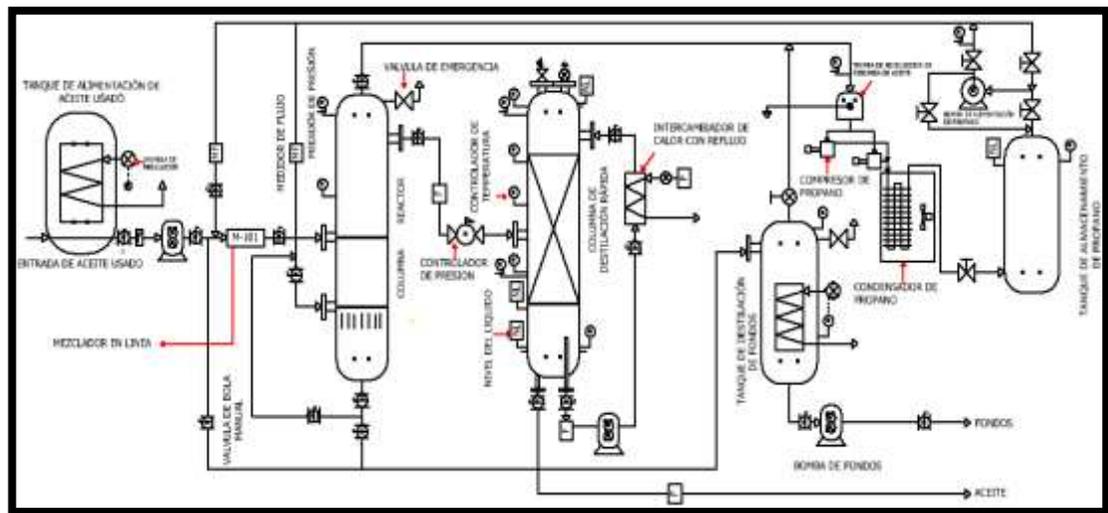


Figura 3.13. Diagrama del proceso de regeneración de aceites lubricantes usados por extracción con propano. (ReTAP), 1995)

Al final del proceso de regeneración, el aceite base obtenida se depositará en barriles con capacidad aproximada de 55 galones por unidad, la cantidad de barriles generados por día dependerá de la cantidad de aceite usado recolectado.

Además, se obtendrá una muestra del producto final para su posterior análisis y determinar la calidad de aceite base regenerada.

### 3.7. PRUEBAS O ANÁLISIS A REALIZAR EN LA BASE OBTENIDA ANTES DE SU COMERCIALIZACIÓN.

De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 029:1995. “Derivados del petróleo. Bases lubricantes para uso automotor”, permite conocer los requisitos con los cuales debe de cumplir las bases minerales empleadas como lubricantes provenientes del petróleo.

Las características con las cuales debe de cumplir un aceite mineral base se describe a continuación en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Bases lubricantes parafínicas, vírgenes y re-refinadas. (INEN 2 029:1995, 1995)

Especificación	Unidad	Liviana		Media		Pesada		Cilindro parafínico		Método de ensayo
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
Viscosidad cinemática a 100 °C	cSt	2	6,1	>6,1	21,1	>21,1	40,1	>40,1	55	NTE INEN 810
Índice de Viscosidad		92	...	95	...	95	...	70	...	ASTM D 2270
Punto de Inflamación	°C	185	...	210	...	250	...	250	...	NTE INEN 808
Punto de escurrimiento	°C	...	-12	...	-8	...	-8	...	-3	NTE INEN 1982
Color ASTM			2	...	3,5	...	6,5	...	...	ASTM D 1500
Acidez total	mg KOH	...	0,06	...	0,06	...	0,06	...	0,1	ASTM D 974
Contenido de cenizas	% m/m	...	0,1	...	0,1	...	0,1	...	0,1	ASTM D 482
Contenido de agua	%V	...	0,01	...	0,01	...	0,01	...	0,01	ASTM D 95
Policíclicos Aromáticos	%P	...	3	...	3	...	3	...	3	IP 346

#### 3.7.1. DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD SEGÚN LA NORMA NTE INEN 810.

Esta prueba se realiza con un viscosímetro, según la norma NTE INEN 810 “Consiste en medir el tiempo en segundos, que se demora el volumen fijo de líquido en fluir bajo la acción de la gravedad, a través de tubo capilar del viscosímetro calibrado a una temperatura cuidadosamente controlada”.

La viscosidad cinemática es el producto del tiempo de flujo por la constante de calibración del viscosímetro.

### **Instrumentos:**

- **Viscosímetro.** De tipo capilar, de cristal, calibrado y capaz de medir la viscosidad cinemática dentro de los límites de precisión establecidos.
- **Sujetadores del viscosímetro.** *“Que permita que el viscosímetro esté suspendido en posición vertical, comprobada mediante una plomada”.*
- **Termostato y baño del viscosímetro.** *“Puede utilizarse cualquier baño termostático con líquido transparente siempre que sea lo suficientemente profundo, de modo que en ningún momento del ensayo alguna porción de la muestra en el viscosímetro se encuentre a menos de 20 mm bajo la superficie del líquido del baño o menos de 20 mm sobre el fondo del mismo”.*

Para temperaturas comprendidas entre 15 y 100°C, la temperatura en el baño no debe variar en más de 0,01°C en toda la extensión del viscosímetro; para temperaturas fuera de este rango, la variación no debe superar de 0,03°C.

### **3.7.2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VISCOSIDAD SEGÚN LA NORMA ASTM D 2270.**

El índice de viscosidad es un método ampliamente utilizado y medido, debido a cambios en la temperatura de un producto derivado del petróleo entre 40 y 100°C.

Un índice de viscosidad alto indica una menor disminución de la viscosidad cinemática con el aumento de la temperatura del lubricante, el índice de viscosidad se utiliza en la práctica como un número único que indica la dependencia de la temperatura de la viscosidad cinemática.

Para calcular el índice de viscosidad, se debe primero determinar la viscosidad del lubricante realizando el ensayo según la Norma NTE INEN 810, ya determinado el valor de la viscosidad se procede a hacer el cálculo siguiendo el ensayo de la Norma ASTM D 2270 que trata sobre la determinación del índice de viscosidad.

### **3.7.3. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE INFLAMACIÓN SEGÚN LA NORMA NTE INEN 808.**

Según la Norma NTE INEN 808 *“Esta norma establece el método para determinar los puntos de inflamación y combustión de todos los productos de petróleo, excepto los aceites combustibles (fuel oils) y aquellos productos que tengan un punto de inflamación, en vaso abierto, inferior a 79°C”*.

Se toma una muestra del aceite base obtenido, se coloca en un vaso, al principio se calienta la muestra rápidamente y luego, al acercarse al punto de inflamación se calienta con un aumento de temperatura lento y constante.

A intervalos determinados, se pasa una pequeña llama sobre el vaso de ensayo, tomándose como punto de inflamación la temperatura a la cual los vapores emitidos por la muestra se inflamen por primera vez.

Continuando el ensayo, se toma como punto de combustión la temperatura a la que se produce la combustión de los vapores, por lo menos, durante 5 segundos.

#### **Instrumentos:**

- Equipo Cleveland que cuenta con los siguientes elementos: Vaso, placa de calentamiento, dispositivo de la llama de ensayo, calentador, Pantalla de protección, soporte del termómetro y soporte de la placa de calentamiento.
- Termómetro.

### **3.7.4. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE ESCURRIMIENTO SEGÚN LA NORMA NTE INEN 1982.**

Esta norma describe el método para determinar el punto de escurrimiento del petróleo y sus derivados.

Se da un calentamiento previo a la muestra de aceite base, se enfría a una velocidad predeterminada para luego examinar a intervalos de 3°C.

La temperatura más baja en donde se observa el movimiento del aceite será tomada como punto de escurrimiento.

Para realizar el enfriamiento de la muestra se utiliza refrigeración o un baño de enfriamiento que utiliza mezclas de enfriamiento.

En la tabla 3.9, se presenta las condiciones que debe cumplir al momento de determinar el punto de escurrimiento del aceite mineral base.

Tabla 3.9. Condiciones para determinar el punto de escurrimiento.

Componentes	Temperaturas que debe alcanzar
Hielo y agua	9°C
Hielo triturado y cristales de cloruro de sodio	-12°C
Hielo triturado y cristales de cloruro de calcio	-27°C
Dióxido de carbono sólido y acetona o nafta	-57°C

### **Instrumentos:**

Las dimensiones y características de los instrumentos se indican en la norma, tales como:

- Recipiente de ensayo.
- Termómetros.
- Tapón de corcho
- Camisas o doble pared de vidrio
- Disco de corcho o fieltro
- Junta anular

### **3.7.5. MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA COLOR ASTM D 1500, DE PRODUCTOS DE PETRÓLEO (ESCALA DE COLOR ASTM)**

Según la Norma ASTM D 1500, “*este método de ensayo cubre la determinación visual del color de una amplia variedad de productos del petróleo, tales como aceites lubricantes, aceites de calefacción, aceites de combustible diésel y cera de petróleo*”.

Esta prueba se utiliza principalmente para fines de control de fabricación y es una importante característica de calidad. En algunos casos, el color puede servir como una indicación del grado de refinamiento del material.

Se toma una muestra de aceite regenerado, se coloca en el recipiente de ensayo se lo expone a una fuente de luz estándar y se compara con los discos de vidrio de color que van en el valor de 0,5 a 8,0.

Cuando no se encuentra una coincidencia exacta y el color de la muestra se encuentra entre dos colores estándar, se toma el mayor de los dos colores.

### **Instrumentos**

- Colorímetro

### **3.7.6. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TOTAL SEGÚN LA NORMA ASTM D 974**

Con esta prueba se determina en los aceites aislantes y lubricantes, la acidez debida a los ácidos fuertes solubles.

Para el cálculo de la acides se debe seguir los pasos de la Norma ASTM D 974

### **3.7.7. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CENIZAS SEGÚN LA NORMA ASTM D 482.**

El empleo de este método determina el contenido de cenizas en los combustibles líquidos y en los derivados del petróleo.

La muestra colocada en un crisol de porcelana se calienta hasta que los gases que desprenden se inflaman, dejándolos quemar hasta que queda un residuo carbonoso. El residuo carbonoso se calienta a 775 °C en un horno mufla hasta reducción total a cenizas.

La cantidad de cenizas de la muestra se calcula siguiendo la Norma ASTM D 482.

## 4. CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS ECONÓMICO

Una vez seleccionado el proceso de regeneración, se evalúa el impacto económico que este tendrá en la adquisición, instalación y funcionamiento, de igual manera dentro del área de trabajo, personal capacitado para laborar en la planta.

#### **4.1. ADQUISICION Y COSTO DE EQUIPOS**

Las características de cada uno de los equipos dependen, de la cantidad de aceite que se genera diariamente en la ciudad.

De acuerdo a los datos emitidos por (ETAPA EP, 2016), actualmente se obtiene alrededor de 1.357 galones diarios de aceite lubricante automotriz usado, este valor es semejante al cálculo realizado en el Capítulo II, al tomar en consideración la cantidad de vehículos existentes en la ciudad, por lo que los datos reales y calculados tienen una estrecha relación.

Entonces, se acopla y diseña la planta para la recepción de 2500 galones en el caso de existir una sobredemanda de materia prima que corresponde al dimensionamiento para 10 años del proyecto que se analizará a continuación.

De acuerdo a los datos de matriculación emitidos por la (EMOV, 2016), la tasa de crecimiento del parque automotor en Cuenca, es del 6,75% anual, por lo que la cantidad de aceite usado incrementa en un porcentaje similar, es decir aproximadamente 92 galones por día en relación a la cantidad actual.

De acuerdo a la tabla 4.1, se observa el crecimiento que tiene la cantidad de aceite lubricante usado anualmente en la ciudad de Cuenca por la próxima década.

Tabla 4.1. Tasa de Crecimiento del aceite lubricante usado

Tasa de crecimiento proyectada		
Año	Aceite usado año	Aceite usado día
2016	390857	1357
2017	417240	1449
2018	445404	1547
2019	475468	1651
2020	507563	1762
2021	541823	1881
2022	578396	2008
2023	617438	2144
2024	659115	2289
2025	703605	2443

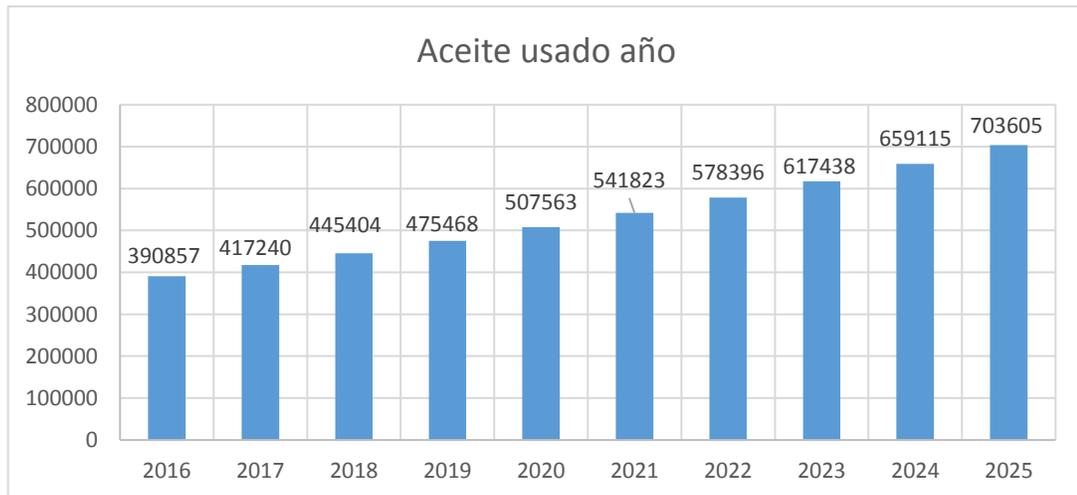


Figura 4.1. Tasa de crecimiento del aceite lubricante usado.

Dentro de 10 años el incremento de aceite usado será de aproximadamente 1.086 galones diarios, por lo que sería necesario modificar las dimensiones de los recipientes tales como: altura y diámetro, sin necesidad de remodelar la instalación en el área de trabajo.

Es innecesario el redimensionamiento del resto de equipos, debido a que es un proceso continuo y el aceite está en constante movimiento durante su tratamiento.

Hay que tener en cuenta que, cada equipo debe ser el adecuado para su desempeño en el trabajo designado, ya que todo el tiempo están en contacto con el aceite, sus propiedades constructivas deben cumplir este requisito.

El costo de los equipos varía de acuerdo a la capacidad y el material de construcción, en donde se eligió dispositivos de proveniencia internacional, los cuales cumplen con los requisitos necesarios para su designación dentro del área de trabajo en la planta.

#### 4.2. LISTA DE EQUIPOS

A continuación, en las siguientes tablas se dispone del listado de los equipos, de acuerdo a la capacidad, modelo y certificación respectivamente.

La marca de cada uno de los equipos se ha seleccionado de acuerdo a la disponibilidad en el mercado y en base a las funciones requeridas dentro del proceso de regeneración en la planta.

*Tabla 4.2. Lista de equipos – Recipientes de proceso. Fuente: (ReTAP), 1995)*

Recipientes de proceso					
Nombre	Cant.	Marca	Modelo	Cap./Dim	Certificación
Columna Reactor	1	Taishan	TR	3500 galones	ASME, CE, GOST
Columna de Destilación Rápida	1	Tongrui	DIR	2500 galones	ISO, CE, BV
Depósito de Destilación de Fondos	1	HH	1000L	325 galones	CE
Tanque de Almacenamiento de Propano	1	Wanda	ZG-1200L	2500 galones	CE, ISO9001 : 2000
Tanque de almacenamiento de Combustible limpio	1	Long Teng	Tank container	1300 galones	ISO, EN 12079
Tanque de Alimentación de Aceite Usado	1	FAR	SYTJ	2500 galones	ISO 9001, CSA

Tabla 4.3. Lista de equipos – Motores primarios. Fuente: (ReTAP), 1995)

Motores primarios					
Nombre	Cant.	Marca	Modelo	Cap./Dim	Certificación
Bomba de Alimentación de Aceite	1	Credo	KDY	2,5 - 80m <sup>3</sup> /h	ISO, CE
Bomba de Reflujo de la Columna Rápida	1	An Pump	QS	112 - 220 m <sup>3</sup> /h	CE, ISO
Bomba de Transferencia de Fondos	1	Muyuan	MA/MAR	10 gpm	ERC, SGS
Bomba de Alimentación de Propano	1	SBMC	IMD	20 gpm	ISO 9001:2008, SGS
Compresor de vapor de Propano	2	Trust	LPG compresor	0.8 m <sup>3</sup> /min	CE

Tabla 4.4. Lista de equipos – Unidades de transferencia física. Fuente: (ReTAP), 1995)

Unidades de transferencia física					
Nombre	Cant.	Marca	Modelo	Cap./Dim	Certificación
Mezclador en Línea	1	Bailishi	BRL3	3" ., 30gpm	ISO 9001:2008
Intercambiador de Calor	1	Panstar	BP series	0.2 - 1.0 m/s	CE, SGS, ISO 9001, CCS
Condensador, Vapor de Propano	1	Greefoun	QXC35S 6	40 Kg/h	CE
Colector de Desbordamiento de Aceite	1	Jinhaosan yang	SSYF	10m <sup>3</sup> /h	ERC, SGS

Tabla 4.5. Lista de equipos –Válvulas. Fuente: (ReTAP), 1995)

Válvulas					
Nombre	Cant.	Marca	Modelo	Cap./Dim	Certificación
Válvula de Control de Vapor	2	Autoair	2L series	2" Salida Controlable	DIN2999
Válvula de Cierre de Alimentación de Aceite	1	HiG	HiG 2005	3" Manual, Bola	DIN2999
Válvula de Control de Alimentación de Aceite	1	JF	60G00	3" Manual, Bola	ASME
Válvula de Aislamiento	4	Valogin	VG10.99251	3" Manual, Bola	ISO 228
Válvula de Purga de Gas	1	AFK	MBV - 2	3' Manual, Bola	ASME B16.34
Válvula de Aislamiento	5	Valogin	VG10.99251	2" Manual, Bola	ISO 228

Válvula de Descarga de Fondos	2	Vista	Vista - 02	3" Manual, Bola	ECM
Válvula de Retorno de Propano	3	COVNA	HK1101	4" Manual, Bola	ASME B16.34
Válvula de Desviación de Aceite de Desbaste	1	GOGO	MI - 05	4" Manual, Bola	ASME B16.34
Válvula Reductora de Presión	1	Bell	ZAZP	3" Reducción de Presión Controlable	ISO, SGS
Válvula de Descarga de Combustible Limpio	1	Yunnl	DN25	3" Manual, Bola	ISO 228
Válvula de Descarga de Vapor de Propano	1	Sikaifu	DN50	4" Manual, Bola	ISO
Válvula de Control de Reflujo	1	GOGO	MI - 05	3" Manual, Bola	ASME B16.34
Válvula de Control de Vapor	1	Autoair	2L series	3" Salida Controlable	DIN2999
Válvula de Descarga de Vapor de Propano	1	Sikaifu	DN50	3" Aliviador de presión, Ajustable	ISO
Válvula de Control de la Mezcla Aceite/Propano	1	JF	60G00	3" Manual, Bola	ASME
Válvula de Control de Drenaje de Propano	1	Yunnl	DN19	4" Manual, Bola	ISO 228

Tabla 4.6. Lista de equipos –Instrumentación. Fuente: (ReTAP), 1995)

Instrumentación					
Nombre	Cant.	Marca	Modelo	Cap./Dim	Certificación
Caudalimetro de la Bomba de Alimentación de Aceite	1	Auto	AT - DP	0.04 - 34 m3/h	ASME, DIN
Caudalimetro y Regulador de Aceite/Propano	1	AOXIN	LDQ - 98A - G	0.01 - 20 m3/h	ISO 9001:2008
Flujometro de Reflujo	1	Auto	AT - DP	0.04 - 34 m3/h	ASME, DIN
Caudalimetro de Aceite Limpio	1	Yiqui	PTFE	0.01 - 20 m3/h	DIN
Caudalimetro de Mezcla Aceite/Propano	1	Auto	AT - DP	0.04 - 34 m3/h	ASME, DIN
Caudalimetro de Vapor del Intercambiador de Calor	1	GN	CX - VFM	0.4 - 17 m3/h	DIN

Caudalimetro de Propano	1	Auto	AT - DP	0.04 - 34 m3/h	ASME, DIN
Medidor de Presión de la Columna Reactor	1	Exact	118AL	2"	ISO 9001:2008
Medidor Superior de Presión de la Columna de Destilación Rápida	1	Exact	118AL	2"	ISO 9001:2008
Medidor Inferior de Presión de la Columna de Destilación Rápida	1	Exact	118AL	2"	ISO 9001:2008
Medidor de Presión de la Trampa de Aceite	1	Exact	118AL	2"	ISO 9001:2008
Medidor de Presión del Tanque de Destilación de Fondos	1	Exact	118AL	2"	ISO 9001:2008
Medidor de Presión de la Línea de Alimentación de Propano	1	Exact	118AL	2"	ISO 9001:2008
Medidor de Presión del Tanque de Propano	1	Exact	118AL	2"	ISO 9001:2008
Medidor y Regulador de Temperatura en la Bobina de Vapor del Tanque de Alimentación del Aceite Usado	1	Fotek	REX - C100	0-400°C	CE
Medidor y Regulador de Temperatura en el Tanque de Destilación de Fondos	1	Fotek	REX - C100	0-400°C	CE
Medidor y Regulador de Temperatura en el Intercambiador de Calor de Reflujo	1	Fotek	REX - C100	0-400°C	CE
Medidor de Temperatura en la Columna Reactor	1	GC	OTG	40-600°C	UL
Medidor Superior de Temperatura en la Columna de Destilación Rápida	1	GC	OTG	40-600°C	UL
Medidor Media - Superior de Temperatura en la Columna de Destilación Rápida	1	GC	OTG	40-600°C	UL
Medidor Medio de Temperatura en la Columna de Destilación Rápida	1	GC	OTG	40-600°C	UL
Medidor Media - Inferior de Temperatura de la Columna de Destilación Rápida	1	GC	OTG	40-600°C	UL
Interruptor de Emergencia de Alto Nivel de Liquido en	1	DDTOP	UQK(S) - 100	-40°C~+135°C	ISO 9001, HSE,

la Columna de Destilación Rápida					ISO14001,HA RT
Interruptor de Alto Nivel de Liquido en la Columna de Destilación Rápida	1	DDTOP	UQZ	0 - 6000mm	ISO 9001, HSE, ISO14001,HA RT
Interruptor de Bajo Nivel de Liquido en la Columna de Destilación Rápida	1	DDTOP	UQZ	0 - 6000mm	ISO 9001, HSE, ISO14001,HA RT
Interruptor de Emergencia	1	Onpow	LAS1 - A22Y - 01TSB	22mm	ISO 9000
Válvula de Emergencia de Alivio de Presión en la Columna Reactor	1	Donjoy	HTXO	3"	FDA, CE, ISO 9001
Válvula de Emergencia de Alivio de Presión en la Columna Rápida	1	Donjoy	HTXO	3"	FDA, CE, ISO 9002
Válvula de Emergencia de Alivio de Presión en el Tanque de Destilación de Fondos	1	Donjoy	HTXO	3"	FDA, CE, ISO 9003

Tabla 4.7. Lista de equipos – Equipos de laboratorio. Fuente: (Autores)

Equipos principales de laboratorio para el análisis de aceites					
Nombre	Cant.	Marca	Modelo	Cap./Dim	Certificación
Viscosímetro	2	Cannon	Zeitfuchs Cross - Arm	23 cm	ASTM D445, D446 ASTM, ISO 3104, ISO 3105
Termostato	2	HT	WY75A-C	30 - 110°C	UK, CCC, CQC,CE, SGS, UL
Colorímetro	1	CHNSpec	CS - 810	20000 Test Results	ISO 3104, ISO 3105
Probador de punto de destello abierto Cleveland	2	Kamimi Masaki	SYD - 3536	20 - 400°C	ISO
Analizador de Azufre	1	Friend	FDQ - 1271	± 0.1% F.S	ISO 9001
Analizador automático de Azufre - Rayos X	1	Dshing	DSHD - 17040	7ppm to 5%	ISO 9001
Analizador del contenido de cloro	1	Top	TP - 388	DL/T433 and GB/T388	ISO 9001
Espectrómetro	1	Spectroil	Q 100	203 mm to 810 mm	ASTM D6595; D6728
Analizador de PCB's	1	Dexsil	LP - 200	50 ppm	SW 846

### 4.3. ACTIVOS FIJOS

#### 4.3.1. EQUIPOS

Para el desarrollo de activos fijos se ha considerado:

- Los equipos para el funcionamiento de la planta.
- Bienes muebles e inmuebles.
- Herramientas auxiliares.
- Equipos de Laboratorio.

Para estos materiales y dispositivos se ha considerado una amortización del 10% en un tiempo de 10 años, obteniendo de esta manera su depreciación anual, mensual y a la vez su valor agregado (I.V.A) en un 14%, como se muestra en la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Costos de Inversión en equipos y bienes. Fuente: (Autores)

DETALLE	Precio Unitario \$	Valor Residual	Total	Depr. Anual	Depr. Mensual	IVA	TOTAL
						14%	
Equipos y maquinaria	174478,00	17448,00	174478,00	15703,00	1309,00	24427,00	198905,00
Bienes muebles	1360,00	136,00	2720,00	258,40	21,53	380,80	3100,80
Herramientas auxiliares	865,00	86,50	1145,00	105,85	8,82	160,30	1305,30
Equipos de laboratorio	28878,89	2887,89	38040,89	3515,30	292,94	5325,72	43366,61
TOTAL	205501,53	20550,15	216303,53	19575,33	1631,27	30282,49	246677,71

La planta de regeneración tendrá que hacer una inversión inicial en equipos de: \$246.677,71 dólares, con una amortización anual de: \$19.575,33 dólares.

#### Infraestructura

Al ser una planta de procesamiento, esta tiene que ser de gran expansión debido a futuros cambios en la producción, por eso se estima un área total de 616 m<sup>2</sup> donde se distribuye de la siguiente manera en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Dimensión de la planta. Fuente: (Autores)

DIMENSIÓN DE LA PLANTA		
TIPO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	Costo (250/m <sup>2</sup> )
Oficinas administrativas	20	5.000,00
Bodegas	36	9.000,00
Área de almacenaje de materias primas	50	12.500,00
Área de producción	300	75.000,00
Área de almacenaje del producto terminado	30	7.500,00
Área de vestidores	40	10.000,00
Área de mantenimiento	10	2.500,00
Laboratorio	30	7.500,00
Parqueadero	100	25.000,00
TOTAL	616	154.000,00

En la figura 4.2, se describe la constitución básica que debería tener la planta.

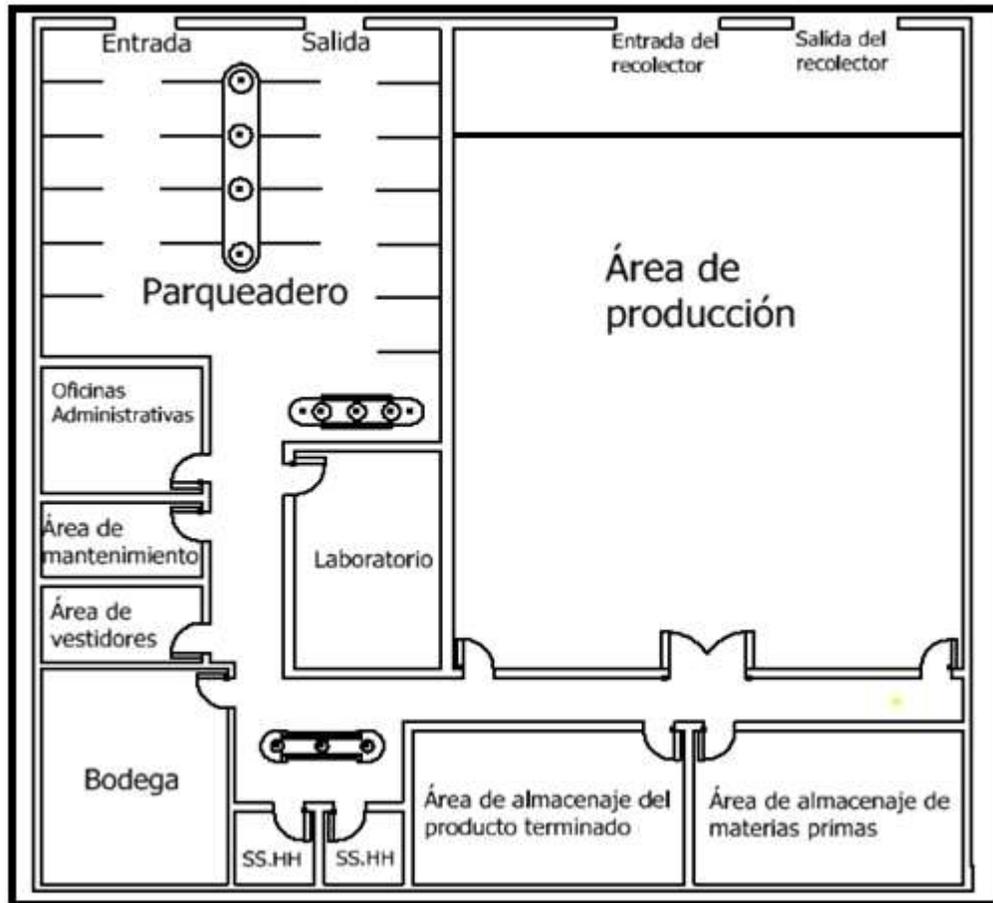


Figura 4.2. Distribución de la planta. Fuente: (Autores)

### 4.3.2. COSTOS DE IMPORTACIÓN Y FLETE

Como se vio en el Capítulo I, se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros para determinar el costo de importación.

- El costo de los equipos (Precio FOB).
- Costo de flete.
- Seguro del 2% de acuerdo al precio FOB y flete.
- AD-VALOREM. (20% del CIF).
- FONDINFA. (0,5% del CIF).
- Salvaguardia. (35% del CIF).
- I.V.A. (14% del total entre el CIF, ADV, FONDINFA, Salvaguardia).

A continuación, se procede a obtener el costo de importación de los equipos necesarios para la planta, ver tabla 4.10.

Tabla 4.10. Costo de importación de los equipos para la planta. Fuente: (Autores).

Equipos	Flete (2Kg)	Seguro	Total CIF	AD-VALOREM	FONDINFA	Salvaguardia	I.V.A	TOTAL DE IMPUESTOS
	1,5	2%		20%	0,50%	35%	14%	
Recipientes del proceso	6.690,90	2.407,22	122.768,12	24.553,62	613,84	42.968,84	9.539,08	77.675,39
Motores Primarios	1.560,00	519,68	32.445,18	6.489,04	162,23	11.355,81	2.520,99	20.528,07
Unidades de transferencia física	708,00	504,16	25.712,16	5.142,43	128,56	8.999,26	1.997,83	16.268,08
Válvulas	36,50	26,88	2.246,14	449,23	11,23	786,15	174,53	1.421,13
Instrumentación	110,55	97,93	4.994,62	998,92	24,97	1.748,12	388,08	3.160,10
Equipos principales de laboratorio	163,80	503,00	26.019,79	5.203,96	130,10	9.106,93	2.021,74	16.462,72
<b>TOTAL</b>	9.269,75	4.058,87	214.186,02	42.837,20	1.070,93	74.965,11	16.642,25	135.515,49

El valor por la importación de los equipos dentro de la planta de regeneración es de \$135.515,49 dólares, que influyen en el costo de inversión.

### 4.3.3. GASTOS ADMINISTRATIVOS

Los gastos administrativos, corresponden a servicios básicos como: agua, internet, transporte/combustible y electricidad, los mismos que generan más egresos anuales ya que de ella depende el funcionamiento de toda la planta, el resto de egresos son menores, sin embargo, necesarios para el funcionamiento.

En la tabla 4.11 se detalla el costo generado por cada servicio.

Tabla 4.11. Gastos Administrativos. Fuente: (Autores)

GASTOS ADMINISTRATIVOS		
	Mensual	Anual
Agua	50,00	600,00
Luz	200,00	2.400,00
Internet	30,00	360,00
Transporte/Combustible	200,00	2.400,00
Teléfono	30,00	360,00
Suministros de Oficina	35,00	420,00
Equipos/Combustible	750,00	9.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>1.295,00</b>	<b>15.540,00</b>

Los egresos anuales generados son de: \$15.540,00 dólares.

### 4.3.4. GASTOS OPERATIVOS

Generar plazas de trabajo es un objetivo que se debe tener en cuenta en la implementación y desarrollo de proyectos, contribuyendo al desarrollo del país y a la disminución del desempleo.

La planta de regeneración directa o indirectamente por el momento genera pocos puestos de trabajo, sin embargo, al tratarse de un proyecto que puede crecer a futuro, incrementará producción y por lo tanto la generación de empleos.

Todos los empleados deben estar calificados para cada puesto de trabajo.

Los sueldos serán otorgados de acuerdo al cargo que ocupan en relación a los salarios mínimos sectoriales establecidos para el año 2017. Además de contar con todos los beneficios de ley establecidos, como se puede observar en la tabla 4.12

Tabla 4.12. Gastos Operativos. Fuente: (Autores)

Cargo del personal	Núm. Emp.	Sueldo mensual unitario	Sueldo mensual total	Sueldo anual	Décimo XIII	Décimo XIV	Aporte / anual (11,15%)	Total anual
Gerente general	1	391,90	391,90	4.702,80	391,90	375	524,36	5994,06
Dep sistemas	1	750,00	750,00	9.000,00	750,00	375	1.003,50	11.128,50
Laboratorista	2	573,81	1.147,62	13.771,44	1.147,62	750	1.535,52	17.204,58
Operador	2	544,39	1.088,78	13.065,36	1.088,78	750	1.456,79	16.360,93
Despachador	1	375,00	375,00	4.500,00	375,00	375	501,75	5.751,75
Conductor	2	576,37	1.152,74	13.832,88	1.152,74	750	1.542,37	17.277,99
Secretaria	1	382,24	382,24	4.586,88	382,24	375	511,44	5.855,56
Encargados de limpieza	1	386,21	386,21	4.634,52	386,21	375	516,75	5.912,48
Total								85.485,84

Los gastos operativos generados en el primer año son de \$ 85.485,84 dólares en sueldos y beneficios de cada trabajador, teniendo en cuenta que en el primer año no se paga los fondos de reserva.

A partir del segundo año el pago anual al personal será de \$ 92.955,19 dólares aproximadamente, considerando el valor de fondos de reserva antes mencionado.

#### 4.4. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

El personal que laborará en la planta debe de estar especializado en su área de trabajo, para un desenvolvimiento óptimo dentro de la empresa.

#### 4.4.1. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

A continuación, en la figura 4.3, se indica cómo se encuentra distribuido el personal en el interior de la empresa de acuerdo al cargo que ocupa cada uno.

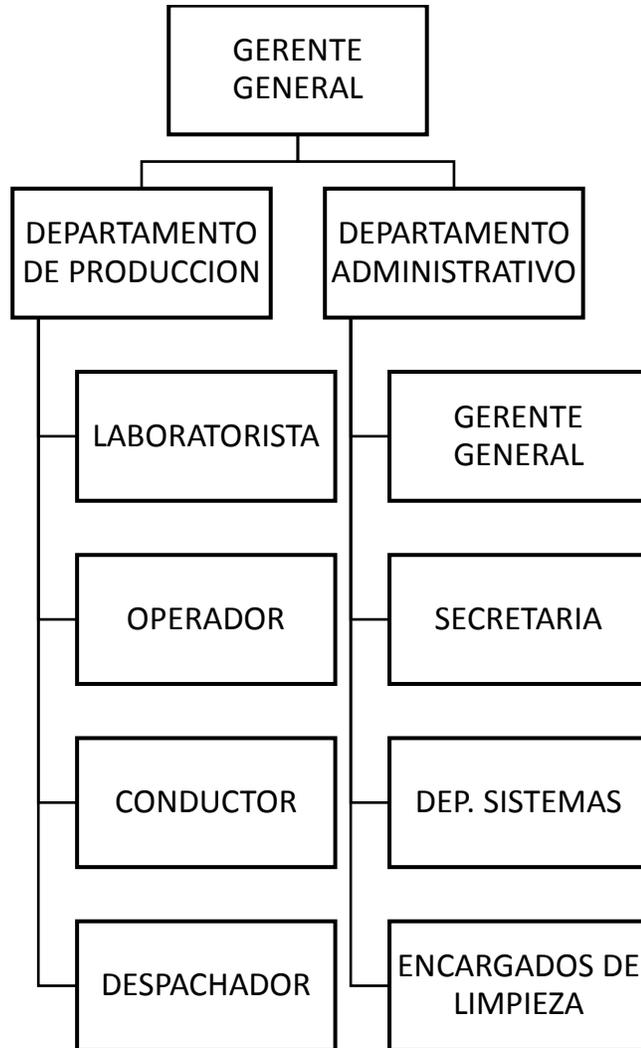


Figura 4.3. Organigrama de la empresa. Fuente: (Autores)

#### 4.4.2. DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN DEL PUESTO

##### DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO

- Realizar en forma oportuna la adquisición de materias primas para el correcto desenvolvimiento de la empresa en sus diferentes áreas.

- Elaborar proyecciones trimestrales para realizar el pedido de los diferentes materiales que se utilizarán.
- Enviar reportes de consumos.
- Realizar inventarios físicos trimestrales.

## **GERENTE GENERAL**

- Representar a la empresa en todos los aspectos legales, ante los organismos de control como: servicio de rentas internas, instituto de seguridad social, bancos entre otros.
- Debe encargarse de planificar, administrar y controlar los recursos materiales y humanos de la microempresa.
- Encargado de negociar con proveedores y clientes de la mejor manera, buscando la mejor rentabilidad posible de dichos acuerdos.
- Tomar decisiones oportunas y adecuadas en los aspectos administrativos, financieros, legales, tasas de interés, montos, entre otros.
- Estudiar contratos y documentos inherentes de la microempresa.
- Autoriza los movimientos relacionados con el área.

## **SECRETARIA**

- Persona a cargo de emitir, redactar oficios, actas y otros documentos.
- Elaborar las actas correspondientes a sesiones.
- Asistir al gerente en los asuntos de su competencia.
- Recibir y enviar correspondencia.
- Realizar y recibir llamadas telefónicas.
- Actualizar la agenda de su supervisor.
- Llevar el control de caja chica.
- Elaborar informes periódicos de las actividades realizadas.
- Realizar cualquier otra tarea a la que sea designada.

## **DEPARTAMENTO DE SISTEMAS**

- Planear, organizar, Dirigir y Controlar, el funcionamiento del Área de Sistemas.
- Propone, elabora e implanta nuevos sistemas necesarios en la Empresa.
- Dirige procesos de evaluación y cambios tecnológicos.
- Administra los recursos bajo su responsabilidad.
- Controla el inventario de los recursos de informática bajo su responsabilidad.

## **ENCARGADOS DE LIMPIEZA**

- Mantener limpia a toda la planta; suelos, muebles, equipos, cristales, vaciar botes de basura, etc.

## **DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN**

- Encargado de la elaboración y entrega del producto terminado.
- Estudiar los problemas de producción.
- Aumentar la eficiencia de la planta.
- Planear, organizar, dirigir y controlar el sistema de inventarios.
- Evaluar la utilización del equipo de producción.

## **LABORATORISTA**

- Persona a cargo de la toma de muestra del aceite usado al momento de la recepción en la planta.
- Encargado del análisis de la composición de la materia prima.
- Notificar si el aceite es apto para la regeneración.
- Verificar y analizar la calidad del producto final.
- Encargado del control de calidad.

## **OPERADOR**

- Controlar el correcto proceso en la elaboración del producto.
- Encargado del personal de producción.
- Notificar la presencia de anomalías.
- Revisar el proceso de entradas y salidas de bodega.

- Llevar un inventario de entradas y salidas de materia prima, material de empaque, entre otros.
- Llevar los respectivos inventarios actualizados.

### **CONDUCTOR**

- Encargados de recolección de materias primas.
- Encargados de la distribución del producto terminado.
- Encargados de movilizar al personal.

### **DESPACHADORES**

- Se encargan de entregar el producto final a los clientes.
- Encargados tener listo el producto para su venta.

## **4.5. COSTO DE INVERSIÓN**

Tomando en cuenta la adquisición de equipos, el tamaño del terreno y la infraestructura de la planta se obtiene la tabla 4.13.

*Tabla 4.13. Costo de Inversión de la planta. Fuente: (Autores)*

<b>Costo de Inversión</b>	
Equipos	246.677,22
Importación y flete - Equipos	135.515,49
Terreno	60.000,00
Infraestructura	154.000,00
<b>Total</b>	<b>596.192,72</b>

Para solventar la inversión se solicita un préstamo de \$600.000 dólares a entidades financieras, tal como la Corporación Financiera Nacional, la misma que realiza préstamos con un interés del 10,5% anual, a un plazo de 5 años, se tiene la tabla de Amortización 4.14:

Tabla 4.14. Amortización anual del préstamo. Fuente: (Autores)

TABLA DE AMORTIZACIÓN				
Periodos de pago	Cuota Anual	Pago de intereses	Capital	Capital Acumulado
0				
1	160.305,30	63.000,00	97.305,30	97.305,30
2	160.305,30	52.782,94	107.522,35	204.827,65
3	160.305,30	41.493,10	118.812,20	323.639,85
4	160.305,30	29.017,82	131.287,48	454.927,33
5	160.305,30	15.232,63	145.072,67	600.000,00

Anualmente se debe cancelar cuotas de \$160.305,30 dólares.

#### 4.6. COSTOS FIJOS

Los costos fijos, son costos los cuales se deben pagar indistintamente si la planta genere o no ingresos, además de no variar con el volumen de producción.

Los parámetros que interviene dentro del cálculo de los costos fijos se presentan a continuación, en la tabla 4.15, calculados de manera anual.

Tabla 4.15. Costos fijos. Fuente: (Autores)

Costos Fijos	
Personal	85.485,84
Gastos Administrativos	15.540,00
Depr. Equipos	19.582,54
Cuota Bancaria	160.305,30
Total	280.913,67

El valor obtenido dentro del funcionamiento de la planta de regeneración es de \$280.913,67 USD anuales.

#### 4.7. COSTOS VARIABLES

##### 4.7.1. COSTO DEL PROPANO

La cantidad de propano líquido depende directamente de la cantidad de aceite usado recolectado, para este caso se cuenta con un tanque de 1500 galones.

La ventaja que presenta el propano durante el proceso es su recuperación.

Al finalizar la regeneración, se tiene una pérdida del 5% de la cantidad total empleada, por tal motivo se requerirá de una adquisición mensual.

El propano que se emplea en el proceso proviene empresas dedicadas a la distribución de este tipo de elemento, de acuerdo al análisis de campo en el interior del cilindro el gas se encuentra en su fase líquida.

El precio por kilogramo del gas de uso industrial se encuentra actualmente a \$ 0,9039 dólares, además sabiendo que el galón de propano equivale a 2,12Kg, obtenemos el valor de \$ 1,91 dólares.

#### **4.7.2. COSTO DE ENVASES (BARRILES)**

El aceite regenerado se depositará en barriles que tienen una capacidad de 55 galones, cada envase tiene un valor de 8\$.

En la tabla 4.16, se presenta los costos variables que intervienen en el proceso de regeneración.

*Tabla 4.16. Costos variables. Fuente: (Autores)*

Costos variables	
Precio del galón de Propano	1,91
Precio de Envase	8
Total	9,91

La cantidad de propano y envases a emplearse en cada proceso incrementará dependiendo del crecimiento anual de la cantidad de aceite lubricante usado.

#### **4.8. COSTO DE PRODUCCIÓN**

De acuerdo a los datos emitidos por (ETAPA EP, 2016), del total de aceite recolectado, el 97% es apto para la regeneración, el 3% restante se refiere a residuos.

Para determinar el costo de producción se tiene en cuenta la cantidad de aceite recolectado útil, sabiendo que se regenera el 80% del mismo, como se muestra en la tabla 4.17.

Tabla 4.17. Producción de aceite de la planta. Fuente: (Autores)

PRODUCCIÓN DE ACEITE				
	C/día	Semanal	Mensual	Anual
Aceite recolectado/ galones	1.357,14	8.142,86	32.571,43	390.857,14
Aceite usado útil/ galones (97%)	1.316,43	7.898,57	31.594,29	379.131,43
Aceite base producido/ galones	1.053,14	6.318,86	25.275,43	303.305,14
Barriles producidos por día	19,15	114,89	459,55	5.514,64

El aceite regenerado se comercializará en barriles y de acuerdo a la tabla 4.17, tenemos que anualmente se produce aproximadamente 5.514,64 barriles de aceite base, en el que se provee tener un mercado neto de ventas de todas las unidades producidas.

#### 4.8.1. CÁLCULO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN

Para el cálculo del costo de producción de 1 barril de aceite, se toma en cuenta los gastos directos de producción, calculados anualmente y divididos para el mercado neto de venta de barriles, ver tabla 4.18.

Tabla 4.18. Gastos directos de producción del aceite base. Fuente: (Autores)

Gastos directos de Producción	
Objeto	Valor \$
Cant. Propano	34.440,76
Núm. Envases	44.117,11
Laboratoristas	17.204,58
Operadores	16.360,93
Despachador	5.751,75
Conductores	17.277,99
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>135.153,11</b>
<b>PRECIO POR BARRIL</b>	<b>24,51</b>

Por otra parte, también influyen los gastos indirectos de producción, que, aunque no influyan directamente dentro del proceso de regeneración son parte fundamental de la planta como se indica en la tabla 4.19.

Tabla 4.19. Gastos indirectos de producción del aceite base. Fuente: (Autores)

Gastos indirectos de producción	
Objeto	Valor \$
Depreciación de equipos	19.582,54
Cuota Financiera	160.305,30
Gerente general	5.994,06
Dep sistemas	11.128,50
Secretaria	5.855,56
Encargados de limpieza	5.912,48
Combustible Recolectores	2.400,00
Combustible equipos	9.000,00
Energía Eléctrica	2.400,00
Internet	360,00
Teléfono	360,00
Agua	600,00
Suministros de oficina	420,00
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>224.318,43</b>
<b>PRECIO POR BARRIL</b>	<b>40,68</b>

Para determinar el costo unitario del barril de aceite regenerado, se suma el valor los gastos directos e indirectos de producción, ver tabla 4.20.

Tabla 4.20. Costo de producción del aceite base. Fuente: (Autores)

COSTO DE PRODUCCIÓN	
Objeto	Valor \$/barril
Gastos Directos	24,51
Gastos Indirectos	40,68
<b>TOTAL</b>	<b>65,18</b>

El precio que costará la producción de un barril de aceite base es igual a \$ 65,18 dólares.

#### 4.8.2. PRECIO DE VENTA DEL BARRIL

El precio de comercialización del barril de petróleo es determinado a partir del costo de producción, estimando una utilidad del 20%, como se muestra en la tabla 4.21, a continuación:

Tabla 4.21. Precio de venta del barril. Fuente: (Autores)

PRECIO DE VENTA	
Costos de producción por barril	65,18
Utilidad 20%	13,04
P.V.P	78,22

El barril de aceite base tendrá un costo aproximado de \$78,22 dólares, tomando en cuenta que el precio podría variar dependiendo de los costos de producción.

### 4.8.3. PUNTO DE EQUILIBRIO

Para la determinación del punto de equilibrio se toma en cuenta: el costo fijo total, precio de barril unitario y los costos variables unitarios, tabla 4.22.

Tabla 4.22. Punto de equilibrio. Fuente: (Autores)

Punto de equilibrio	
<b>Costo fijo total</b>	280.913,67
<b>Precio unitario</b>	78,22
<b>Costos variables unitarios</b>	13,83
<b>P. E.Q</b>	<b>4.362,87</b>
<b>P.E.U.M \$</b>	<b>341.271,90</b>

Hay que tener en cuenta que los costos varían cada año, debido al incremento de la demanda de aceite, inflación, cambios generados en el País, etc., de esta manera varia el precio del producto, el punto de equilibrio monetario y por unidades.

En la tabla 4.23, se indica los parámetros necesarios para obtener la gráfica del punto de equilibrio, en donde el valor del ingreso total se obtiene al multiplicar el número de barriles por el precio de comercialización.

Tabla 4.23. Punto de equilibrio. Fuente: (Autores)

Mes	# Barriles	Costo fijo	CVT	Costo Total	Ingreso total
0	-	280.913,67	-	280.913,67	-
1	459,55	280.913,67	6.357,71	287.271,38	35.947,15
2	919,11	280.913,67	12.715,41	293.629,08	71.894,31
3	1.378,66	280.913,67	19.073,12	299.986,79	107.841,46
4	1.838,21	280.913,67	25.430,82	306.344,50	143.788,62
5	2.297,77	280.913,67	31.788,53	312.702,20	179.735,77
6	2.757,32	280.913,67	38.146,24	319.059,91	215.682,93
7	3.216,87	280.913,67	44.503,94	325.417,61	251.630,08
8	3.676,43	280.913,67	50.861,65	331.775,32	287.577,23
9	4.135,98	280.913,67	57.219,35	338.133,03	323.524,39
10	4.595,53	280.913,67	63.577,06	344.490,73	359.471,54
11	5.055,09	280.913,67	69.934,77	350.848,44	395.418,70
12	5.514,64	280.913,67	76.292,47	357.206,14	431.365,85

Con los datos de producción del primer año, tenemos la gráfica del punto de equilibrio.

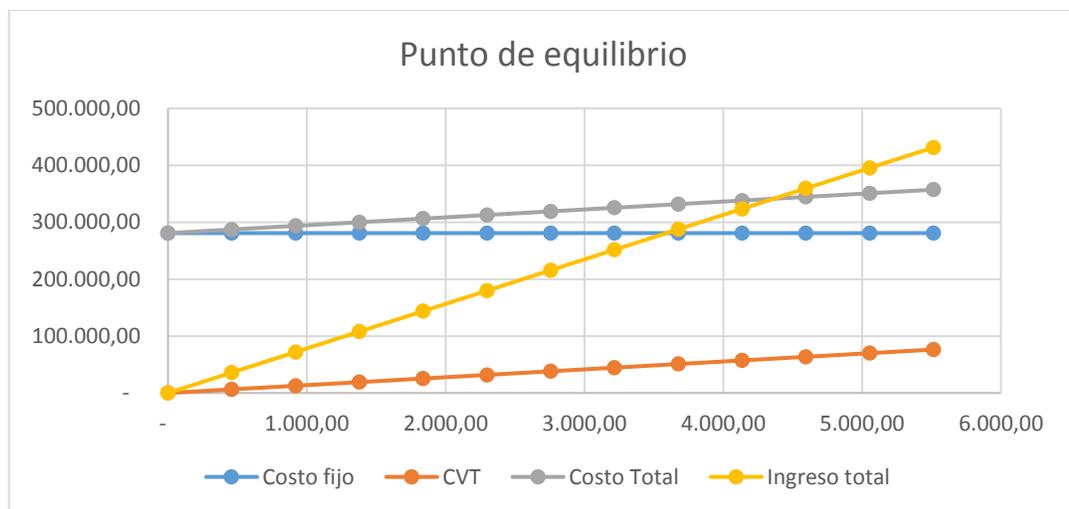


Figura 4.4. Gráfica del punto de equilibrio. Fuente: (Autores).

En la figura 4,4, posee las proyecciones de los costos fijos, costo variable total, costos totales y el ingreso total, en el que se puede observar que el equilibrio se presenta a partir de la venta de **4.362,87** unidades frente a \$ **341.271,90** dólares, es decir este es el punto en donde la planta no genera ni pérdidas ni ganancias y recupera el capital invertido.

#### 4.8.4. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL

Para calcular el tiempo en el que se recuperará el capital de inversión se toma en cuenta los siguientes aspectos:

- Numero de barriles a vender.
- Costos Variables.
- Costos Fijos (Personal, Gastos administrativos, Depreciación de los equipos, Cuota anual financiera).
- Costo total.
- Ingreso total por año.
- Utilidad generada.

Para el cálculo del tiempo de recuperación, se considera un rango de tiempo de 10 años, en los cuales se determina el ingreso total en base al número de barriles y de acuerdo al precio de comercialización. De esta manera se obtiene la utilidad generada, como se observa en la tabla 4.24.

Tabla 4.24. Recuperación del capital de inversión. Fuente (Autores)

Recuperación del capital invertido						
Año	# Barriles	Costo fijo	CVT	Costo Total	Ingreso total	Utilidad
1	5.514,64	280.913,67	76.292,47	357.206,14	431.365,85	74.159,71
2	5.886,88	280.913,67	81.442,21	362.355,89	460.483,05	98.127,16
3	6.284,24	280.913,67	86.939,56	367.853,24	491.565,65	123.712,42
4	6.708,43	280.913,67	92.807,98	373.721,66	524.746,33	151.024,68
5	7.161,25	280.913,67	99.072,52	379.986,19	560.166,71	180.180,52
6	7.644,63	120.608,38	105.759,92	226.368,29	597.977,97	371.609,67
7	8.160,64	120.608,38	112.898,71	233.507,09	638.341,48	404.834,39
8	8.711,49	120.608,38	120.519,38	241.127,75	681.429,53	440.301,78
9	9.299,51	120.608,38	128.654,43	249.262,81	727.426,02	478.163,21
10	9.927,23	120.608,38	137.338,61	257.946,98	776.527,28	518.580,29
TOTAL GENERADO AL TERMINO DE LOS 10 AÑOS						2.840.693,83

De acuerdo a la utilidad generada a partir de los 10 primeros años, se determina la Tasa Interna de Retorno, como se indica en la tabla 4,25.

Tabla 4.25. Determinación de la T.I.R. Fuente (Autores)

Años	Capital
0	-600000
1	74.159,71
2	98.127,16
3	123.712,42
4	151.024,68
5	180.180,52
6	371.609,67
7	404.834,39
8	440.301,78
9	478.163,21
10	518.580,29
T.I.R	28%
TMAR	10,50%
VAN	839054,15

Con la utilidad formada, se obtiene una rentabilidad del 28%, recuperando la inversión inicial, además se obtiene un valor adicional de \$839.054,15 dólares, es decir que la inversión genera la rentabilidad mínima exigida del 10,5%.

## 4. CAPITULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

El presente proyecto brinda la oportunidad de regenerar un desecho peligroso, como lo es un aceite lubricante automotriz usado, de esta manera reducir la contaminación que este genera, en el suelo, aire y agua, a la vez permitiendo que la ciudadanía contribuya dentro de este proyecto, al darle un uso adecuado a este tipo de agentes contaminantes.

Del estudio realizado se obtuvo el conocimiento de las consecuencias producidas por el manejo inadecuado del aceite lubricante automotriz usado, de igual manera se determina la importancia del tratamiento de este tipo de agente contaminante, al analizar los procesos de regeneración utilizados en el mundo, seleccionando el más adecuado y amigable con el medio ambiente.

De acuerdo a la situación actual en la ciudad de Cuenca y al constante crecimiento que tiene el parque automotor durante cada año, el uso del aceite lubricante para el funcionamiento del automóvil es indispensable, por lo tanto, se genera mayor cantidad de aceite usado, esto conlleva la oportunidad de implementar una planta de regeneración por la demanda de materia prima existente.

El método de regeneración por extracción con propano, requiere de equipos adecuados para su área de trabajo, de modo que el costo de adquisición, se ve reflejado en la inversión inicial, sin embargo, la recuperación del capital se ve expresa en base a la demanda de aceite lubricante usado, ya que, si la materia prima incrementa, se tendrá mayor cantidad de producto regenerado, por ende, incrementa el ingreso.

Se determinó la factibilidad de implementar la planta de regeneración de aceites lubricantes usados en la ciudad de Cuenca, mediante el análisis del punto de equilibrio, al determinar cuántos barriles es preciso regenerar para cubrir los costos fijos y variables que se generan cada año.

Al obtener un VAN positivo nos da a conocer que la planta genera utilidades recuperando la inversión inicial, además se tiene que la máxima rentabilidad que el proyecto

proporciona es del 28% en comparación a la mínima exigida del 10,5%, es decir, se recomienda realizar la inversión.

Según (Mazarredo, 1999), 5 litros de aceite usado quemado contamina cerca de 1 millón de metros cúbicos de aire. En nuestro caso con la regeneración de aceites automotrices usados se evita la incineración mensual de 38.000 galones de aceite usado, que contamina aproximadamente  $19.000'000.000 m^3$  de aire, cantidad que es respirada por 19.000 personas en el lapso de 3 años.

De igual manera evitamos que se contamine el agua por derrames, de acuerdo a (Bajo el Agua, 2004) un galón de aceite lubricante usado es capaz de contaminar 1'000.000 galones de agua. Además, teniendo en cuenta también que un litro de aceite usado contamina aproximadamente  $4050 m^2$  de suelo.

De acuerdo a, (Sigaus, 2013) por cada 3 litros de aceite usado se consiguen 2 litros de aceite nuevo, mientras que para obtener la misma cantidad de aceite a partir del primer refino del petróleo necesitaremos cerca de 140 litros.

Es decir, se lograría regenerar aproximadamente 456.000,00 galones de aceite lubricante usado al año, evitando emplear 31'920.000,00 galones de petróleo.

La generación de este proyecto traerá beneficios ambientales y económicos, sin embargo, también se obtendrán beneficios a la sociedad, ya que generara plazas de trabajo para muchas personas, esto es un punto importante que se debe tomar en cuenta en la creación de la plata de regeneración.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Se debe continuar con estudios y análisis para la recolección de información, hacia el mejoramiento o implementación de nuevos procesos de tratamiento y regeneración de aceites lubricantes automotrices usados, obteniendo un producto de mejor calidad que no generen residuos tóxicos y reduciendo aún más la formación de contaminantes al ecosistema.

Además, se debe brindar capacitaciones, charlas, seminarios a los ciudadanos, para que puedan tener conocimiento de las causas que genera el uso inadecuado del aceite lubricante usado, de esta manera poder implementar una cultura ambiental hacia el correcto manejo de agentes contaminantes, garantizando la protección del ser humano y del medio ambiente.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Agua, B. e. (25 de Mayo de 2004). *Bajo el Agua*. Obtenido de <http://www.bajoelagua.com/articulos/reportajes-buceo/630.htm>
- Allevato, H. L. (2001). *Reuso - Reciclaje de aceites lubricantes*.
- American Society of Testing Materials. (1998). *Standard Practice for Calculating Viscosity Index From Kinematic Viscosity at 40 and 100°C. ASTM D 2270*. Pennsylvania, Estados Unidos.
- Andrade, C. (2015). *Propuesta de un Plan de Manejo Sustentable de los Aceites Asados Provenientes de los Talleres Automotrices y Lubricadoras del Cantón Cañar*. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Audibert, F. (2006). *Waste Engine Oils: Rerefining and Energy Recovery*. Amsterdam: Elsevier .
- Baráibar, F. (Septiembre de 2014). *CEMPRE Uruguay*. Obtenido de CEMPRE Uruguay: [http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com\\_content&view=article&id=79&Itemid=97](http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=97)
- Barrera, L. (2015). *Diagnóstico de la contaminación ambiental causada por aceites usados provenientes del sector automotor y planteamiento de soluciones viables para el gobierno autónomo descentralizado del cantón azogues*. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Becker, D. A. (1982). *Measurements and Standards for Recycled Oil, IV: Proceedings of a Conference*. Washington DC: University of Michigan .
- Beltrán, J. L. (2012). *Propuesta para el manejo de fluidos contaminantes de un taller automotriz en el sector sur del Distrito Metropolitano de Quito*. Tesis de grado, Escuela Politécnica del ejercito, Latacunga.
- Bernd Bilitewski, R. M. (2012). *Global Risk-Based Management of Chemical Additives I*. Barelona: Springer .

- Brinkman. (1987). Technologies for re-refining use lubricating oil. *Lubrication Eng*, 324 - 328.
- Company, C. (8 de Junio de 2006). *Contabilidad Company*. Obtenido de [http://www.contabilidad.com.py/articulos\\_73\\_costos-directos-e-indirectos.html](http://www.contabilidad.com.py/articulos_73_costos-directos-e-indirectos.html)
- Crespo, J. (2012). *Programa de Recoleccion de Aceites Usados*. ETAPA EP, Cuenca.
- Cruz, J. V. (2009). *Levantamiento del Catastro de Generadores, Diseño de un Plan de Recolección y Alternativas Para la Disposición Final de los Aceites Usados en el Cantón*. Escuela Politecnica Nacional, Quito.
- Diaz, L. M. (2010). *Desde el aceite lubricante hasta su puesta en el mercado tras su regeneracion*.
- Díaz, L. M. (2010). *Desde el Aceite Lubricante Usado Hasta su Puesta en el Mercado Tras su Regeneración*. Escuela de Organizacion Industrial.
- EMOV. (8 de Enero de 2016). *EMOV*. Obtenido de Empresa Pública de Movilidad, Transito y Transporte de Cuenca: <http://www.emov.gob.ec/?q=content%2Finicia-matriculaci%C3%B3n-vehicular-del-2016>
- EPA. (Noviembre de 2010). *Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos*. Recuperado el 1 de Febrero de 2017, de Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos: [https://webapp1.dlib.indiana.edu/virtual\\_disk\\_library/index.cgi/4928837/FID3050/Pdfs/sp-mgoil.pdf](https://webapp1.dlib.indiana.edu/virtual_disk_library/index.cgi/4928837/FID3050/Pdfs/sp-mgoil.pdf)
- ETAPA EP. (2016). *Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2016, de Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca: <http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Gesti%C3%B3n-ambiental/Gesti%C3%B3n-de-Desechos-y-Calidad-Ambiental/Programa-de-Recolecci%C3%B3n-y-Disposici%C3%B3n-de-Aceites-Usados>

- Gordón, D. (2005). *Diagnóstico del Manejo de Los Residuos Peligrosos en Ecuador*. Fundacion Natura. Quito.
- GULF OIL ARGENTINA S.A. (2016). *Manual Técnico, Lubricantes*. Buenos Aires.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1986). *Productos de petróleo. Determinación de la viscosidad cinemática y dinámica en líquidos transparentes y opacos, NTE INEN 810*. Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1986). *Productos de petróleo. Determinación de los puntos de inflamación y combustión en vaso abierto. Cleveland, NTE INEN 808*. Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1995). *Derivados del Petróleo. Bases Lubricantes Para Uso Automotor. Requisitos. NTE INEN 2029*. Quito, Ecuador.
- Jacques Denis, J. B. (1997). *Lubricant Properties, Analysis and Testing*. Paris: Editions Technip Paris.
- Jesus, N. (2015). *Manipulación y ensamblaje de tuberías*. Madrid: PARANINFO S.A.
- Lideres. (18 de julio de 2016). *Revista Lideres*. Recuperado el 1 de Febrero de 2017, de <http://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-lubricantes-ecuador-vehiculos-aceites.html>
- López, B. s. (s.f.). *Ingeniería Industrial Online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/an%C3%A1lisis-del-punto-de-equilibrio/>
- Mazarredo, A. (1999). *Depuroil. S.A.* Obtenido de <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html>
- Menendez, A. F. (2004). *Estudio experimental para la regeneracion de aceites automotrices usados mediante la extracion supercritica*. Mexico D.F.
- Ministerio del Ambiente Colombia. (2006). *Manual Técnico para el Manejo de Aceites Usados*. Bogota: Digital Exprés.
- Montes, M. (2003). *Re- Refinado de Aceites Usados*. Vigo.

- O29:1995, N. I. (1995). INEN 2 029:1995. *DERIVADOS DEL PETRÓLEO. BASES LUBRICANTES PARA USO AUTOMOTOR. REQUISITOS*. Ecuador.
- ONCAE. (2016). *Estudio de Mercado Lubricantes Para Vehículos*. HONDURAS: Oficina Normativa de Contratación y Adquisiciones del Estado.
- Payri, F. G. (2006). *Diagnóstico de Motores Diesel mediante el análisis de Aceites Usados*. Valencia: Reverté.
- Pesantes, E. (18 de Julio de 2016). *Revistalideres*. Obtenido de Revistalideres: <http://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-lubricantes-ecuador-vehiculos-aceites.html>
- ReTAP), R. T. (1995). *Solvenet Extraction Technology for Used Oil Treatment*. Washington.
- S.L., S. P. (s.f.). *Suministros Pamar S.L.* Obtenido de <http://www.suministrospamar.es/index.php/lubricantes>
- Sarango, D. A., & Moncayo, P. A. (Mayo de 2016). Determinación del indicador kilómetros - vehículo recorrido (KVR) para la ciudad de Cuenca.
- Sigaus. (2013). *Sigaus*. Obtenido de <http://www.sigaus.es/consumidores/sab%C3%ADas-qu%C3%A9.aspx>
- V. Stepina, V. V. (1992). *Lubricants and Special Fluids*. Amsterdam: ELSEVIER.
- Viteri, J. (s.f.). *Blog todo comercio exterior*. Obtenido de <http://blog.todocomercioexterior.com.ec/2010/01/como-calcula-impuestos-tributos.html>