



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN Y DISPOSICIÓN
FINAL DE RESIDUOS LÍQUIDOS DE ACEITE LUBRICANTE
EMPLEADO EN UN TALLER AGRÍCOLA**

Ronald Mauricio Salazar Menéndez

Asesorado por el Ing. José Manuel Tobar Reyes

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN Y DISPOSICIÓN
FINAL DE RESIDUOS LÍQUIDOS DE ACEITE LUBRICANTE
EMPLEADO EN UN TALLER AGRÍCOLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RONALD MAURICIO SALAZAR MENÉNDEZ

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MANUEL TOBAR REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León Paz
EXAMINADOR	Ing. Eduardo Federico Flores Salazar
EXAMINADOR	Ing. Mario Alberto Estrada Cuellar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS LÍQUIDOS DE ACEITE LUBRICANTE EMPLEADO EN UN TALLER AGRÍCOLA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrados, con fecha 13 de febrero de 2015.



Ronald Mauricio Salazar Menéndez



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



ADSE-MEAPP-0002-2015

Guatemala, 02 de Junio de 2015.

Director:
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos **Ronald Mauricio Salazar Menéndez** con carné número **2007-14868**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

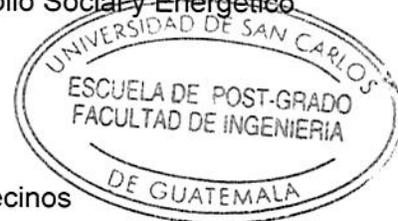
JOSÉ MANUEL TOBAR REYES
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO 12396

Msc. Ing. José Manuel Tobar Reyes.
Asesor (a)

Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504

Msc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepique
Coordinador de Área
Desarrollo Social y Energético

MSc. Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/ec



REF.DIR.EMI.117.015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS LÍQUIDOS DE ACEITE LUBRICANTE EMPLEADO EN UN TALLER AGRÍCOLA**, presentado por el estudiante universitario **Ronald Mauricio Salazar Menéndez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2015.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS LÍQUIDOS DE ACEITE LUBRICANTE EMPLEADO EN UN TALLER AGRÍCOLA**, presentado por el estudiante universitario: **Ronald Mauricio Salazar Menéndez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguila Blanco
Decano



Guatemala, julio de 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi luz y guía en todo momento y por permitirme cumplir este sueño.
- Mi padre** Ronald Salazar, por ser mi ejemplo en la vida, por su apoyo incondicional, sus sabios consejos y su gran amor.
- Mi madre** Mirian Menéndez, por su apoyo, amor incondicional y por estar siempre pendiente de mí.
- Mis hermanos** José Carlos y José Eduardo, por su amistad, cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por darme la oportunidad de pertenecer a esta prestigiosa casa de estudios y prepararme para ser un profesional.

Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA)

Por los conocimientos adquiridos e inculcarme la disciplina en el estudio.

Mi asesor

Por su ayuda durante el proceso de graduación.

Sra. Silvia Carrillo

Por todo el apoyo y cariño brindado durante mi carrera universitaria.

Mis padres

Ronald Salazar y Mirian Menéndez por su apoyo y amor incondicional a lo largo de toda mi vida.

Mis amigos

Por los buenos momentos y experiencias vividas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
RESUMEN.....	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Muestreo de aceite	3
2.1.1. Muestreo usando una sonda de válvulas de aceite.....	4
2.1.2. Muestreo usando el método de extracción por vacío	4
2.1.3. Tratamientos a los residuos de aceites lubricantes	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS.....	11
6. ALCANCES.....	13
7. MARCO TEÓRICO	15
7.1. Definición de aceite lubricante.....	15
7.2. Clasificación del aceite lubricante.....	15
7.3. Aceites lubricantes.....	16

7.3.1.	Bases minerales.....	16
7.3.2.	Parafínicas	16
7.3.3.	Nafténicas	17
7.3.4.	Bases sintéticas:	17
7.4.	Aditivos.....	17
7.4.1.	Mejoradores del índice de viscosidad	18
7.4.2.	Depresores del punto de congelación.....	18
7.4.3.	Aditivos de untuosidad	18
7.4.4.	Aditivos dispersantes	18
7.5.	Tribología	18
7.5.1.	Fundamentos de la tribología.....	19
7.6.	Fricción.....	19
7.7.	Viscosidad.....	19
7.8.	Aceite usado	20
7.9.	Alternativas de gestión de los aceites usados.....	21
7.9.1.	Reutilización.....	21
7.9.2.	Regeneración.....	21
7.9.3.	Valorización energética.....	21
7.9.4.	Destrucción en incineradores.....	22
7.10.	Gestión integral en el manejo de aceites usados.....	22
7.11.	Efectos a la salud humana de los contaminantes presentes en los aceites usados.....	22
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO	23
9.	METODOLOGÍA	27
9.1.	Tipo de estudio.....	27
9.1.1.	Fase 1: Descripción del proyecto	27
9.1.2.	Fase 2: Diagnóstico actual.....	28

9.1.3.	Fase 3: Análisis de los procesos	28
9.1.4.	Fase 4: Propuestas de mejora.....	30
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	31
11.	CRONOGRAMA.....	33
12.	RECURSOS NECESARIOS	35
13.	BIBLIOGRAFÍA	37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Cronograma 33

TABLAS

1. Valores de los coeficientes de fricción 20
2. Recursos financieros..... 36

RESUMEN

La contaminación ambiental en Guatemala ocurre por diversas de razones y una de ellas, es la falta de prevención. Debido a que muchas actividades que existen en el país son agrícolas, las cuales involucran el uso de maquinaria y ello implica que existe algún tipo de contaminación en sus mismos procesos.

En el presente trabajo se hará una gestión y disposición de los residuos líquidos de aceite lubricantes empleados en los talleres agrícolas.

En el primer capítulo se realizará una descripción teórica, relacionada con el tema en estudio, enfatizado en los conceptos utilizados en la investigación y en las metodologías que se pueden emplear para ayudar a resolver el problema en estudio. En el segundo capítulo se desarrollará una recopilación de datos enfocada en la situación actual y en el diagnóstico del área y proceso de la investigación. En el tercer capítulo se elaborarán análisis de los datos recopilados, con el fin de obtener estimaciones que permitan realizar propuestas reales y factibles. En el cuarto capítulo se darán propuestas de mejoras a los procesos actuales, con el fin de realizar una gestión integral sobre el uso y disposición del aceite lubricante.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los residuos es un tema que ha tomado gran importancia en los últimos años, debido al uso inadecuado que se les da, así como las malas prácticas de recolección, clasificación y desecho que se utilizan.

En el caso del aceite usado es un residuo derivado del petróleo de muy difícil manejo. Este puede ser generador de serios problemas de contaminación en recursos como el agua, el más importante, ya que del mismo depende la sustentabilidad de la vida en todas sus manifestaciones. Es de notar que una cantidad tan pequeña como una gota de aceite es capaz contaminar el equivalente a mil gotas de agua.

El aceite es un medio de lubricación que permite aislar el contacto entre pieza con pieza, evitando y disminuyendo el roce y desgaste entre ellas. Esto permite obtener una optimización de la vida útil del material. Es de uso en todo tipo de maquinaria y debe ser renovado periódicamente para garantizar su buen funcionamiento. El mayor problema al utilizar aceite es la forma en que se realiza su disposición final, es decir cuando ya cumplió su función principal y fue extraído de la maquinaria, pasa a ser un residuo de difícil manipulación y comercialización.

El problema que debe resolverse, en el estudio, es la gestión del aceite lubricante desde que es adquirido, pasando por todo su proceso de operación en la maquinaria agrícola, para posteriormente ser reciclado y puesto en disposición final. Todo esto para proponer mejoras en el sistema de reciclaje, en el proceso de adquisición y en la forma de disposición actual, así como plantear

el uso de instalaciones y equipo adecuado para garantizar la correcta manipulación del mismo. Se debe cumplir con las normas ISO 9001:2008 y FSSC 22000 establecidas en la organización, basadas en cuatro pilares básicos: calidad, inocuidad, salud y seguridad ocupacional y gestión ambiental.

2. ANTECEDENTES

En el año 2012 se realizó un estudio en Guatemala definiendo las características de los aceites lubricantes usados. Esto con el fin que puedan ser utilizados en algún proceso de valorización energética, buscando minimizar la contaminación ambiental que provocan.

En investigación, realizada en el 2012, se buscaba determinar si el aceite usado es factible utilizarlo en algún otro proceso sin contaminar el ambiente. Para ello se definieron los contenidos de agua que contienen y los metales pesados que se encuentran en estos. Además de una determinación del poder calorífico que presentan ya que está estrechamente relacionado con una factibilidad económica que puede generarse después de la que los aceites cumplan con su vida útil.

En la parte concluyente se describió que el aceite usado posee un poder calorífico similar al de un combustible fósil, por lo cual se puede usar sin ningún problema para aplicaciones posteriores. (Monterroso, 2012).

2.1. Muestreo de aceite

El muestreo de aceite permite obtener resultados representativos de una población grande, para realizarlo se pueden llevar a cabo algunos métodos como:

2.1.1. Muestreo usando una sonda de válvulas de aceite

Este método consiste en insertar una sonda en el punto a medir, en este caso se localiza en la bayoneta de medición de nivel de aceite de motor. En este lugar se inserta una sonda de aproximadamente 15 centímetros, el motor debe estar en funcionamiento en ralentí y se recoge una muestra de 100 mililitros aproximados. La primera muestra debe ser desechada ya que solo se utiliza para limpiar el sistema de impurezas en la superficie del aceite, para el desecho se usa una bolsa plástica y se sigue el procedimiento establecido por el Departamento de Gestión Ambiental sobre desecho de lubricantes. Posteriormente se realiza el mismo paso, pero en este caso la muestra obtenida se almacena en un depósito plástico. Se identifica y se prepara para enviar a un laboratorio para analizarlo (Hernández, 2007).

2.1.2. Muestreo usando el método de extracción por vacío

En este método debe insertarse un tubo o una sonda a la mitad de la profundidad del depósito o tanque que contiene el aceite. En el caso de un motor es la aceitera o carter. El motor debe estar apagado y la extracción se realiza por medio de una bomba de vacío, la cantidad de aceite para la muestra puede variar, pero normalmente oscila entre 100 y 150 mililitros. (Hernández, 2007).

El muestreo del aceite se lleva a cabo con el objetivo de determinar si se ha degradado por la acción de algún componente externo, identificando indicadores clave que evalúan el estado del mismo. Entre ellos se mencionan: el contenido de azufre o sulfatos, la presencia de hollín, el grado de viscosidad, el contenido de agua, el contenido de silicio, entre otros. Este último es importante ya que una concentración fuera de lo normal de silicio, corresponde

a contaminación por polvo o tierra y da la pauta para analizar detenidamente el régimen de mantenimiento diario que se le practica a la maquinaria. (Hernández, 2007).

El análisis de los aceites lubricantes es una técnica que permite planear y hacer más eficiente el mantenimiento preventivo y predictivo de la maquinaria, principalmente de los motores de combustión interna. Es un procedimiento que determina lo que sucede dentro del motor, por medio del análisis de los componentes que se detectan en una evaluación de laboratorio. Esto ayuda, ambientalmente, a disminuir la contaminación que un motor puede generar al operar en condiciones de deficiente lubricación. La prevención solo se puede lograr con análisis de los aceites usados. (Viteri, 2011).

2.1.3. Tratamientos a los residuos de aceites lubricantes

Los residuos de lubricantes o aceites usados pueden ser empleados en algunos casos para la generación de energía. De no ser aprovechados pueden ser eliminados por medio de algunos métodos como la incineración, que consiste en la aplicación de altas temperaturas en un horno hermético, transformando químicamente los residuos en sustancias menos contaminantes al ambiente. El horno o incinerador debe estar situado en un lugar destinado para el control de los residuos de aceites lubricantes. (Argueta, 1999).

En el 2011 se realizó, en Argentina, un estudio en donde se determina que los aceites lubricantes usados pueden ser recuperados a tal punto en procesos de lubricación de piezas mecánicas en distintos tipos de maquinaria. Luego de ser extraído del cárter o aceitera de los motores de combustión interna se puede realizar el proceso para retirar contaminantes y devolverle algunas propiedades que permiten usarlo nuevamente. Para procesarlos es

necesario contar con una planta especializada en realizar este tipo de trabajos.
(Nervo, 2011).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un taller agrícola se realizan varios trabajos con el propósito general de dar mantenimiento a la maquinaria. Todos los equipos deben pasar por un proceso detallado y normalizado para cumplir con el procedimiento establecido de la ruta de mantenimiento adecuada. Para realizar todas estas labores se ocupa gran cantidad de repuestos y materiales, entre los cuales, uno muy importante, es el aceite lubricante ya que depende, en gran parte, la durabilidad de los componentes mecánicos.

Luego de que este aceite lubricante cumple su vida útil en la maquinaria debe ser desechado, siendo un inconveniente en el lugar de estudio, pues no existe una gestión establecida sobre el procedimiento a realizarse para el desecho de este material. De igual manera tampoco se cuenta con instalaciones ni equipo adecuado para extraer, manipular y almacenarlo, generando derrames y suciedad, y una apariencia poco agradable a la vista.

Se define como primera pregunta:

- ¿Cómo establecer una gestión integral sobre el uso y disposición final del aceite empleado en un taller agrícola?
- Se necesitará responder esta pregunta con las preguntas secundarias:
- ¿Cuáles son los tipos de aceite que se utilizan?
- ¿Cuáles con las regulaciones ambientales y normas que rigen el uso y disposición del aceite en la organización?
- ¿Qué cantidad de aceite usado se genera?, ¿qué componentes tiene un aceite usado?

- ¿Qué instalaciones y equipos se necesitan para la correcta manipulación del aceite?
- ¿Cuál debe ser el procedimiento para la disposición del aceite?

4. JUSTIFICACIÓN

El proyecto a realizarse se clasifica en la línea de investigación: Gestión de Residuos.

En la actualidad no hay una metodología establecida que sea adecuada para realizar el proceso de disposición final del aceite lubricante en el taller agrícola en estudio. Ello genera derrames por la inadecuada manipulación, manchas en los lugares de trabajo, mal aspecto en el área y contaminación a los terrenos en donde se realiza la operación de cambio de aceite e incluso a fuentes de agua cercanas. Es un problema social por el descontento de las comunidades cercanas a donde pueda llegar el agua contaminada, pudiendo ser una causa de una posible sanción por parte de normas que rigen la comercialización del producto final en la organización.

Es importante plantear una metodología o procedimiento que contemple todo lo relacionado al uso, manipulación y disposición final del aceite lubricante que ya cumplió con su vida útil en los componentes empleados. Debe garantizar la inocuidad del producto final, ya que una gota de aceite es capaz de contaminar hasta mil gotas de agua y de igual manera contribuye de manera significativa en la contaminación de la caña de azúcar. Esta contaminación es desde que tiene contacto con el aceite usado, dejado como una mala práctica en los campos de cultivo realizando las labores de cambio de aceite a la maquinaria, hasta la obtención del producto final después de todo el procesamiento. Por tal manera se debe ser más eficaces en la utilización del aceite, disminuyendo los derrames y la contaminación que puedan causar en el transcurso de la producción de azúcar final.

Por ser una organización exportadora en la agroindustria es de mucho interés el cumplimiento de los requerimientos que contemplan las normas internacionales. Estas rigen la operación y el tema de la disposición final del aceite empleado en la operación, siendo un medio que puede ser generador de una gran contaminación al medio ambiente y al producto final.

5. OBJETIVOS

General:

Establecer un sistema de gestión sobre la utilización y disposición del aceite lubricante empleado en un taller agrícola en un ingenio azucarero.

Específicos:

1. Describir los distintos tipos de aceite empleados y sus características.
2. Describir las regulaciones ambientales y normas que rigen el uso y desecho de aceite en la organización.
3. Determinar la cantidad que se desecha de cada tipo de aceite en un periodo determinado de tiempo.
4. Determinar los componentes que contiene el aceite usado y las vías de tratamiento.
5. Establecer el uso de instalaciones y equipos adecuados que permitan la adecuada manipulación y disposición del aceite.

6. ALCANCES

La investigación a realizar, en el presente estudio, abarcará una serie de temas y aspectos relacionados con el medio ambiente y las normas que lo protegen en relación con la contaminación generada por los aceites lubricantes.

El estudio se realizará en un taller agrícola de un ingenio azucarero, que actualmente tiene falta de procedimientos sobre la manipulación y disposición del aceite lubricante usado en la maquinaria. Por lo tanto tendrá un alcance de mucha relevancia a nivel de la organización, llegando a conocerse al Departamento de Gestión Ambiental de la empresa. Además de ser una base para el cumplimiento de las auditorías para las recertificaciones de la norma ISO 9001:2008 y FSSC 22000, involucrará a todo el personal del área de maquinaria de la empresa, desde nivel técnico, supervisión, coordinación y jefatura y de igual manera contará con la participación de personal de los departamentos del área logística, encargados de la compra y almacenaje de los lubricantes.

Es un estudio muy importante, ya que a nivel nacional existe muy poca investigación realizada en el tema de residuos líquidos y menos aún en el caso especial del aceite usado. Esto facilitará en parte con el cumplimiento de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

Existen algunas limitantes, en la realización de la investigación, como expandir el estudio en áreas fuera del taller, en los lugares en donde trabaja la maquinaria agrícola. En algunos casos se realizan labores en donde se usa aceite en condiciones diferentes a las de un taller. Debido al alto costo, no se

podrá construir un sistema nuevo de disposición de aceite usado, sino que se destinarán recursos para adecuar el sistema actual a las recomendaciones de la investigación.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Definición de aceite lubricante

La palabra lubricante se obtiene del latín *lubricus* que hace mención a algo resbaladizo tal como el aceite y se relaciona con todas las sustancias que sirven para disminuir y evitar el contacto y rozamiento entre dos metales o superficies, cuando una o ambas están en movimiento. Se pueden presentar en estado sólido o líquido y un estado intermedio como en el que se encuentran las grasas. Los lubricantes cumplen varios objetivos entre los cuales se encuentran:

- Reducir el contacto o rozamiento para también reducir el desgaste y las pérdidas en la potencia.
- Actuar como refrigerante y limpiar impurezas de las piezas.

Para lograr lo anterior, los lubricantes deben poseer buena resistencia, ser poco volátiles y lo más estable posible. (Elizagárate, 2010).

7.2. Clasificación del aceite lubricante

En la actualidad existen distintas clasificaciones de los lubricantes, principalmente con base en sus propiedades y al tipo de trabajo para el que son aptos. Entre estas clasificaciones están: La Asociación Internacional del Petróleo (API), la Organización Japonesa de Estándar Automotriz (JASO), la Asociación de Constructores Europeos de Automóviles (ACEA) y la Sociedad

de Ingenieros Automotrices (SAE). Las primeras clasifican el aceite con base en el lugar en donde se fabricará y comercializará y la última los relaciona con base en la viscosidad.

API, ACEA y JASO consideran que todos los motores funcionan en condiciones diferentes con base en su diseño y a la capacidad satisfaciendo estas necesidades. Mientras que SAE clasifica a los aceite solo por la capacidad de viscosidad que contengan. Cada organización asigna denominaciones y códigos propios para sus aceites. (Montero, 2011).

7.3. Aceites lubricantes

Los lubricantes líquidos se fabrican partiendo de una base, que puede ser un aceite mineral o sintético. Se añaden unos aditivos que confieren al aceite las propiedades específicas requiriendo el servicio en el que vaya a ser utilizado.

7.3.1. Bases minerales

A la hora de formular un aceite mineral es fundamental elegir las bases más adecuadas.

7.3.2. Parafínicas

En principio son las más favorables debido a que tienen índices de viscosidad elevados.

7.3.3. Nafténicas

Tienen menores índices de viscosidad pero a cambio tienen puntos de congelación más bajos.

7.3.4. Bases sintéticas

Son las que se obtienen de un proceso químico y no de un método físico como la mayoría.

- Las bases sintéticas más comúnmente utilizadas son:
- Polialfaolefinas
- Poliésteres
- Condensados de óxidos de etileno y propileno
- Siliconas

7.4. Aditivos

Son los elementos que mejoran las características específicas que requiere cada lubricante según su campo de aplicación y se encuentran los siguientes:

7.4.1. Mejoradores del índice de viscosidad

Polímeros de elevado peso molecular cuya función es proporcionar una viscosidad adecuada en un amplio rango de temperaturas. (Elizagárate, 2010).

7.4.2. Depresores del punto de congelación

Compuestos que modifican el proceso de cristalización de las parafinas, rompiendo los cristales que se van formando según desciende la temperatura (Elizagárate, 2010).

7.4.3. Aditivos de untuosidad

Disponen sus moléculas adheridas a las superficies metálicas mediante fuerzas de tipo electrostático para evitar el contacto destructivo metal-metal (Elizagárate, 2010).

7.4.4. Aditivos dispersantes

Mantienen en suspensión las partículas que son arrancadas por los detergentes. (Elizagárate, 2010)

7.5. Tribología

Es la ciencia que se encarga del estudio de las piezas en contacto, desde el punto de vista del desgaste, la lubricación y la fricción que se genera entre ellas (Díaz, 2007).

7.5.1. Fundamentos de la tribología

Se centra en el estudio de tres fenómenos principales: la fricción entre dos cuerpos en movimiento, el desgaste causado por la fricción y la lubricación como un medio para evitarlo. Está presente en la mayoría de partes de una máquina, de un motor y en muchos componentes de la industria mecánica. Algunos de los componentes mecánicos relacionados con la tribología son: cojinetes o rodamientos, frenos, embragues, anillos, sellos, levas, engranajes. (Díaz, 2007).

7.6. Fricción

Al tratar de deslizar una superficie sobre otra debe vencerse una resistencia, esta fuerza que se opone al movimiento se conoce como fricción. La fricción es necesaria ya que sin ella no se podría mover o detener un vehículo en la carretera. Es uno de los factores más importantes a considerar en la tribología y por eso mismo es el elemento a vencer. (Díaz, 2007)

7.7. Viscosidad

La viscosidad de un fluido puede definirse desde un punto de vista práctico, como la resistencia del mismo a fluir, y es por tanto, una medida de su rozamiento interno. Mientras menor sea este rozamiento, más fácilmente fluirá y por lo tanto su viscosidad será menor. (Martínez, 2007)

Tabla I. **Valores de los coeficientes de fricción**

Coeficientes de rozamiento de algunas sustancias		
Materiales en contacto	Fricción estática	Fricción cinética
Hielo // Hielo	0,1	0,03
Vidrio // Vidrio	0,9	0,4
Madera // Cuero	0,4	0,3
Madera // Piedra	0,7	0,3
Madera // Madera	0,4	0,3
Acero // Acero	0,74	0,57
Acero // Hielo	0,03	0,02
Acero // Latón	0,5	0,4
Acero // Teflón	0,04	0,04
Teflón // Teflón	0,04	0,04
Caucho // Cemento (seco)	1,0	0,8
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Cobre // Hierro (fundido)	1,1	0,3
Esquí (encerado) // Nieve (0°C)	0,1	0,05
Articulaciones humanas	0,01	0,003

Fuente: elaboración propia.

7.8. **Aceite usado**

Es cualquier aceite refinado del petróleo crudo o de origen sintético que haya sido utilizado en los motores de cualquier tipo de maquinaria y vehículos de transporte y que durante su uso se mezclaron con impurezas como tierra, partículas de metal, agua y sustancias tóxicas que lo contaminan y afectan sus características físicas y químicas y con ello su rendimiento. Algunos de los componentes que están presentes en el aceite son: zinc, cadmio, aluminio, cloro, fósforo, azufre, entre otros. (Monterroso, 2012).

7.9. Alternativas de gestión de los aceites usados

A continuación se presentan cuatro alternativas de gestión para los aceites usados, ordenadas de acuerdo a principios ambientales.

7.9.1. Reutilización

Es el que se recuperan haciéndolo pasar por procesos de filtrado removiendo aceite las partículas extrañas que contiene para ser empleado en labores similares a las que se usaba con anterioridad. Para el filtrado se utilizan tamaños de poros especiales que sean más pequeños que las partículas que se pretenden eliminar (Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2002).

7.9.2. Regeneración

Es la remoción de los contaminantes que se producen de la oxidación del aceite lubricante. Es posible la recuperación material, de las bases lubricantes presentes en el aceite original, mediante distintos tratamientos, de manera que resulten aptas para su reformulación y utilización. Casi todos los aceites usados son regenerables, aunque en la práctica la dificultad y el costo hacen inviable esta alternativa para aceites usados con alto contenido de aceites sintéticos, agua y sólidos. (Allevato, 2001).

7.9.3. Valorización energética

El empleo de los aceites lubricantes usados para el proceso de valorización energética requiere de un proceso físicoquímico con el fin de eliminar las impurezas. El objetivo es obtener una sustancia que sea capaz de tener una combustión para ser empleada en motores de combustión interna de

maquinaria agrícola. Tuvo una gran importancia en 1990 por la gran demanda de los componentes energéticos que se podían obtener de residuos. (Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente , 2009).

7.9.4. Destrucción en incineradores

Esta metodología se basa en las ventajas ambientales que presenta, ya que permite ahorrar materia prima, genera pocas emisiones y olores, así como una menor cantidad de residuos. Existen procesos de regeneración que son muy contaminantes, por lo cual la valorización energética, por medio de incineradores, es una alternativa conveniente. (Monterroso, 2012)

7.10. Gestión integral en el manejo de aceites usados

La gestión integral incluye el manejo de los aceites desde la generación hasta el procesamiento o disposición final de los mismos.

7.11. Efectos a la salud humana de los contaminantes presentes en los aceites usados

Los aceites que ya fueron usados pueden contener una gran cantidad de sustancias y componentes como: plomo, cromo, aluminio, bario y zinc, entre otros. Todos estos son perjudiciales para la salud, pudiendo causar problemas de la piel como irritaciones o dermatitis, problemas de tos, bronquitis y hasta Alzheimer y en algunos casos, hasta de cáncer, (Ortiz, 2007).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

- 1.1. Función del taller
- 1.2. Ciclo de Deming
- 1.3. Áreas de trabajo
- 1.4. Actividades realizadas
- 1.5. Maquinaria utilizada
- 1.6. Indicadores principales
- 1.7. Tribología
- 1.8. Aceite lubricante
 - 1.8.1. Aceite monogrado
 - 1.8.2. Aceite multigrado
 - 1.8.3. Aceite sintético
 - 1.8.4. Aceite mineral
- 1.9. Consumo de aceite
- 1.10. Aceite usado
 - 1.10.1. Componentes del aceite usado
 - 1.10.2. Muestreo del aceite usado
- 1.11. Sistema de gestión

- 1.11.1. Definición de sistema de gestión
- 1.11.2. Sistema de gestión de calidad
 - 1.11.2.1. Norma ISO 9001:2008
 - 1.11.2.2. Norma IFSSC 22000

2. DIAGNÓSTICO ACTUAL

- 2.1. Descripción de las instalaciones
 - 2.1.1. Áreas de trabajo
 - 2.1.2. Techo
 - 2.1.3. Piso
 - 2.1.4. Iluminación
 - 2.1.5. Instalación eléctrica
 - 2.1.6. Sistema de aire
 - 2.1.7. Sistema de gases de soldadura
 - 2.1.8. Área de fosas
 - 2.1.9. Área de almacenaje de aceite
- 2.2. Descripción de los equipos
 - 2.2.1. Equipo de almacenaje de aceite
 - 2.2.2. Equipo para transporte de aceite
 - 2.2.3. Equipo para manipulación de aceite
- 2.3. Sistema de extracción de aceite
 - 2.3.1. Equipos empleado
- 2.4. Proceso de compra
- 2.5. Transporte
 - 2.5.1. Hacia bodega
 - 2.5.2. Hacia área de taller
- 2.6. Manipulación del aceite
- 2.7. Proceso de extracción del aceite nuevo
- 2.8. Proceso de extracción del aceite usado
- 2.9. Almacenaje del aceite usado
- 2.10. Derrames de aceite

3. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS
 - 3.1. Muestreo de aceite usado
 - 3.1.1. Determinación del número de muestras
 - 3.1.2. Procedimiento para toma de muestras
 - 3.1.3. Determinación de los componentes del aceite
 - 3.2. Normas de calidad relacionadas
 - 3.2.1. ISO 9001:2008
 - 3.2.1.1. Registros de utilización de aceite
 - 3.2.1.2. Registros de cambios de aceite
 - 3.2.2. IFSSC
 - 3.3. Diagramas de proceso
 - 3.3.1. Diagrama de flujo del proceso de utilización del aceite
 - 3.3.2. Diagrama de flujo del proceso de disposición del aceite usado
 - 3.4. Utilización de aceite
 - 3.4.1. Cantidad de aceite empleado por máquina
 - 3.4.2. Tipo de aceite empleado por máquina
 - 3.4.3. Utilización de aceite en temporada de zafra
 - 3.4.4. Utilización de aceite en temporada de reparación
4. PROPUESTAS DE MEJORA
 - 4.1. Procedimiento para la manipulación de aceite previo a ser usado
 - 4.2. Procedimiento para la extracción de aceite usado
 - 4.3. Instalación para la disposición de aceite usado
 - 4.4. Equipos para la manipulación de aceite
 - 4.5. Diagrama de flujo del proceso de disposición
 - 4.6. Beneficios económicos
 - 4.7. Beneficios ambientales
5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de estudio

En él se describen las actividades realizadas en la actualidad relacionadas con la manipulación, uso y disposición de aceite lubricante y a la vez se cuantifican algunas variables de importancia como la cantidad de aceite utilizada por tipo de maquinaria y por tipo de aceite.

Todo lo anterior se lleva a cabo en cuatro fases, las cuales se describen a continuación:.

9.1.1. Fase 1: Descripción del proyecto

Se pretende explicar los aspectos generales sobre el tema, enfocados principalmente en conocer los distintos tipos de aceites empleados y sus características técnicas.

Se realizará una descripción teórica y técnica de los tipos de aceite existentes, clasificándolos según su grado de viscosidad. Para ello se solicitará información técnica a algunas empresas encargadas de distribuir aceite.

De igual manera, por medio del muestreo que realizan las empresas que proveen el aceite para la operación, se obtendrán resultados de laboratorio en donde se podrá analizar los elementos que contiene y en qué cantidad se presentan.

Para completar la sección de las normas de calidad se solicitará apoyo al Departamento de Gestión de la Calidad de la empresa para obtener información relacionada con las normas ISO 9001.2008 e IFSSC 22000.

9.1.2. Fase 2: Diagnóstico actual

En esta fase se realizará una descripción de las instalaciones y áreas de trabajo actuales, con base en recorridos y a planos de las áreas de trabajo. También se describirán los distintos equipos que se emplean para el transporte, almacenaje y manipulación de aceite, relacionándolos con fotografías para facilitar el conocimiento de estos.

Se mencionará, paso a paso, el procedimiento que se lleva para extraer el aceite nuevo y usado, cómo se almacena y la forma en que se tratan los derrames para minimizar o evitar la contaminación de las áreas.

9.1.3. Fase 3: Análisis de los procesos

Se llevan a cabo algunos análisis del estudio, describiendo el procedimiento para la toma de una muestra y de igual manera se debe determinar el número óptimo de muestras a tomar, considerando que es una población grande de maquinaria. Esto se realizará por medio de la ecuación siguiente:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población

e= límite aceptable de error muestral, normalmente se usa un valor entre 0,01 y 0,09.

Z= valor obtenido mediante niveles de confianza

= desviación estándar de la población

De las muestras obtenidas se realiza una caracterización del aceite para conocer cuáles son los componentes que presenta y si en algún caso pueden ser reutilizados en otras aplicaciones.

Las variables que se deben conocer son principalmente, la viscosidad que presenta, el contenido de silicio, ya que este se relaciona con el polvo o tierra que contiene el lubricante y la presencia de metales como el hierro, dando un parámetro del desgaste que presentan las piezas lubricadas.

En la parte de conocer los registros para el cambio de aceite se recurrirá al Sistema de Gestión de Calidad de la empresa, en donde se encuentran detallados los procedimientos para realizar las labores relacionadas con el cambio de aceite.

Se elaborarán diagramas de flujo de proceso para describir los procedimientos de utilización del aceite y disposición del aceite usado.

Finalmente se determinará la cantidad de aceite empleado en el taller, clasificándolo con base en el tipo de maquinaria y temporada de uso, para ello se debe tomar como base la maquinaria que se encuentra en el maestro de maquinaria de la empresa.

9.1.4. Fase 4: Propuestas de mejora

En la última fase se deben proponer las propuestas de mejora que surgen de los análisis realizados en las fases previas. Estas propuestas irán enfocadas en el incremento de los procedimientos y rutas utilizadas durante muchos años, así como también se deberá proponer mejoras en las instalaciones que se emplean en la actualidad, por medio de planos y gráficos que demuestren las ventajas de su implementación.

De igual manera se hará énfasis en los beneficios que las propuestas generarán a la empresa, beneficios de tipo económicos y ambientales.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Las técnicas que se usarán para analizar la información son:

- Diagrama de flujo

Es una herramienta que permite describir gráficamente los procedimientos, clasificando las actividades en operación, transporte e inspección y se utilizarán en los procesos de extracción del aceite nuevo y usado y en la utilización y disposición del mismo.

- Determinación del tamaño de la muestra

Se debe calcular para conocer el número ideal de muestras a tomar, para realizar la evaluación del aceite usado que se extrae de la maquinaria. Debe ser calculado cumpliendo con niveles de confianza estadísticos adecuados para este estudio.

- Media aritmética o promedio

Permitirá conocer la cantidad de aceite usado por unidad de tiempo en cada tipo de maquinaria y con cada tipo de aceite.

- Diagrama de Ishikawa

Este diagrama aprueba las causas y los efectos que generan un determinado problema y se utilizará en el problema de los derrames de aceite lubricante en el taller.

11. CRONOGRAMA

A continuación se presenta la calendarización de actividades que se llevarán a cabo durante la realización del proyecto:

Figura 1. Cronograma

MES	Abril			Mayo			Junio			Julio		
DESCRIPCIÓN												
Fase 1												
Descripción del proyecto	x											
Descripción de aceite lubricante		x										
Conceptos teóricos generales			x									
Sistemas de gestión de calidad				x								
Fase 2												
Diagnóstico actual					x							
Descripción de las instalaciones					x							
Descripción de los equipos					x							
Sistema de extracción de aceite						x						
Proceso de compra						x						
Transporte						x						
Manipulación de aceite							x					
Proceso de extracción de aceite nuevo							x					
Proceso de extracción de aceite usado								x				
Almacenaje de aceite usado								x				
Fase 3												
Muestreo de aceite usado									x			
Normas de calidad									x			
Diagramas de proceso										x		
Utilización de aceite											x	
Fase 4												
Propuestas de mejora											x	
Conclusiones												x
Recomendaciones												x
Referencias												x
Anexos												x

Fuente: elaboración propia.

12. RECURSOS NECESARIOS

A continuación se describen los recursos necesarios para la investigación:

- Recurso humano:
 - Asesor de tesis
 - Supervisores de taller
 - Colaboradores del proceso
 - Clientes internos

- Recurso material:
 - Computadora
 - Cubeta de 5 galones
 - Cinta métrica de 5 metros
 - Cámara
 - Manuales de maquinaria

- Recurso financiero

Tabla II. **Recursos financieros**

Núm.	Descripción	Costo (Q)
1	Análisis de aceite	2 500
2	Gasto telefónico	200
3	Cubeta de 5 galones	50
4	Cinta métrica	50
5	Internet	300
6	Pago de asesor	2 500
	Total	5 600

Fuente: elaboración propia.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Allevato, H. (2001). *Reciclaje de aceites lubricantes*. Recuperado el 03 de mayo de 2015, <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/congreso/animalub.pdf>
2. Argueta, D. A. (1999). *Consideraciones ambientales para el control y manejo de lubricantes usados y sustancias oleosas*. Guatemala.
3. Arroyo, J. R. (2010). *Fricción dinámica*. Recuperado el 5 de Enero de 2015, de <https://miutj.files.wordpress.com/2009/09/friccion-dinamica.ppt>
4. Díaz, F. (2007). *Tribología: Fricción, desgaste y lubricación*. Obtenido de <http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>
5. Elizagárate, C. (10 de Enero de 2010). *Los lubricantes para automoción*. Obtenido de <http://www.vitess.es/lubricantes.pdf>
6. Fundación laboral del cemento y el medio ambiente . (Noviembre de 2009). *La sustitución de combustibles fósiles en el sector cementero*. Recuperado el 03 de Mayo de 2015, de www.fundacioncema.orgshow_doc.aspx?doc=186
7. Gomez, A. (2005). *Tesis Lubricantes*. Recuperado el Febrero de 2015, de <http://cdigital.udem.edu.co/TESIS/CD-ROM15992005/02.Texto%20completo.pdf>

8. Hernandez, J. F. (2007). *Plan para la lubricación para el mantenimiento mecánico para la maquinaria pesada utilizada en movimiento de tierra, en la industria de la construcción*. Guatemala.
9. Martinez, J. J. (27 de Febrero de 2007). *Fricción fluida y coeficiente de fricción*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://www.lidermind.com.uy/imagenes/consejos/154.pdf>
10. Medina, A. (Septiembre de 2010). Recuperado el 5 de Enero de 2015, de *Leyes de Newton y sus aplicaciones*: http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/fisica-i/contenidos/temas_por_separado/2_ap_newton1011.pdf
11. Montero, G. N. (Noviembre de 2011). *Reproceso y comercialización de aceite lubricante usado*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de www.ucema.edu.ar/posgrado...Tesina_MBA_UCEMA_Montero.pdf
12. Monterroso, A. C. (2012). *Definición de las características de aceites lubricantes usados*. Guatemala.
13. Nervo, G. (Noviembre de 2011). *Reproceso y comercialización de aceite lubricante usado*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de www.ucema.edu.ar/posgrado...Tesina_MBA_UCEMA_Montero.pdf
14. Ortiz, O. (Septiembre de 2007). *Evaluaciones de la gestión integral del manejo del aceite usado*. Recuperado el 01 de Mayo de 2015, de http://www2.medioambiente.gov.ar/ciplycsdocumentosarchivosArchivo_70.pdf
15. Sociedad Pública de Gestión ambiental. (Octubre de 2002). *Gestión eficaz de aceites lubricantes y fluidos hidráulicos*. Recuperado el 02 de

Mayo de 2015, de

[httpwww2.medioambiente.gov.ar/ciplycs/documentos/archivos/Archivo_70.pdf](http://www2.medioambiente.gov.ar/ciplycs/documentos/archivos/Archivo_70.pdf)

16. Viteri, L. (Abril de 2011). *Análisis de la degradación de aceites lubricantes y propuesta de planes de mejora*. Recuperado el 10 de Mayo de 2015, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/1234567899/47165/T00018.pdf>

