



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

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA UNA MÁQUINA COSECHADORA DE CAÑA DE
AZÚCAR MARCA AUSTOFT 7700, Y POSIBLES CAUSAS QUE PROVOCAN LAS FALLAS
MÁS FRECUENTES EN LOS MOTORES DIESEL DE LAS UNIDADES DE TRANSPORTE
DEL INGENIO TULULÁ S.A.**

Byron Eduardo Quexel Hernández
Asesorado por Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, mayo de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA UNA MÁQUINA COSECHADORA DE CAÑA DE
AZÚCAR MARCA AUSTOFT 7700, Y POSIBLES CAUSAS QUE PROVOCAN LAS FALLAS
MÁS FRECUENTES EN LOS MOTORES DIESEL DE LAS UNIDADES DE TRANSPORTE
DEL INGENIO TULULÁ S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BYRON EDUARDO QUEXEL HERNÁNDEZ

Asesorado por: Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a continuación mi trabajo de graduación titulado:

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA UNA MÁQUINA COSECHADORA DE CAÑA DE AZÚCAR MARCA AUSTOFT 7700, Y POSIBLES CAUSAS QUE PROVOCAN LAS FALLAS MÁS FRECUENTES EN LOS MOTORES DIESEL DE LAS UNIDADES DE TRANSPORTE DEL INGENIO TULULÁ S.A.

Tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha, 6 de febrero de 2003.

Byron Eduardo Quexel Hernández

AGRADECIMIENTO A:

DIOS

CREADOR DEL UNIVERSO,
EJE ALREDEDOR DEL CUAL GIRA NUESTRA VIDA,
DADOR DE TODA BUENA DÁDIVA

A MIS AMIGOS

En especial

Dra. MIRTA ROSA BONILLA MAZARIEGOS
Ing. RICARDO BONILLA MAZARIEGOS
Ing. JOEL RAMOS,
RODOLFO MEDRANO,
SAMUEL ADOLFO, RODOLFO AGUILAR,
Y RESPECTIVAS FAMILIAS,

A LOS INGENIEROS

ESDRAS MIRANDA
MARIO RENE PONCE SCHLEEHAUF
JOSÉ LUIS LEÓN FAJARDO

Por su ayuda y apoyo incondicional, sin los cuales
hubiera sido imposible llegar a este momento

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DEDICATORIA

A MIS PADRES

ALBERTO QUEXEL CHIQUITO

IRMA ARACELY HERNÁNDEZ DE QUEXEL

Gracias por su apoyo y sincero amor en todo momento

Dios los bendiga siempre

A MIS ABUELOS

JUAN LEONARDO QUEXEL CAY (+) Lo logramos kon kon

JULIANA CHIQUITO DE QUEXEL (+)

HERCILIA LOPEZ (+)

MARTA JULIA (+)

Dios los tenga en su gloria

A MIS HERMANOS

BRENDA LORENA (+) Angelito de Dios

JUAN ALBERTO Gracias por todo

A MI TÍOS Y PRIMOS

GRACIAS POR SU APOYO

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
OBJETIVOS	XV
RESUMEN	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX

1.GENERALIDADES

1.1	Evolución de la división de T. M. T.	1
	1.1.1 Departamento del taller mecánico	1
	1.1.2 Departamento de maquinaria	2
	1.1.3 Departamento de transporte	2
	1.1.3.1 Transporte de caña	3
	1.1.3.2 Transporte de personal	3
1.2	Distribución actual de T. M. T.	4
	1.2.1 Taller de reparaciones	5
	1.2.2 Taller de servicios	5
1.3	Descripción de la máquina cosechadora	7
1.4	Descripción de las fallas mas comunes de la máquina cosechadora	8
1.5	Diagnóstico situacional de la máquina cosechadora Austoft 7700	8
1.6	Diagnostico situacional de los motores diesel	9

2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

2.1	Objetivos del aceite lubricante	11
2.1.1	Origen y propiedades	13
2.1.2	Clasificación de los aceites según sus aplicaciones	13
2.1.3	Número de base total	19
2.1.4	Causas y efectos de la contaminación y degradación	20
2.1.5	Análisis y diagnóstico de aceites	23
2.1.5.1	Análisis de desgaste	23
2.1.5.2	Pruebas químicas y físicas	24
2.1.5.3	Análisis de las condiciones del aceite	25
2.1.6	Tipos de aditivos más utilizados en aceites lubricantes.....	25
2.1.6.1	Reductores del punto de congelación	26
2.1.6.2	Resistencia a la formación de depósitos carbonosos	27
2.1.6.3	Inhibidores de la oxidación	28
2.1.6.4	Inhibidores de la corrosión y oxidación de las piezas metálicas	29
2.1.6.5	Resistencia a la formación de espuma	29
2.1.6.6	Detergentes – dispersantes	29
2.1.6.7	Resistencia a las altas presiones	30
2.2	Reseña histórica de los tractores	31
2.3	Definición de las rutinas de mantenimiento preventivo para la máquina cosechadora	31
2.3.1	Agenda de mantenimiento	32
2.4	Descripción de los formatos a implantar para las distintas rutinas de mantenimiento preventivo	39
2.5	Análisis del sistema de enfriamiento de los motores diesel	54

2.6	Análisis del sistema de combustible de los motores diesel	65
2.7	Formas de reducir las fallas de los motores diesel relacionadas con el aceite lubricante	72
2.8	Plan de mantenimiento para la máquina cosechadora	75
2.9	Plan de mantenimiento para los motores diesel y sus sistemas ...	92
2.9.1	Motores Caterpillar 3208	92
2.9.2	Motores Cummins	107
	CONCLUSIONES	117
	RECOMENDACIONES	119
	BIBLIOGRAFÍA	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Distribución actual de la división de T. M. T.	4
2.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 250 horas para máquina cosechadora de caña	42
3.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 500 horas para máquina cosechadora de caña	43
4.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 1000 horas para máquina cosechadora de caña	44
5.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 2000 horas para máquina cosechadora de caña	45
6.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 3000 hora para máquina cosechadora de caña	46
7.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 250, 500 y 750 horas para motores Caterpillar 3208	47
8.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 2000 horas para motores Caterpillar 3208	48
9.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 3000 horas para motores Caterpillar 3208	49
10.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 250 horas para motores Cummins	50
11.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 500 horas para motores Cummins	51
12.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 1000 horas para motores Cummins	52

13.	Boleta control de mantenimiento preventivo de 2000 horas para motores Cummins	53
14.	Grietas aceptables y no aceptables en las fajas	59
15	Paletas quebradas y pernos sueltos, en estas condiciones no es recomendable su funcionamiento	60
16.	Forma correcta e incorrecta de llenar el sistema de enfriamiento y su nivel	63

TABLAS

I.	Clasificación SAE para aceites según su viscosidad	16
II.	Sistema de clasificación de aceites lubricantes según API para motores a gasolina	17
III.	Sistema de clasificación de aceites lubricantes según API para motores diesel	18

LISTA DE SIMBOLOS

APA	Análisis periódico de aceite
NBT	Número de base total
PSI	Libras por pulgada cuadrada
Si	Silicio
Na	Sodio
Cr	Cromo
Fe	Hierro
Pb	Plomo
Al	Aluminio
Kms	Kilómetros
Pulg	Pulgadas
mm	milímetros
Kg	Kilogramo
Kpa	Kilopascales
Lt	Litro
Lts	Litros
°C	Grados centígrados o Celsius
°F	Grados <i>Fahrenheit</i>

GLOSARIO

Aditivos	Substancias químicas agregadas a los aceites lubricantes para mejorar las características de éstos.
Anillos de pistón	Elementos metálicos circulares, de forma circular, los cuales se sitúan alrededor del pistón. El trabajo de éstos es lubricar y sellar la cámara de combustión (entre pistón y paredes internas del cilindro).
Carter	Parte inferior del motor, dentro del cual gira el eje cigüeñal. La parte superior del carter constituye la parte inferior del bloque del motor, y la parte inferior del carter constituye el depósito de aceite del motor.
Contacto metal-metal	Contacto que se lleva entre dos metales. Con la lubricación se trata que no ocurra este acto.
Densidad API	Densidad estandarizadas por el Instituto Americano del petróleo por sus siglas en ingles, (API), para los aceites lubricantes.
Filtro	Elemento poroso, a través del cual se hacen circular líquidos o gases, para eliminar partículas sólidas en suspensión que se encuentran en estos.

Horómetro	Instrumento de medición, el cual se utiliza para poder calcular la cantidad de tiempo que va funcionar un equipo
Inyector	Elemento final del sistema de combustible, encargado de introducir el combustible a altas presiones y atomizado a la cámara de combustión del motor.
Muelle	Elementos metálicos los cuales oponen resistencia a su compresión (resortes).
Número de cetano	Este determina su facultad para arrancar a temperaturas bajas y proporcionar un calentamiento suave y una combustión pareja. Para el diesel es de 45 a 50.
Paredes del cilindro	Parte interna del cilindro, por donde se desplaza el pistón.
Punto de ebullición	Es temperatura a la que un líquido llega a hervir.
Punto de inflamación	Es la temperatura mas alta a la que se puede elevar un combustible antes de llegar a la explosión.
Radiador	Dispositivo muy importante en el sistema de refrigeración, por medio del cual circula el líquido refrigerante del motor ayudando con esto a la transferencia del calor.

Termostato

Elemento mecánico encargado de regular la temperatura del motor, por medio de la fluctuación interna de estas.

Válvulas

Elementos mecánicos los cuales tienen como función principal permitir el ingreso de mezcla para poder ser quemada en la cámara de combustión, así como también permitir la salida de los gases que resulta de la explosión de dicha mezcla.

Zafra

Época durante la cual es cosechada y procesada la caña de azúcar, en nuestro país esto oscila entre noviembre y abril de cada año.

OBJETIVOS

General

Mantener funcionando y en óptimas condiciones la máquina cosechadora de caña, así como los motores de combustible diesel de las unidades de transporte del Ingenio Tulumá S. A.

Específicos

1. Lograr por medio de la aplicación de mantenimiento preventivo, reducir los costos de mantenimiento correctivo y los paros no programados de la maquina cosechadora.
2. Proporcionar capacitación al personal encargado de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, a efecto de contar con un grupo se trabajo técnicamente calificado.
3. Que el personal encargado de realizar el mantenimiento correctivo cuente con información técnica para poder detectar las posibles causas de las fallas en los motores de las unidades y, concientizarlo a que realice el mantenimiento correctivo de una forma adecuada, para evitar que las unidades regresen al taller por el mismo problema.

RESUMEN

Debido a que en la actualidad, la exportación de azúcar hacia el extranjero ha tomado gran importancia, la agroindustria guatemalteca ha prestado mayor atención al proceso de producción de ésta.

Por esta razón, a los ingenios azucareros, como a toda empresa productora le interesa mantener un proceso continuo sin interrupción y, en la actualidad los ingenios han decidido mejorar su corte de caña, usando para esto máquinas cosechadoras mejorando con esto su abastecimiento por medio de cosecha mecanizada utilizando dichas máquinas.

El mayor problema que han encontrado, es que no cuentan con información para poder realizarle su mantenimiento, es por esto, que, en el presente trabajo de graduación se brinda un apoyo para el mantenimiento de una máquina cosechadora de caña.

Tomando en cuenta que el lugar donde se realiza el corte de caña es muy lejano al lugar donde se procesa, es necesario la utilización de transporte, también se presenta una propuesta de plan de mantenimiento para los motores diesel y los sistemas principales de las unidades de transporte, así como formas de detectar las fallas mas comunes en estos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la exportación de azúcar al extranjero ha tomado gran importancia, es por esto, que la agroindustria guatemalteca presta atención al proceso de producción de ésta. Día a día la producción va siendo mas mecanizada y es por esto que despierta interés en proveer un mantenimiento acorde a las necesidades de la maquinaria con que se realiza dicha producción.

Con el propósito de colaborar con las deficiencias en la planificación y control de mantenimiento con que cuenta la división del Ingenio Tzulá S. A. En este trabajo de graduación, se elabora un programa de mantenimiento preventivo para la máquina con la que se realiza el procedimiento de cosecha mecanizada, así también para los motores de combustión interna de las unidades de transporte, incluyendo información técnica para poder identificar las causas de fallas mas frecuentes por las que las unidades ingresan al taller.

En el primer capítulo, se detallan las generalidades, tanto del ingenio como de la máquina cosechadora y los motores de las unidades, así también como el estado en que se encuentran éstos. En el segundo se describen las rutinas de mantenimiento, tanto para la máquina cosechadora como par los motores de las unidades, así también se describen los procedimientos para la detención de las posibles causas de las fallas en los motores y la información sobre las formas de reducir las fallas en los motores diesel.

1. GENERALIDADES

1.1 Evolución de la división de T. M. T.

La división de taller, maquinaria y transporte, como se conoce actualmente, fue integrada en el año de 1997, pues antiguamente dichos departamentos funcionaban como entes separados e independientes, por lo cual la evolución presentada será definida para cada uno de los departamentos antes mencionados, debido a que cada uno de ellos evolucionó de manera distinta, lo cual amerita presentarlos en secciones diferentes, como sigue:

1.1.1 Departamento de taller mecánico

Inicialmente, el taller mecánico no funcionaba como un todo, debido a que éste se encontraba enfocado en un 80% al mantenimiento de avería, y no contaba con suficiente mano de obra. Debido a que el número de unidades se ha incrementado, ha sucedido lo mismo con el personal para responder a las necesidades de estas, tanto en tecnología como en recurso humano. El área de taller mecánico era reducida, la cual ante la evolución de la empresa ha sido aumentada hasta llegar en el año 1997 a lo que actualmente se conoce como taller de servicios y taller de reparaciones, abarcando un área 50% mayor que hasta el año en mención se conocía como taller mecánico automotriz general.

En el taller mecánico general, se incluía el departamento de mantenimiento preventivo, soldadura, batería y electromecánica, a cargo del cual estaba una sola persona, quien no se daba abasto y debido a esto, posteriormente fueron creadas las plazas de supervisores de turno, las que regularmente fueron ocupadas por mecánicos quienes hubieran alcanzado el nivel de mecánicos de primera.

1.1.2 Departamento de maquinaria

La poca cantidad de tractores con que el departamento contaba, eran utilizados para remolcar carretones y otros implementos de acarreo de semilla. Dichas limitaciones se han ido reduciendo paulatinamente, debido a que el departamento se ha visto en la necesidad de responder a la constantes presiones de trabajo de los demás departamentos del ingenio, con mayor número de máquinas de modelos recientes e implementos de mecanización agrícola modernos.

Adicionalmente a partir del año 1995, el departamento de maquinaria agrícola, inicia la adquisición de maquinaria pesada consistente en una motoniveladora, retroexcavadora, tractor de banda D6 y cargadores frontales, los cuales vinieron a disminuir los costos de operación del departamento, pues hasta antes de ese año dicha maquinaria era arrendada a terceras personas.

1.1.3 Departamento de transportes

El departamento de transportes cuenta con dos secciones las cuales son:

1.1.3.1 Transporte de caña

Inicialmente el ingenio contaba únicamente con carretas haladas con bueyes y con camiones de un solo eje, los cuales eran utilizados para transportar la caña aun verde. Debido al aumento de la producción de azúcar, se tomó la decisión de quemar la caña antes de ser cortada, ya que así es fácil de cortar, por lo cual se aumentó el área de siembra, por ende las unidades de transporte (para ese entonces fueron necesarios camiones de doble eje) del propio ingenio y también arrendados a terceras personas.

Con el avance del tiempo y ante el constante aumento en la demanda de caña por parte el ingenio, fue necesario, junto con el aumento de unidades de transporte de caña, la presencia de una persona encargada de velar para que el ingenio contara con la afluencia ininterrumpida de camiones cargados de caña de azúcar, y reportar al taller de reparaciones las unidades que presentaran desperfectos mecánicos en e trayecto del lugar de carga hasta la descarga.

En la actualidad la división de transportes cuenta con el propósito de transportar caña a granel hacia el ingenio, con 19 camiones de doble eje y 10 cabezales.

1.1.3.2 Transporte de personal

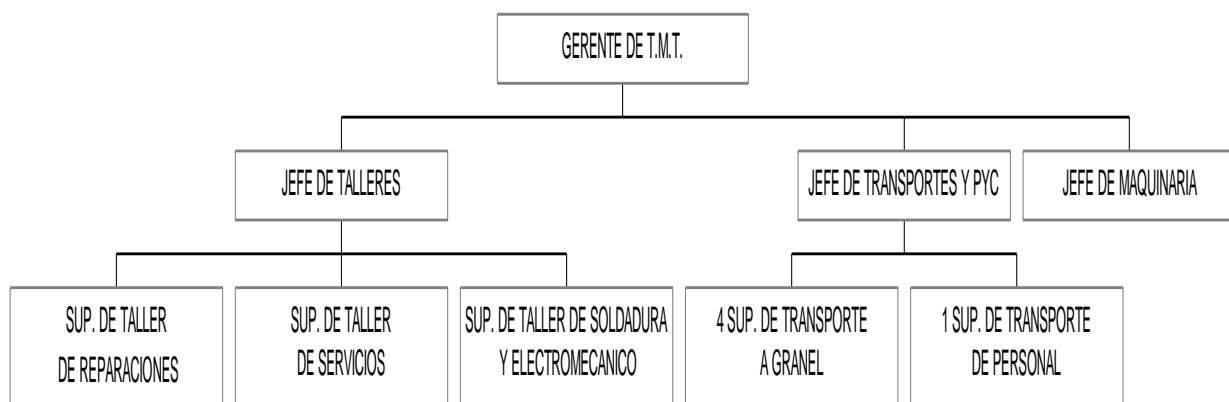
Anteriormente, el personal que laboraba durante el tiempo de zafra en corte, siembra y alce de caña, era transportado en camiones, los cuales no contaban con barandas ocasionando problemas y accidentes. Posteriormente se arrendaron buses, presentando un alto costo para el ingenio, se decidió hacer la compra de los buses propios del ingenio, por lo que hasta la fecha cuenta con 8 buses.

A partir de la zafra 1997-1998, ya se cuenta con un jefe de transportes, el cual vela por las necesidades de transporte de todas las divisiones del ingenio. Dicha misión la cumple apoyándose en las unidades que en tiempo de zafra transportan caña y en tiempo de reparación son empleadas en el transporte de insumos a bodegas de materiales.

1.2 Distribución actual de T. M. T.

Anteriormente se mencionó, que a partir del año 1997, los departamentos fueron unaninizados y pasaron a formar parte de la división T. M. T., surgiendo además un nuevo departamento denominado planificación y control (PYC). La distribución jerárquica actual de la división de T. M. T., se presenta a continuación.

Figura 1. Distribución actual de la división de T. M. T.



1.2.1 Taller de reparaciones

Es el lugar en donde se realizan la reparaciones de la maquinaria existente en el ingenio, o sea la sección del taller en donde se realiza el mantenimiento de avería.

El taller de reparaciones, está conformado actualmente por una jefatura de sección, 1 jefe de talleres, 2 supervisor, 15 mecánicos, los cuales se encargan de la reparación de alzadoras de caña, tractores, maquinaria pesada, equipo de arrastre, camiones, cabezales, buses, automóviles livianos, grúas, etc.

1.2.2 Taller de servicios

Este es el lugar en donde se les brinda mantenimiento preventivo a las unidades del ingenio.

Los objetivos primordiales de este son:

- Disminuir los costos de operación, al mantener la mayor cantidad de equipos funcionando.
- Aplicación de mantenimiento preventivo, logrando así disminuir el mantenimiento correctivo, ya que este es el mas costoso para la empresa.
- Lograr cumplir con la vida útil de los equipos.

- Disminución de los paros no programados, los cuales limitan la operación de la división, que fundamentalmente se constituye por el transporte de caña, del lugar donde es cortada hasta las instalaciones del ingenio.

Para cumplir con los objetivos descritos, el taller de Servicios cuenta con dos tipos de servicio;

- Servicio de mantenimiento preventivo menor
- Servicio de mantenimiento preventivo mayor

El servicio de mantenimiento preventivo menor se realiza a la maquinaria y equipo por lo menos una vez a la semana, este se constituye básicamente de tareas de servicio de corta duración, complementándose con un engrase general de la máquina.

El servicio mayor también se brinda en este taller, teniendo problema para poder llevarlo a cabo cuando las unidades se encuentran fuera de las instalaciones del ingenio.

El servicio mayor se le brindará a los motores de las unidades cuando se haya cumplido el tiempo estipulado par ello. Este tiempo varia entre 250 y 300 horas. Las especificaciones para este mantenimiento lo encontraremos en la pagina 90.

El taller de servicios también se encarga del departamento eléctrico, teniendo a su cargo las reparaciones electromecánicas de la maquinaria y equipo de la división, así como un mantenimiento preventivo del sistema eléctrico de las unidades.

El taller de servicios también es el encargado del departamento de soldadura, en donde se corrige las fallas presentadas en las unidades e implementos agrícolas, logrando con esto, una mayor disponibilidad de los mismos.

1.3 Descripción de la máquina cosechadora

Esta es una máquina muy sofisticada, la cual tiene como función principal el corte de caña, así como también el troceado (partir la caña en tamaños de 10 o 12 pulgadas), la limpia el cargado de caña a los camiones que la transportara al ingenio.

Para realizar el corte de la caña, la máquina cuenta con dos juegos de cuatro cuchillas cada uno en la parte mas baja de esta para poder cortar la parte mas baja del vástago de la caña y así hacer un mejor aprovechamiento de la misma.

Por medio de transportadores la caña es arrastrada hacía los troceadores los cuales son los encargados de cortar la caña a la medida deseada, luego de haber sido cortados estos pasan por transportadores al área de limpieza la cual es posible gracias a dos potentes ventiladores los que con el aire impulsado limpian la caña de basura, piedras y otros objetos, para luego ser puesta en los camiones que la transportarán al ingenio.

1.4 Descripción de las fallas más comunes de la máquina cosechadora

El motor gira despacio o no gira

El motor arranca con dificultad o no arranca

El motor gira pero no arranca

El motor arranca pero no queda funcionando

El motor no se para

Presión de lubricación baja

Temperatura de refrigerante por arriba de lo normal

Bajas en la potencia del motor

El motor no alcanza el régimen de trabajo bajo carga

Recalentamiento del motor

Fugas de aceite, refrigerante y combustible

1.5 Diagnóstico situacional de la máquina cosechadora Austoft 7700

De acuerdo a reporte anteriores, se han reportado problemas con el motor debido a recalentamiento, baja de potencia, mal funcionamiento del sistema de refrigeración.

Aceite hidráulico contaminado, atrancamiento de oruga, mal funcionamiento de ventiladores, cuchillas no sincronizadas.

No se cuenta con un plan de mantenimiento general para esta máquina, debido a que el mantenimiento de es subcontratado y muchas veces tarda demasiado tiempo en que sea ejecutado, causando así que no se logre el objetivo por el cual fue adquirida.

1.6 Diagnóstico situacional de los motores diesel

El estado en que se encuentran la mayor parte de los motores de las unidades de transporte es delicado debido a que una gran cantidad de las unidades ya ha visitado el taller por recalentamiento en el motor, pérdida de potencia, mal funcionamiento del sistema de enfriamiento, lubricación y combustible.

2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

2.1 Objetivos del aceite lubricante

Normalmente, se piensa que el aceite lubricante se utiliza únicamente para lubricar el motor, reduciendo las pérdidas y el desgaste del mismo al valor lo más bajo posible. Pero el aceite lubricante del motor cumple además con las siguientes funciones:

a) Lubricar las partes móviles del motor

No se da el contacto metal-metal, debido a que se establece una muy delgada película de aceite entre las piezas móviles del motor, con lo cual se reducen las pérdidas de potencia en el motor por rozamiento y desgaste. También debe reconocerse que, aunque no haya más que ese rozamiento viscoso (tomando un funcionamiento normal), se producen pérdidas de potencia considerables especialmente a alta velocidad. El motor durante los primeros momentos luego de puesto en marcha aun no ha sido lubricado por completo, es por esto que no debe de ser cargado o esforzado, hasta haber alcanzado su temperatura normal.

b) Refrigeración de las partes del motor

Al fluir el aceite por las diversas piezas del motor toma evidentemente parte de calor de ellas. El aceite actúa como un elemento refrigerante que evita que alguna parte del motor pueda alcanzar temperaturas excesivas.

c) Absorción de choques entre los cojinetes y las demás partes

Cuando una mezcla se quema al final de la carrera de compresión, las presiones por combustión en el cilindro aumentan rápidamente a varios cientos de psi, lo que representa que al pistón se le aplica repentinamente una carga sumamente grande, pero no solo pistón sino a todas las partes que van acopladas a él, tal como el bulón, la biela y los cojinetes.

d) Estanqueidad entre los anillos del pistón y las paredes del cilindro

Los anillos del pistón y las paredes del cilindro deben formar un cierre hermético, y para esto el aceite lubricante es de gran ayuda. El aceite se adhiere a las superficies metálicas, por lo que puede impedir el paso de los gases entre el y las paredes metálicas.

e) Limpieza del motor

Debido a que el aceite está en constante circulación entre el depósito, cárter y las diversas partes del motor, arrastra consigo todas las partículas extrañas que puedan entrar en el motor, como el polvo por ejemplo. En las cámaras de combustión se forman partículas de carbón que se adhieren y descienden por las paredes de los cilindros y anillos del pistón, para ser acumuladas en el depósito del aceite del cárter, esta tarea de limpieza del motor es favorecida por la presencia de aditivos a él añadidos para mejorar sus funciones.

2.1.1 Origen y propiedades del aceite mineral

El origen del petróleo, no se conoce exactamente, y tampoco como se ha logrado reunir en grandes masas o bolsas subterráneas. Pero si se sabe que es una sustancia muy versátil y que de él pueden obtenerse diversas clases y grados de aceites y combustibles por medio de los distintos procedimientos de refinado. Durante la parte del proceso del refinado y manufacturación, que tiene por objeto producir el aceite, los petroquímicos toman todos los cuidados necesarios para asegurar que tendrán la adecuada viscosidad y resistencia a la oxidación, formación de depósitos carbonosos, corrosión, alteración, presiones extremas y a la formación de espuma. También debe ser un buen detergente, fluir a bajas temperaturas y conservar su viscosidad lo mejor posible a temperaturas extremas, tanto altas como bajas.

Por si mismo, ningún aceite mineral posee todas esas propiedades, por ello, los fabricantes de aceites introducen en ellos un cierto número de aditivos durante el proceso de preparación.

2.1.2 Clasificación de los aceites según sus aplicaciones

La viscosidad es la característica mas importante de los aceites. El término **viscosidad** se refiere a la resistencia que el liquido opone a fluir. Solamente para dar un ejemplo, se puede dividir a la viscosidad considerando dos aspectos de ella, los cuales son: **espesor** (o cuerpo) y **fluidez**.

El **espesor** esta relacionado con la resistencia que opone una película de aceite a ser perforada por la aplicación de fuertes cargas, por ejemplo, cuando se inicia la carrera de expansión en el motor, en que las cargas sobre los cojinetes aumentan bruscamente. En esas circunstancias, el espesor o cuerpo del aceite es lo que evita o ayuda a no ser acuñado y expulsado entre cojinetes y muñones. Esta propiedad, le hace actuar como un colchón amortiguador de los golpes de carga, y ayuda a mantener un buen cierre o estanqueidad entre los anillos del pistón y el cilindro al tiempo que conserva la película de aceite en todas las superficies cargadas de los cojinete.

La **fluidez** hace referencia a la mayor o menor dificultad con la que es capaz de circular el aceite a través de los canales y orificios así como su facilidad a extenderse sobre las superficies de los cojinetes. En cierto modo la fluidez y el cuerpo son propiedades contrapuestas, puesto que cuando mas fluido es un aceite, menor espesor tiene. El aceite utilizado en un motor debe tener el suficiente espesor o cuerpo para poder satisfacer los requisitos de la carga y así mismo debe también tener la suficiente fluidez para poder penetrar libremente a través de la canalización y extenderse formando películas de aceite sobre todas las superficies.

La temperatura influye en gran manera sobre la viscosidad, ya que al elevarse la temperatura dentro del motor, se reduce la viscosidad, es decir, produce en el aceite una pérdida de espesor y un aumento de fluidez y viceversa. Debido a que las temperaturas de un motor presenta una variación de varios cientos de grados, desde el arranque en tiempo frío, hasta alcanzar una temperatura normal de operación. El aceite debe presentar por un lado, la suficiente fluidez a bajas temperaturas, de modo que pueda establecerse su circulación y, por otra parte, debe tener el suficiente espesor para poder funcionar a temperaturas altas.

Existe una clasificación de acuerdo al grado de viscosidad según la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) por sus siglas en ingles es una representación de la fluidez de un aceite a determinada temperatura. Los números de viscosidad bajos significan que el aceite fluye más libremente a bajas temperaturas y los números altos de viscosidad significan que el aceite mantiene el nivel adecuado de viscosidad a las temperaturas ambientales de operación del motor. Los aceites de multiviscosidad (multigrado) están diseñados para protección óptima durante el arranque y operación de su motor.

Existen dos grados de aceites para motores automotrices: los monogrado y los multigrado. El aceite “multigrado”, como el caso del 10W-30, está diseñado par que tenga las características de fluidez, en temperaturas bajas, de un aceite 10W combinadas con la viscosidad adecuada a la temperatura operacional del motor de un aceite de grado SAE 30. El sufijo “ W “ en los aceites multigrados indica que el aceite es apropiado para uso invernal (a temperaturas menores de 30° F/0° C). Asegúrese de consultar el manual del propietario del vehículo para escoger la viscosidad correcta.

A continuación se presenta una tabla con la clasificación de aceites de acuerdo a su viscosidad según la SAE.

Tabla I. Clasificación SAE para aceites según su viscosidad

GRADOS DE VISCOSIDAD	ARRANQUE EN FRIO	DESCRIPCIÓN
5W-30	-13° F -25° C	Proveen excelente economía de combustible y un mayor rendimiento a bajas temperaturas en la mayoría de los automóviles. Se recomiendan para motores que no están equipados con sobrealimentadores. Son recomendados especialmente para automóviles nuevos
10W-30	0° F -18° C	La viscosidad recomendada mas frecuentemente para la mayoría de los motores automotrices, entre ellos los multivalvulares de alto rendimiento y los sobrecargados
10W-40	0° F -18° C	El primer aceite multigrado que salió al mercado. Una buena selección para controlar el desgaste del motor y prevenir la descomposición del aceite debido a la oxidación.
20W-50	15° F -9° C	Proporciona máxima protección y alto rendimiento en motores de altas revoluciones. Una excelente elección para altas temperaturas y cargas pesadas.
SAE – 30	15° F -9° C	Para automóviles y camiones ligeros según las recomendaciones de los fabricantes de motores. Su uso no es recomendado cuando se requiere arranque en frío.
SAE – 40	32° F 0° C	Para automóviles y camiones ligeros según las recomendaciones de los fabricantes de motores. Su uso no es recomendado cuando se requiere arranque en frío

Por lo tanto, los aceites lubricantes se clasifican, según se anotó anteriormente atendiendo su viscosidad, pero también es muy importante, clasificarlos de acuerdo al tipo de servicio para el que son idóneos así de acuerdo al Instituto Americano del Petróleo (API) por sus siglas en ingles, existe una lista de clasificaciones para estos.

El API al hacer esta clasificación, designa con una letra S a los aceites recomendados para motores a gasolina la cual significa estación de servicio y con una letra C los aceites recomendados para motores diesel, la cual significa comercial.

A continuación se presenta el sistema de clasificación de aceites lubricantes que ha publicado el API.

Tabla II. Sistema de clasificación de aceites lubricantes según API para motores a gasolina

CATEGORÍA	ESTADO	SERVICIO
SA	OBSOLETO	Para motores antiguos, sin requisitos de desempeño. Usar sólo cuando está recomendado específicamente por el fabricante
SB	OBSOLETO	Para motores antiguos. Usar sólo cuando está recomendado específicamente por el fabricante
SC	OBSOLETO	Para motores de 1967 o más antiguos
SD	OBSOLETO	Para motores de 1971 o más antiguos
SE	OBSOLETO	Para motores de 1979 o más antiguos
SF	OBSOLETO	Para motores de 1988 o más antiguos
SG	OBSOLETO	Para motores de 1993 o más antiguos
SH	OBSOLETO	Para motores de 1996 o más antiguos. Excepto cuando es usada en combinación con ciertas categorías C
SJ	VIGENTE	Para motores de 2001 o más antiguos. Provee mayor ahorro de combustible, baja volatilidad y niveles bajos de fósforo
SL	VIGENTE	Introducida en julio de 2001, para todos los automóviles en uso, los aceites bajo esta categoría han sido designados para proveer mejor control de depósitos a alta temperatura y bajo consumo de aceite

Tabla III. Sistema de clasificación de aceites lubricantes según API para motores diesel

CATEGORÍA	ESTADO	SERVICIO
CA	OBSOLETO	Para motores de servicio ligero. De los años 1940 y 1950
CB	OBSOLETO	Motores de servicio moderado desde 1949 a 1960
CC	OBSOLETO	Para motores introducidos en 1961
CD	OBSOLETO	Introducida en 1955, para ciertos motores naturalmente aspirados y turbó cargados
CD-II	OBSOLETO	Introducida en 1987, para motores de dos tiempos
CE	OBSOLETO	Introducida en 1987, para motores de cuatro tiempos de alta velocidad, naturalmente aspirados y turbó cargados. Pueden utilizarse en lugar de aceites CC y CD
CF	VIGENTE	Introducida en 1994, para motores Diesel fuera de carretera, de inyección indirecta y otro tipo, incluyendo aquellos que utilizan combustible más de 0.5 % en peso de azufre. Puede utilizarse en lugar de los aceites CD
CF-2	VIGENTE	Introducida en 1994, para motores de dos tiempos, de trabajo pesado. Puede utilizarse en lugar de aceites CD-II
CF-4	VIGENTE	Introducida en 1990, para motores de cuatro tiempos de alta velocidad, naturalmente aspirados y turbó cargados. Puede utilizarse en lugar de aceites CD y CE
CG-4	VIGENTE	Actual – introducida en 1995, para motores de cuatro tiempos de trabajo pesado que usen combustible con menos de 0.5% en peso de azufre. Puede usarse en lugar de aceites CD, CE, y CF-4
CH-4	VIGENTE	Introducida en 1998m para motores Diesel de cuatro tiempos y de alta velocidad. Incluyendo aquellos que utilizan combustible con mas de 0.5% en peso de azufre. Se pueden utilizar en lugar de los aceites CD, CE, CE-4 Y CG-4. Se enfatizan las emisiones y los períodos de cambio extendidos
CI-4	VIGENTE	Introducida el 05 de septiembre de 2002 para motores Diesel de cuatro tiempos y de alta velocidad incluyendo aquellos que utilizan combustible con mas de 0.5% en peso de azufre. Se pueden utilizar en lugar de los aceites CD, CE, CF-4, CG-4 y CH-4

El sistema de clasificación API es abierto, de manera que se pueden agregar clasificaciones adicionales cuando los comercializadores de aceites o fabricantes de motores así lo requieran.

No debe confundirse la clasificación de los aceites según su **viscosidad** y según sus **aplicaciones**. Muchas personas piensan que un aceite de alta viscosidad es también un aceite para servicios pesados, lo cual no necesariamente es cierto. La clasificación del aceite, según la viscosidad, se refiere solamente al espesor del mismo, pero no es una medida de su capacidad de trabajo.

2.1.3 Número de base total

Para poder comprender lo que es en si el número de base total, es necesario saber primero en que consiste el contenido de azufre en el combustible. La mayoría de los combustibles diesel contiene azufre en algún grado, el cual depende de la cantidad de este existente en el petróleo crudo el que se produjo el combustible y la aptitud en las refinerías de poder disminuir dicho contenido.

Una de las funciones del aceite lubricante es neutralizar los subproductos del azufre es decir los ácidos sulfurosos y sulfúricos, para así hacer más tardíos los efectos de la corrosión en el motor. Los aditivos del aceite contienen compuestos alcalinos formulados para neutralizar dichos ácidos.

2.1.4 Causas y efectos de la contaminación y degradación

El motor normalmente, da indicios de lo que internamente le esta sucediendo, pero en muchas oportunidades no se hace caso al pedido de auxilio de este, o no se cuenta con el equipo apropiado par poder determinar los contaminantes que le estén afectando, en la sección 2.1.5, se brinda información del equipo necesario para poder detectar estos contaminantes. Dentro de los contaminantes que afectan el comportamiento normal de los motores, y que muchas veces se pasa por alto, se encuentran las siguientes:

(Si) Contaminante presente el silicio; efecto: indicaciones de presencia de silicio superiores a las normales pueden señalar un problema importante. El aceite cargado con silicio se convierte en un compuesto abrasivo que puede desgastar el metal de distintas piezas durante la operación.

(Na) Contaminante presente el sodio; efecto: un aumento imprevisto de sodio señala fugas de inhibidor desde el sistema refrigerante en el sistema de lubricación que producirá que el aceite se espese y forme sedimentos que atasquen los anillos de pistón y obstruyan e filtro.

(Si, Cr, Fe) Contaminantes presentes el silicio, cromo y hierro; efecto: una combinación de estos elementos indica que entra tierra por el sistema de inducción, produciendo el desgaste de los anillos del pistón y las camisas de cilindros.

(Si, Fe, Pb, Al) Contaminantes presentes el silicio, hierro, plomo y Aluminio; Efecto: la contaminación de estos elementos indica tierra en la parte interior del motor que conducirá al desgaste del cigüeñal y los cojinetes.

(Al) Contaminante presente el aluminio; efecto: la presencia de aluminio puede ser crítica. La concentración de aluminio sugiere desgaste de los cojinetes. Aun aumentos relativamente pequeños de los niveles de este elemento debe recibir atención inmediata porque una vez que empieza el desgaste rápido el cigüeñal puede originar partículas de metal mas grandes que quedaran atrapadas en los filtros de aceite.

(Fe) Contaminante presente el hierro; efecto: el hierro puede tener muchas procedencias, una de ellas es la herrumbre que aparece después de haber almacenado durante un tiempo el motor. Frecuentemente, el aumento de la contaminación por el hierro cuando esta acompañado por una perdida de las propiedades lubricantes del aceite, indica un desgaste severo de las camisas del cilindro.

Contaminante presente hollín; efecto: el alto contenido de hollín no es generalmente una causa directa de fallas pero como partícula insoluble, el hollín puede obstruir los filtros de aceite y disipa los aditivos dispersantes. El hollín indica un filtro de aire sucio, sobrecarga del motor, entrada excesiva de combustible o una aceleración repetida con un ajuste inadecuado del limitador la cremallera (limitador del humo). También puede indicar combustible de baja calidad.

Contaminantes presentes productos de oxidación; efecto: la oxidación es una reacción química entre el aceite y el oxígeno, tal como la herrumbres es una reacción química entre el hierro y el oxígeno. La oxidación se controla mediante aditivos inhibidores.

Pero siempre que el aceite este en contacto con el aire se produce oxidación: los agentes de oxidación en los gases de combustión de los motores diesel, la temperatura y ciertos contaminantes (como el cobre y el glicol) aceleran la oxidación. Al aumentar la oxidación del aceite, se forman ácidos orgánicos y se obstruyen los filtros conduciendo por último el atascamiento de los anillos, formación de incrustaciones y barnizado en los pistones.

Contaminante presente el agua; efectos: el agua combinada con el aceite crea una emulsión que obstruye el filtro. El agua y el aceite también forman un ácido peligroso que corroe el metal. Casi siempre la contaminación del agua es el resultado de condensación en el cárter. Se producen contaminaciones aun mas seria cuando hay fugas en el sistema de enfriamiento que permiten que el agua entre desde el exterior al sistema lubricante del motor.

Contaminante presente combustible; efecto: la contaminación por combustible disminuye las propiedades lubricantes del aceite. La película de aceite pierde la firmeza necesaria para impedir el contacto del metal-metal y puede llevar al deterioro de los cojinetes y el agarrotamiento del pistón.

Contaminante presente azufre; efecto: la presencia de azufre es peligrosa para todas las piezas y componentes de motor. El tipo de desgaste corrosivo atribuido aun alto contenido de azufre también puede acelerar el consumo de aceite, mas óxidos de sulfuro se forman y estos pueden producir ácidos. Por lo tanto, un motor que trabaja cargas pesadas se debe verificar e inspeccionar con frecuencia y su NBT también se debe verificar con mas frecuencia. Los daños del azufre presente en el combustible pueden hacer que los anillos se atasquen y que hayan desgaste corrosivo en la superficie de metal de las guías de válvula, en los anillos de pistón y en las camisas del cilindro.

2.1.5 Análisis y diagnóstico de aceites

Un análisis periódico de aceite identifica y mide varios contaminantes en el aceite que pueden deteriorar el motor. Por ejemplo, una alta concentración de cobre indica el desgaste de un buje o una arandela de empuje. Una alta concentración de cromo indica anillo de pistón deteriorados, con excepción de los anillos cubiertos con plasma. El análisis periódico de aceite, permite inspeccionar las condiciones de dichas piezas, y si es necesario, tomar acción para evitar daños posteriores.

Para llevar a cabo un análisis de aceite minucioso, se debe cumplir con una serie de pruebas destinadas a identificar y medir la contaminación y degradación de una muestra de aceite, siendo las tres básicas:

- 1- Análisis de desgaste
- 2- Pruebas químicas y físicas
- 3- Análisis de las condiciones del aceite

A continuación se detalla cada una de estas.

2.1.5.1 Análisis de desgaste

Para llevar a cabo esta prueba, es necesario contar con un espectrofotómetro de absorción atómica. Esencialmente, la prueba controla la proporción de desgaste de un componente determinado, identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste que se encuentran en el aceite.

Basados en datos previos de concentraciones normales, se establecen los límites máximos de elementos de desgaste. Después de haber tomado tres muestras de aceite, se pueden establecer líneas de tendencia de los distintos elementos de desgaste de un motor determinado. A su vez se pueden identificar las posibles fallas cuando las líneas de tendencia se desvían del patrón establecido.

El análisis de desgaste como su nombre lo indica se limita a detectar el desgaste de los componentes y la contaminación gradual por tierra, mientras que las fallas debidas, a fatiga del componente, perdida imprevista de lubricación o ingestión imprevista de tierra, se producen demasiado rápido para poder predecir mediante este tipo de prueba.

2.1.5.2 Pruebas químicas y físicas

Estas pruebas se concretan a la detección de agua, combustible y anticongelante, presentes en la muestra de aceite y determinan cuando su concentración excede los límites establecidos.

La presencia y cantidad aproximada de agua es detectada mediante la prueba de chisporroteo. Se coloca una gota de aceite en una plancha caliente a una temperatura controlada de 110° C (230° F). La aparición de burbujas es una indicación positiva de agua en el aceite; la presencia de agua en el aceite es aceptable dentro del rango de 0.1% a 0.5%.

Para determinar la presencia de combustible, se realiza la prueba mediante el probador de destello, el cual está debidamente calibrado, para determinar el porcentaje de combustible diluido en el aceite.

Para determinar la presencia de anticongelante, se realiza una prueba química, en esta prueba cualquier cantidad presente en el aceite es inaceptable.

2.1.5.3 Análisis de las condiciones del aceite

Para el determinar las condiciones en las que se encuentra el aceite, se realizara la prueba de análisis infrarrojo. El objetivo de ésta prueba es determinar y medir la cantidad de contaminantes como hollín, azufre y productos de oxidación y nitración.

También es posible detectar agua y anticongelante en el aceite con ésta prueba. Para poder llevar a cabo un diagnostico preciso el análisis infrarrojo, debe ir acompañado siempre por el análisis de desgaste y las pruebas químicas Y físicas.

El uso de análisis infrarrojo, también es utilizado, para poder reducir, mantener o prolongar los intervalos de cambio de aceite según las condiciones y aplicaciones.

2.1.6 Tipos de aditivos más utilizados en el aceite lubricante

Los aceites lubricantes cuentan con aditivos necesarios para el buen funcionamiento de cada motor, y debido a la exigencia continua que presentan los motores, se hace necesaria la aplicación de aditivos extras a los aceites por parte de las empresas petroleras que se dedican a la elaboración de estos aceites.

No es aconsejable la aplicación de aditivos extras a los aceites lubricantes por parte de personas particulares ya que esto únicamente ayudaría a acelerar los desgastes de las piezas internas del motor.

A continuación se listan los aditivos mas utilizados por parte de las empresas petroleras en los aceites de motor:

- 1- Reductores del punto de congelación (o del punto de fluencia)
- 2- Resistencia a la formación de depósitos carbonosos.
- 3- Inhibidores de la oxidación
- 4- Inhibidores d la corrosión y oxidación de las piezas metálicas
- 5- Resistencia a la formación de espuma
- 6- Detergentes – dispersantes
- 7- Resistencia a las altas presiones

2.1.6.1 Reductores del punto de congelación

Algunos aceites, cuando se encuentran a bajas temperaturas se espesan tanto, que no fluye absolutamente nada. A estos aceites suele añadirse ciertos aditivos con el objeto de que desciendan la temperatura a la cual ocurre este fenómeno. La aplicación d estos aditivos, mantienen al aceite fluido aun a bajas temperaturas, con lo cual se asegura su adecuada lubricación en los arranques en tiempo frío.

2.1.6.2 Resistencia a la formación de depósitos carbonosos

Los cilindros, pistones y anillos, trabajan a temperaturas muy elevadas (varios cientos de grados), por lo que afectan y alteran a las delgadas películas o capas de aceite depositadas sobre las piezas metálicas, rompiéndolas y quemándolas, con lo cual se forman depósitos carbonosos. Estos depósitos empobrecen las características del motor y lo deterioran. El carbón así formado se puede depositar alrededor de los anillos del pistón llegando a pegarlos en sus gargantas, lo cual da lugar directamente a que no cumplan con su finalidad.

Los depósitos carbonosos se depositan y van aumentando de espesor sobre la cabeza del pistón y paredes de la cámara en la culata, aumentando la relación de compresión (al reducir el volumen de la cámara) de modo que establecen condiciones muy desfavorables para la detonación, reduciendo las características del motor. Por otra parte estos depósitos carbonosos pueden tomar tal extensión que al impedir la repartición del calor, provocan sobrecalentamientos en diversos puntos de las piezas.

Los depósitos carbonosos que se desprenden de las superficies metálicas caen al fondo del depósito, de donde pueden ser absorbidas por el sistema de lubricación, lo cual entraña peligros tales como la obstrucción de los orificios y canales a través de los que se suministra el aceite a diversas partes; de este modo, al reducir los canales efectivos, la lubricación es menos adecuada, llegándose a producir averías. Un buen lubricante debe, presentar una gran resistencia térmica, resistencia a las condiciones de funcionamiento, y baja tendencia a la formación de carbón.

2.1.6.3 Inhibidores de la oxidación

Cuando el aceite está caliente ha temperaturas elevadas y agitado muy fuerte, de modo que el aire se mezcla con él, el oxígeno del aire tiende a combinarse con el aceite, oxidándolo.

Debido a las condiciones en que se haya el aceite en el motor, tendrá lugar sin duda, la mayor o menor oxidación del aceite. Si la oxidación es muy ligera, afecta a muy poco aceite y no debe causar preocupación, pero si afecta a una cantidad considerable, puede producir serias averías.

Cuando se oxida el aceite, se produce una ruptura de sus partículas, dando lugar a sustancias contaminantes muy activas. Algunos de los productos de la oxidación se adhieren a la superficie de los metales formando capas de los depósitos pegajosos como alquitrán, barnices y lacas. Todos estos depósitos pueden obstruir los canales de aceite e impiden la acción normal de las válvulas y anillos de pistón.

La oxidación es, en todo caso peligrosa porque puede dar lugar a sustancias corrosivas que atacan al material de los cojinetes y son causa de sus fallos, así como a otras piezas móviles del motor.

Las refinerías y los químicos que tratan los aceites, controlan estrechamente el proceso de refinado y añaden productos químicos conocidos como inhibidores de la oxidación, con lo cual se hace al aceite mas resistente a éste tipo de alteración.

2.1.6.4 Inhibidores de la corrosión y oxidación de las piezas metálicas

A altas temperaturas pueden producirse en el seno del aceite ácidos que atacan a las diversas partes del motor, en especial los cojinetes. Para impedir esta acción, se añaden inhibidores de corrosión y también productos para impedir la oxidación de los metales; estos últimos actúan de dos modos distintos: por un lado, eliminan el agua de las superficies metálicas, de modo que el aceite pueda recubrirlas, y por otra parte son de naturaleza alcalina, de modo que, reaccionando con los ácidos, tienden a neutralizar la acción de estos.

2.1.6.5 Resistencia a la formación de espuma

Dentro del cárter, se forma una especie de batido de aceite, la cual tiende a favorecer la formación de espuma en el aceite. A medida que aumenta la cantidad de espuma, el aceite tiende a rebosar y escaparse por los orificios de ventilación del cárter de aceite. Por otra parte, el aceite en estado espumoso no es útil para proporcionar una adecuada lubricación debida, a las piezas móviles, para evitarlos se añaden aditivos antiespumantes.

2.1.6.6 Detergentes-dispersantes

A pesar de los filtros previstos, el polvo logra entrar en el motor y además, en el funcionamiento del mismo, se generan depósitos de carbón en anillos, pistones y cilindros entre otros. Debido al desgaste de las piezas del motor aparecen partículas metálicas en el seno del aceite.

Como resultado de estas acciones resultan la formación de considerables depósitos en las diversas partes del motor, que gradualmente degradan su rendimiento y aceleran el desgaste de sus partes. Para combatir la formación de esos depósitos se añaden productos detergentes y dispersantes al aceite.

Los detergentes actúan despegando los depósitos de las paredes metálicas (gomas, carbón y suciedades diversas) y el aceite los arrastra a todos, las partículas mayores caen al fondo del cárter, pero las menores permanecen en suspensión y no se eliminan eficazmente, hasta que se produce un cambio de aceite.

Se añaden también productos dispersantes para impedir que las partículas formen coágulos y mantenerlas finalmente divididas, sin ellos, dichas partículas tienden a agruparse y pueden bloquear el filtro, con lo cual reducen su eficacia. También pueden coagularse en las canalizaciones y taponarlas de modo que lleguen a impedir la circulación del aceite.

Los agentes dispersantes impiden todas esta anomalía y aumentan grandemente la capacidad del aceite para transportar impurezas sin alterar su correcto funcionamiento.

2.1.6.7 Resistencia a las altas presiones

Los motores modernos someten al aceite de lubricación a presiones extremadamente elevadas, no solo en los cojinetes sino también en el mecanismo de accionamiento de las válvulas.

En los modernos diseños estos últimos mecanismos citados poseen muelles de válvulas muy fuertes y levas de mucha alzada, lo cual significa que las válvulas deben realizar un largo recorrido venciendo la oposición de un resorte muy duro.

Para impedir que el aceite que lubrica la superficie de empuje de la cola sea expulsado, es preciso que contenga aditivos adecuados para presiones extremas. Estos aditivos reaccionan químicamente con la superficie metálicas, formando películas de aceites muy fuerte y resbaladizas que pueden ser extremadamente delgadas (del orden de espesor de una molécula).

2.2 Reseña histórica de los tractores

El uso de estos data de la segunda guerra mundial, debido a que se necesitaba poder brindar seguridad por medio de transporte todo terreno. Posteriormente su función fue cambiando, debido a la necesidad en los campos agrícolas.

De acuerdo al avance de la tecnología fueron creándose con mas utilidades estos tractores hasta llegar ahora al uso de computadoras que por medio de programas, permiten realizar operaciones muy complejas que sin estos ocuparían demasiado tiempo el poder realizarlas.

2.3 Definición de las rutinas de mantenimiento preventivo para la máquina cosechadora

Las rutinas a implantar se ajustan al trabajo que realiza la maquina cosechadora, por lo tanto quedan establecidas de la siguiente manera:

Cada día (antes de empezar la tarea)

Cada 250 horas

Cada 500 horas

Cada 1000 horas

Cada 2000 horas

A continuación se detallan las rutinas de mantenimiento propuestas anteriormente.

2.3.1 Agenda de mantenimiento

Diariamente (antes de empezar la tarea)

Revisar el nivel de aceite del motor

Revisar el nivel de refrigerante

Revisar la trampa de agua (si fuera necesario drenar)

Revisar el filtro de aire

Cada 250 horas

Cambiar el aceite del motor

Cambiar el filtro de aceite

Cambiar el filtro del refrigerante

Cambio del filtro del aire

Revisar el sistema de admisión

Cada 500 horas

- Cambiar el aceite del motor
- Cambiar el filtro de aceite
- Cambiar el filtro del refrigerante
- Cambiar el filtro de combustible
- Cambio del filtro de aire
- Revisar el sistema de admisión
- Revisar el anticongelante

Cada 1000 horas

- Ajustar la luz de válvulas
- Cambiar el aceite de motor
- Cambiar el filtro de aceite
- Cambiar el filtro del refrigerante
- Cambiar el filtro de combustible
- Cambio del filtro de aire
- Revisar el sistema de admisión
- Revisar el anticongelante
- Revisar la masa del ventilador
- Revisar la tensión de la faja y los cojinetes del tensor

Cada 2000 horas

- Ajustar la luz de válvulas
- Cambiar el aceite del motor
- Cambiar el filtro de aceite
- Cambiar el filtro del refrigerante
- Cambiar el filtro de combustible
- Cambio de filtro de aire
- Revisar el sistema de admisión
- Revisar el anticongelante
- Revisar la masa de ventilador
- Revisar la tensión de la faja y los cojinetes del tensor
- Revisar el cigüeñal
- Cambiar la mezcla del refrigerante

Luego de llegar a las 2000 horas de servicio, se comienza nuevamente con lo que es un mantenimiento de 250 horas y así sucesivamente debe de seguirse cumpliendo las rutinas de mantenimiento.

Además de las rutinas de mantenimiento, existen rutinas de revisión, lubricación y engrase, las cuales deben ser realizadas por el mecánico encargado de la máquina cosechadora con la ayuda del operador de esta, debe quedar claro que estas rutinas serán llevadas a cabo en el lugar donde se encuentre trabajando la unidad, ya que existe una unidad asignada a dicha unidad.

Estas rutinas están especificadas para la siguiente cantidad de horas de trabajo:

- Después de las 10 primeras horas de trabajo, luego de la reparación
- Cada hora de trabajo, durante el día
- Cada 10 horas
- Cada 50 horas
- Cada 150 horas
- Cada 300 horas
- Cada 500 horas
- Cada 1500 hora
- Cada año

A continuación se detallan las rutinas de revisión, lubricación y engrase:

Después de las primeras 10 horas, de haber iniciado las labores luego del tiempo de reparación o haber estado inactiva por mas de dos meses.

Cambiar el aceite de caja de engranajes de bombas

Cambiar el aceite de la caja de engranajes de base cortadora

Cambiar el aceite de la caja de engranajes del troceador

Cambiar el aceite de los reductores traseros de la oruga

Cambiar los filtros hidráulicos de succión (repetir a las 50 horas)

Sacar las tapas de los reductores de la oruga y lavarlos con diesel

Lavar bien todas las zonas, poner la tapa nuevamente y llenar con aceite hasta el nivel

Durante el día (cada 1 hora)

Revisar los indicadores de panel de control

Revisar las cuchillas de base

Revisar las cuchillas de troceador

Limpiar y sacar la basura

Revisar las cuchillas del despuntador

Revisar los filtros de aire

Cada 10 horas

Revisar el nivel de aceite del motor

Revisar el nivel de agua del radiador

Revisar el aceite hidráulico

Revisar el nivel de combustible en el tanque

Revisar el nivel de aceite de la caja de engranajes de bomba

Revisar el filtro de aire

Revisar la trampa de agua (sí es necesario drenarla)

Limpiar la tasa del pre-filtro de aire

Limpiar el filtro de aire de la cabina

Limpiar el condensador del aire acondicionado

Cada 50 horas

Revisar el nivel de aceite de la cortadora de base

Revisar El nivel de aceite de los troceadores

Revisar el nivel de aceite de los reductores traseros de la oruga

Revisar el nivel de aceite del extractor primario

Revisar el nivel de electrolito de la batería
Revisar el nivel de liquido de freno
Limpiar los filtros internos de la cabina
Limpiar el condensador de aire acondicionado (lavar con agua cuidado de no mojar los motores)
Engrasar los cojinetes del extractor primario
Engrasar los cojinetes del extractor secundario
Engrasar los pivotes del cilindro de giro del elevador
Engrasar los pivotes de la articulación del elevador
Engrasar los cojinetes del troceador
Engrasar los sellos de la caja cortadora de base
Aceitar los pivote del cilindro del despuntador
Aceitar los pivotes del cilindro del divisor de surco

Cada 150 horas

Cambiar el aceite de la caja de engranajes de la bomba
Cambiar el aceite de la caja de engranajes de los troceadores
Cambiar el aceite de los reductores traseros de la oruga
Cambiar los filtros de succión de aceite hidráulico
Cambiar el aceite de la caja de engranajes de la base cortadora
Revisar la faja del ventilador
Drenar un litro de *gas-oil* del tanque
Engrasar el extractor primario
Engrasar los cojinetes del plato del despuntador
Engrasar los cojinetes del rolo recolector superior
Engrasar los cojinetes del elevador (todos)
Lubricar el compresor de la bocina

Cada 250 horas

Cambiar el aceite del motor
Cambiar el filtro de aceite del motor

Cada 300 horas

Engrasar los cojinetes del tren de rolos
Engrasar los cojinetes del giro del elevador
Nota: no sobre engrasar, una bombeada con grasera de mano es suficiente

Cada 500 horas

Cambiar el filtro de combustible
Cambiar el filtro del refrigerante
Cambiar el aceite del extractor de brazo vertical
Avanzar la tabillas del elevador en un eslabón

Cada 1500 horas

Cambiar el aceite de la caja de base cortadora
Cambiar el aceite de la caja del troceador
Cambiar el aceite de los reductores traseros de la oruga
Cambiar el filtro de seguridad del filtro de aire

Cada año

Cambiar el aceite hidráulico

Cambiar el receptor secador del aire acondicionado

Revisar el sistema de seguridad del motor

Revisar la carga de batería

Limpiar los filtros de malla de succión de aceite hidráulico

Limpiar el radiador y luego llenarlo nuevamente

2.4 Descripción de los formatos a implementar para las distintas rutinas de mantenimiento preventivo

El contenido de cada uno de los formatos a implementar para el control de mantenimiento preventivo de cada unidad de transporte, es:

Unidad: Indica la unidad a la cual se le va a realizar el mantenimiento preventivo, esta podría variar entre maquina cosechadora de caña, cabezales, camiones y buses.

Tipo de mantenimiento: indica el mantenimiento preventivo que se le realizara entre estos se encuentran mantenimientos preventivos de 250, 500,1000, 2000 y 3000 horas.

Código: Este es una nomenclatura interna preestablecida, que se maneja para poder identificar fácilmente a cada unidad de transporte.

Horómetro: Es el indicador de cuantas horas el motor ha trabajado, este instrumento es el que ayuda para poder medir el tiempo de operación y así llevar el control de mantenimiento de cada unidad.

Nuevo horómetro: Al realizarle el mantenimiento preventivo a cada unidad se deberá sumarle 250 horas a la cantidad de horas que indique el horómetro con el que haya entrado a mantenimiento la unidad, y esa será la cantidad para el próximo mantenimiento preventivo de la unidad.

Fecha y hora de entrada al taller: Esta información es importante, ya que permite llevar un control de tiempo perdido por parte del taller en darle mantenimiento a cada unidad, por lo tanto el operador deberá estar al tanto de la hora con que se llene el formato.

Fecha y hora de salida del taller: Al igual que el anterior, esta información ayuda a llevar un control de tiempo perdido al salir del taller cada unidad, es muy importante para poder asignar al técnico otro trabajo pendiente.

Observaciones: estas podrán ser llenos por el operador, al supervisor o por el técnico asignado a realizar el mantenimiento, se anotará cualquier anomalía que el técnico haya podido localizar al realizar el mantenimiento, u otro detalle que crea conveniente.

Técnico: Al haber realizado el mantenimiento el técnico asignado deberá escribir su nombre y su firma, como constancia de haber realizado el mantenimiento de una forma adecuada.

Operador: En este espacio el operador de la unidad deberá escribir su nombre y su firma, aceptando con esto que la unidad que se encuentra asignada a este, se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento.

Vo. Bo. (Visto bueno) del supervisor: Para poder retirar cada unidad que hubiese entrado al taller por mantenimiento preventivo deberán de ser firmadas por el supervisor de turno, para poder tener un control de las unidades que se encuentran en el taller por este.

A continuación se presentan los formatos a utilizar para el control de mantenimiento preventivo para las diferentes unidades de transporte, con las que cuenta el ingenio.

Figura 2. Boleta control de mantenimiento preventivo de 250 horas para máquina cosechadora de caña

<p>INGENIO TULULÁ</p> <p>TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE</p> <p style="text-align: center;">MÁQUINA COSECHADORA AUSTOFT – 7700</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS</p>

CÓDIGO: HORÓMETRO: NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Cambio de aceite del motor	<input type="checkbox"/>	Cambio del filtro de aire	<input type="checkbox"/>
Cambio del filtro de aceite:	<input type="checkbox"/>	Revisar el sistema de admisión	<input type="checkbox"/>
Cambio del filtro del refrigerante:	<input type="checkbox"/>		

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO: _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____

Vo. Bo.

Figura 3. Boleta control de mantenimiento preventivo de 500 horas para máquina cosechadora de caña

<p>INGENIO TULULÁ TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE</p> <p style="text-align: center;">MÁQUINA COSECHADORA AUSTOFT - 7700</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 500 HORAS</p>
--

CÓDIGO: HORÓMETRO: NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Cambio del aceite del motor <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Cambio del filtro de aire <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Cambio del filtro de aceite <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Revisar el sistema de admisión <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Cambio del filtro del refrigerante <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Revisar el anticongelante <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Cambio del filtro de combustible <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO: _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____

Vo. Bo.

Figura 4. Boleta control de mantenimiento preventivo de 1000 horas para máquina cosechadora de caña

INGENIO TULULÁ TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE <p style="text-align: center;">MÁQUINA COSECHADORA AUSTOFT – 7700</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 1000 HORAS</p>
--

CÓDIGO: HORÓMETRO: NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Ajustar la luz de válvulas <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>	Revisar el sistema de admisión <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>
Cambio de aceite del motor <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>	Cambiar el filtro de combustible <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>
Cambio del filtro de aceite: <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>	Revisar el anticongelante <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>
Cambio del filtro del refrigerante: <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>	Revisar la maza del ventilador <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>
Cambio del filtro de aire <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>	Revisar la tensión de la faja y los cojinetes del tensor <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO: _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____

Vo. Bo.

Figura 5. Boleta control de mantenimiento preventivo de 2000 horas para máquina cosechadora de caña

<p><u>INGENIO TULULÁ</u> TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE</p> <p style="text-align: center;">MÁQUINA COSECHADORA AUSTOFT - 7700</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 2000 HORAS</p>

CÓDIGO: HORÓMETRO: NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Ajustar la luz de válvulas <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Cambiar el filtro de combustible <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Cambio de aceite del motor <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Revisar el anticongelante <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Cambio del filtro de aceite: <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Revisar la maza del ventilador <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Cambio del filtro del refrigerante: <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Revisar la tensión de la faja y los cojinetes del tensor <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Cambio del filtro de aire <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Revisar el cigüeñal <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Revisar el sistema de admisión <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Cambiar la mezcla del refrigerante <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO: _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____

Vo. Bo.

Figura 6. Boleta control de mantenimiento preventivo de 3000 horas para máquina cosechadora de caña

<p>INGENIO TULULÁ TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE</p> <p style="text-align: center;">MÁQUINA COSECHADORA AUSTOFT - 7700</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 3000 HORAS</p>
--

CÓDIGO: HORÓMETRO: NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Inspección del turbo <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Limpieza y calibración de la bomba inyectora <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Inspección de la bomba de agua <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Cebiar la bomba inyectora <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Inspeccionar la polea tensora del ventilador <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Limpieza y calibración de los inyectores <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Inspeccionar la maza del ventilador <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO: _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____
Vo. Bo.

Figura 7. Boleta control de mantenimiento preventivo de 250, 500 y 750 horas para motores Caterpillar 3208

INGENIO TULULÁ TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE <p style="text-align: center;">MOTOR CATERPILLAR 3208</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS</p>

CÓDIGO: HORÓMETRO: NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Aceite y filtros del motor <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>	Mangueras y abrazaderas <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>
Filtro de combustible <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>	Aletas del radiador <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>
Sistema de enfriamiento <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>	Luz de válvulas (solamente al primer intervalo) <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>
Revisar el respiradero del carter <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>	Fajas, Inspeccionar y Reemplazar <input style="width: 30px;" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO : _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____
 Vo. Bo.

Figura 8. Boleta control de mantenimiento preventivo de 2000 horas para motores Caterpillar 3208

INGENIO TULULÁ TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE <p style="text-align: center;">MOTOR CATERPILLAR 3208</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 2000 HORAS</p>
--

CÓDIGO: HORÓMETRO: NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Aceite y filtros del motor	<input type="checkbox"/>	Fajas, Inspeccionar y Reemplazar	<input type="checkbox"/>
Filtro de combustible	<input type="checkbox"/>	Separador de agua	<input type="checkbox"/>
Sistema de enfriamiento	<input type="checkbox"/>	Termostatos y sellos	<input type="checkbox"/>
Revisar el respiradero del carter	<input type="checkbox"/>	Luz de válvulas	<input type="checkbox"/>
Mangueras y abrazaderas	<input type="checkbox"/>	Lavar el motor con vapor	<input type="checkbox"/>
Aletas del radiador	<input type="checkbox"/>		

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO : _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____

Vo. Bo.

Figura 9. Boleta control de mantenimiento preventivo de 3000 horas para motores Caterpillar 3208

INGENIO TULULÁ TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE <div style="text-align: center;"> MOTOR CATERPILLAR 3208 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 3000 HORAS </div>

CÓDIGO:
 HORÓMETRO:
 NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA
 FECHA Y HORA DE SALIDA:

Sistema de enfriamiento	<input type="checkbox"/>	Bomba de agua	<input type="checkbox"/>
Inyectores de combustible	<input type="checkbox"/>	Cojinetes de cigüeñal	<input type="checkbox"/>
Caja de bomba de combustible	<input type="checkbox"/>	Tensor de fajas	<input type="checkbox"/>
Compresor de aire	<input type="checkbox"/>	Refrigerante y válvulas de ventilación del carter	<input type="checkbox"/>
Turbo alimentador	<input type="checkbox"/>		

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO : _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____
Vo. Bo.

Figura 10. Boleta control de mantenimiento preventivo de 250 horas para motores Cummins

INGENIO TULULÁ TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE MOTORES CUMMINS MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS

CÓDIGO: HORÓMETRO: NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Aceite y filtros del motor	<input type="checkbox"/>	Cargador de aire (compresor)	<input type="checkbox"/>
Inspeccionar el Sistema de entrada de aire	<input type="checkbox"/>	Restrictor de aire	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO : _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____

Vo. Bo.

Figura 11. Boleta Control de mantenimiento preventivo de 500 horas para motores Cummins

<p>INGENIO TULULÁ TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE</p> <p style="text-align: center;">MOTORES CUMMINS</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 500 HORAS</p>
--

CÓDIGO: HORÓMETRO: NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Aceite y filtros del motor	<input type="checkbox"/>	Cargador de aire (compresor)	<input type="checkbox"/>
Inspeccionar el Sistema de entrada de aire	<input type="checkbox"/>	Restrictor de aire	<input type="checkbox"/>
Concentraciones de anticongelante	<input type="checkbox"/>	Sistema de combustible	<input type="checkbox"/>
		Filtro de combustible	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO : _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____

Vo. Bo.

Figura 12. Boleta control de mantenimiento preventivo de 1000 horas para motores Cummins

INGENIO TULULÁ TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE <p style="text-align: center;">MOTORES CUMMINS</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 1000 HORAS</p>

CÓDIGO: HOROMETRO: NUEVO HOROMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Aceite y filtros del motor <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Cargador de aire (compresor) <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Inspeccionar el Sistema de entrada de aire <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Restrictor de aire <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>
Inspeccionar fajas <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>	Ajuste de válvulas <input style="width: 40px;" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO : _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____
 Vo. Bo.

Figura 13. Boleta control de mantenimiento preventivo de 2000 horas para motor es Cummins

<p>INGENIO TULULÁ TALLER, MAQUINARIA Y TRANSPORTE</p> <p style="text-align: center;">MOTORES CUMMINS</p> <p style="text-align: center;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 2000 HORAS</p>
--

CÓDIGO: HORÓMETRO: NUEVO HORÓMETRO:

FECHA Y HORA DE ENTRADA FECHA Y HORA DE SALIDA:

Aceite y filtros del motor	<input type="checkbox"/>	Cargador de aire (compresor)	<input type="checkbox"/>
Inspeccionar el Sistema de entrada de aire	<input type="checkbox"/>	Restrictor de aire	<input type="checkbox"/>
Inspeccionar compresor de aire	<input type="checkbox"/>	Drenado de refrigerante	<input type="checkbox"/>
Inspeccionar descarga del compresor de aire	<input type="checkbox"/>	Sistema de llenado de refrigerante	<input type="checkbox"/>
		Lavado del sistema refrigerante	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES: _____

TÉCNICO : _____

OPERADOR: _____

SUPERVISOR: _____
Vo. Bo.

2.5 Análisis del sistema de enfriamiento de los motores diesel

Debido a la combustión interna de los motores, estos sufren calentamientos durante su operación. Al alcanzar el motor su temperatura normal de operación, el calor excedente debe ser eliminado por medio del sistema de enfriamiento, con el fin de mantener una temperatura normal y constante.

El sistema de enfriamiento afecta directamente el funcionamiento y la vida útil de la máquina, cuando el sistema de enfriamiento no es del tamaño apropiado, no se da mantenimiento o la máquina no se opera apropiadamente, puede resultar en un recalentamiento del motor, debido a que esto acorta la vida del motor y causa un rendimiento deficiente, por lo cual es muy importante detectar y corregir de inmediato cualquier problema.

La transferencia térmica del refrigerante hacia el aire en el radiador está en relación directa con la diferencia de temperatura entre refrigerante y aire. El diseño de sistema de enfriamiento permite que funcione a una temperatura suficientemente alta como para que exista una buena transferencia térmica, pero suficientemente baja como para que el refrigerante no hierva.

Si el refrigerante comienza a hervir o a evaporarse será empujado hacia fuera mediante la válvula de alivio de presión del radiador, pero esto reduce el nivel del refrigerante, por lo que si se continúa operando la máquina, luego de haber comenzado el recalentamiento, a este se agravará debido a la pérdida de refrigerante.

Existen tres factores que pueden cambiar la temperatura del punto de ebullición del refrigerante, siendo estas, la cantidad y tipo de anticongelante en el refrigerante, la presión a la que debe funcionar el sistema de enfriamiento, la altitud a la que funcionara el sistema de enfriamiento.

Al aumentar la presión a la que funciona el sistema de enfriamiento, el punto de ebullición del refrigerante aumentará. La presión esta controlada por una válvula en la tapa del radiador o sea por la válvula de alivio. Mientras se trabaja a una altitud mayor, el punto de ebullición del refrigerante disminuirá.

La velocidad de transferencia térmica del radiador al aire esta en relación directa con la diferencia de temperaturas del refrigerante y del aire. Una temperatura ambiente hará que la temperatura del refrigerante sea mas alta que la normal, sin embargo la temperatura ambiente del aire disminuye a mayores altitudes por lo que los efectos se contrarrestan.

Se debe tomar en cuenta que la operación de una máquina sobrecarga también puede producir recalentamiento. La correcta aplicación de las velocidades, es importante, ya que el sistema de enfriamiento podría sufrir también un sobrecalentamiento al operar la máquina durante un largo periodo de tiempo a una velocidad demasiado baja.

Debido a que el sistema de enfriamiento utiliza un porcentaje de agua y etileno glicol, no debe de escapar la posibilidad de que éste sufran internamente corrosión. El líquido refrigerante debe evitar herrumbre y las picaduras en el Sistema enfriamiento, debido a que este es necesario la aplicación de inhibidores de corrosión al liquido refrigerante.

El grado de acidez del agua es diferente a varias regiones, por ejemplo, se encuentra un elevado contenido de cloruro de sodio en el agua de las regiones costeras donde se usan plantas de tratamiento salido, también en las aguas cercanas a las minas de carbón se encuentra un alto contenido de sulfatos.

En caso de encontrar un alto contenido de cloruros sulfatos y sólidos disueltos, es necesario el tratamiento del agua utilizada en el líquido refrigerante.

El trabajo de los inhibidores de corrosión es proteger las superficies metálicas en los componentes de enfriamiento mediante el control del pH también puede reducir la formación de incrustaciones en el sistema de enfriamiento.

La concentración del líquido inhibidor de corrosión utilizado en el llenado original de un sistema de enfriamiento debe ser del 3% al 6%, esto es muy importante que se cumpla para evitar problemas posteriores; debido a que demasiado inhibidor de corrosión en una mezcla de refrigerante forma sales insolubles que pueden desgastar la superficie de sellado de la bomba de agua.

Los inhibidores de corrosión cubren las superficies metálicas y neutralizan la contaminación que se desarrolla en el refrigerante. Al cabo de un tiempo se agota el inhibidor al ir cubriendo la falta de película protectora y estar continuamente neutralizando los ácidos formados en el sistema. Por o tanto es importante abastecer periódicamente el inhibidor, para mantener una protección constante.

Dentro de los problemas que presenta un motor de combustión interna enfriado por agua, esta:

- Sobrecalentamiento
- Pérdida de refrigerantes
- Enfriamiento excesivo.

Cada vez que se presenta una falla en el sistema de enfriamiento, se debe diagnosticar inicialmente mediante una inspección visual. En caso de no poder ser diagnosticada la falla, se debe utilizar herramienta para determinar la causa, y así poder dar un diagnóstico aceptable.

Inspección visual por recalentamiento: en caso de existir un problema, es necesario primero observar se realmente es un problema de sobrecalentamiento, el proceso para determinarlo podría incluir.

Comprobar si el radiador esta obstruido, se el nivel del refrigerante es bajo y si las revoluciones del motor son bajas.

Comprobar si hay fugas de refrigerante o vapor en él tubo de rebalse del radiador cuando el motor esta detenido.

En caso de no ser localizada la falla después de estas verificaciones visuales, hay forma de hacer verificaciones más precisas del sistema de enfriamiento.

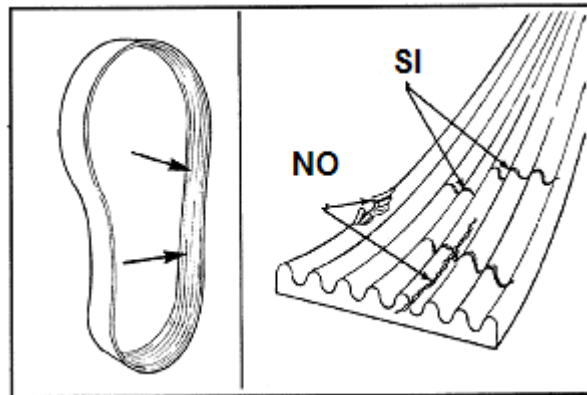
Verificar el nivel del refrigerante en el radiador, debe de asegurarse que el refrigerante este frío. En caso de encontrar un nivel bajo del refrigerante puede producir sobrecalentamiento, sin embargo la falta de refrigerante puede que sea causa de un sobrecalentamiento. Sí el refrigerante llegara a hervir, la válvula de alivio del radiador se abrirá, esto mantendrá una presión constante en el sistema de enfriamiento pero también permite la perdida de refrigerante.

No es recomendable poner demasiado refrigerante en el sistema de enfriamiento porque el exceso rebalsará del radiador. En caso de que el motor vuelva a calentarse, tendrá que descartarse la posibilidad del calentamiento por causa de falta de refrigerante.

Observar que no existan restricciones que puedan detener el flujo de aire a través del radiador. Se debe inspeccionar que no haya suciedad en los núcleos especialmente fuera de la zona del soplo del ventilador. Se podrá utilizar una luz para descubrir las zonas obstruidas en el núcleo. Se coloca la luz a un lado del radiador y se hace una inspección visual desde el lado contrario. Observar si hay aletas del radiador dobladas, deterioradas o hay indicios de fugas del radiador.

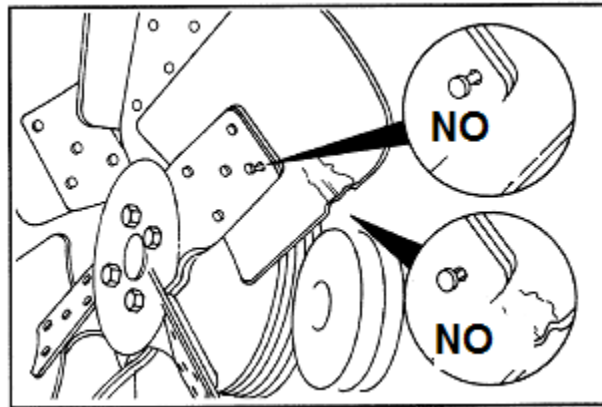
Inspeccionar las fajas del ventilador y la ranura de la polea. Las fajas del ventilador cuando se encuentran flojas, patinan en la polea y se desgastan, a la vez que gira más lentamente, lo que causa recalentamiento. Debe asegurarse que no haya aceite ni grasa en las fajas o poleas, ya que esto hace que las fajas patinen en la polea. También se debe revisar que la faja no se encuentre a ras con el borde de la polea, de ser así la faja está desgastada y debe reemplazarla por una nueva. Cuando se instale la nueva, la superficie externa de la faja debe sobresalir ligeramente del borde de la polea. También debe revisar la superficie interna de las fajas, para asegurarse que no tengan grietas. Como se muestra en la siguiente figura, hay grietas que son aceptadas en las fajas.

Figura 14. Grietas aceptables y no aceptables en las fajas



También debe de tenerse en cuenta, que las fajas del ventilador se deben cambiar en juegos completos para evitar desgaste solamente en la nueva, debido a que la faja nueva al poco tiempo de uso se estirará por causa de que se le estaría aplicando toda la carga a ella sola. Comprobar también que las paletas del ventilador no estén deterioradas. Inspeccionar que el ventilador se encuentre instalado correctamente, ya que si es instalado en forma contraria puede perder aproximadamente el 50% de su capacidad.

Figura 15. Se muestran paletas quebradas y pernos sueltos, en estas condiciones no es recomendable su funcionamiento



Se debe observar también si faltan deflectores del radiador o se encuentran deteriorados. Los deflectores impiden la recirculación del aire alrededor de los lados del radiador. Si falta un deflector o está deteriorado, aumentara la temperatura del aire que pasa por el radiador.

- comprobar el estado de las cubiertas protectoras y asegurarse que estén instaladas apropiadamente. Las cubiertas protectoras del ventilador y de radiador aumenta la eficacia del ventilador. Estas contribuyen a mover mas aire a través de radiador. La cubierta protectora del ventilador debe estar cerca de las puntas de las paletas para evitar la recirculación del aire del rededor de los extremos del ventilador.

- Se debe comprobar que no haya restricciones en el filtro del aire, ni en las tuberías de admisión y escape del aire y que además haya suficiente admisión y escape del aire para el sistema de enfriamiento.

- Revisar que el estado de todas las mangueras, si una manguera se ha aplastado, es una indicación que la bomba de agua no puede bombear suficiente refrigerante a causa de una restricción en el radiador.

- Se deberá observar si existe fugas en la bomba de agua, por recalentamiento.

- Revisar si existe fugas de refrigerante o aceite en la unión de la culata de cilindros y el bloque del motor, ya que si existiera podría ser causa de un empaque de culata roto o quemado, por causa del recalentamiento.

Prueba de los termostatos de agua: en caso de no haber localizado la causa del sobrecalentamiento durante las comprobaciones visuales se necesita probar el sistema de enfriamiento para determinar la causa exacta del problema.

Se debe tomar temperaturas, en la entrada de agua al radiador, a la salida del agua del radiador y a la salida de agua; esto con el fin de identificar el accesorio donde se encuentra el problema de enfriamiento.

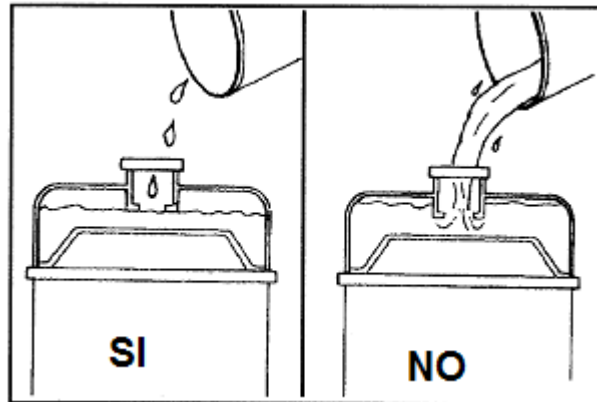
Existe una prueba para poder comprobar si el termostato o regulador de temperatura de agua, se encuentra funcionando adecuadamente. Se debe de extraer el termostato y se debe suspender dentro de un envase metálico con agua, evitando que el termostato haga contacto con el fondo del envase. Se incrementa la temperatura del agua hasta llegar a la temperatura de apertura del termostato indicada en el mismo.

No se debe de poner a funcionar el motor sin termostato, ya que esto puede aumentar el problema de sobrecalentamiento en la mayoría de los sistemas de enfriamientos, cuando son extraídos los termostatos, gran parte del motor puede volver a la entrada de la bomba de agua en lugar de ir al radiador, causando debido a sobrecalentamiento.

Verificación del aire, gases y vapor: un sistema de enfriamiento que no tenga el nivel adecuado de refrigerante, o que no se llene de forma apropiada puede permitir que entre aire en el sistema. Además, las fugas en la entrada y salida del radiador y manguera, permiten que entre aire en el sistema de enfriamiento, especialmente por el lado de admisión de la bomba de agua.

El aire en el sistema de enfriamiento causa espuma o aireación y afecta el rendimiento de la bomba de agua. Las burbujas de aire en el sistema tienen un efecto aislante y reducen el flujo de agua de la bomba. El refrigerante puede no llegar a varias piezas del motor que tienen burbujas de aire y por lo tanto en dichas piezas se forman puntos calientes. Para poder evitar que entre aire en el sistema, se debe llenar lentamente hasta el nivel original de llenado y se cerciorarse que todas las abrazaderas de las mangueras de succión estén bien apretadas.

Figura 16. Forma correcta e incorrecta de llenar el sistema de enfriamiento y su nivel



La contaminación del sistema de enfriamiento con gases de escape, también causa espuma o aireación. Los gases de escape pueden entrar en el sistema de enfriamiento a través de las juntas de la culata de cilindros que tienen grietas internas u otros defectos. La mayoría de las causas se pueden comprobar visualmente, mientras que otras necesitan desmontajes o alguna prueba un tanto sencilla.

Una de las causas de sobrecalentamiento es la presencia de gas en el sistema de enfriamiento, el cual puede ser comprobado por una prueba muy sencilla llamada " prueba de botella ", para poder llevar a cabo esta prueba, se llena el sistema de enfriamiento con refrigerante hasta el nivel óptimo. Se coloca una manguera a la válvula de alivio a la salida del radiador. Se pone el otro extremo de la manguera en un envase con agua. Se instala el tapón del radiador. Se arranca el motor y se hace funcionar a velocidad de plena carga unos 5 minutos. Se comprueba que la temperatura del sistema de enfriamiento este entre unos 85° C y 99° C (185° F a 210° F).

Se debe observar que cantidad de burbujas de aire existen en el envase de vidrio, si se ve una burbuja ocasionalmente, no hay aire ni gases de combustión en el sistema de enfriamiento. Sin embargo, un flujo de burbujas violetas y constantes, indica la presencia de aire o gases de combustible.

Normalmente los sistemas de enfriamiento deben mantener una presión mínima constante de 25 kPa. (4 psi)

Sobre enfriamiento del motor y sus causas: el sobre enfriamiento también puede deteriorar un motor en la misma forma que el recalentamiento. Se produce un sobre enfriamiento cuando no se puede alcanzar la temperatura normal de funcionamiento del motor.

Esta condición es aun mas severa cuando se utiliza combustible con alto contenido de azufre en donde el desgaste aumenta si la temperatura no sobrepasa los 74° C (165° F). El sobre enfriamiento se produce cuando el refrigerante pasa por el termostato y fluye directamente al radiador.

La baja temperatura ambiente y las aplicaciones con carga ligera, causa sobre enfriamiento aunque el refrigerante no fluya a través del radiador en estas condiciones.

La causa mas común de sobre enfriamiento se debe a que cuando el termostato esta deteriorado se mantiene abierto.

Se debe comprobar el termostato de la misma forma que cuando se controla el sobrecalentamiento. Aun si el termostato se abre y cierra apropiadamente, se observa si tiene otros defectos.

Se debe de revisar bien el termostato por posibles muescas o melladuras. Esto puede impedir que el termostato selle apropiadamente.

2.6 Análisis del sistema de combustible de los motores de diesel

Medición indirecta del contenido de energía del combustible: la falta de potencia en algunas ocasiones, en lo que son motores diesel, puede deberse a combustible diesel liviano. La potencia que se obtiene de un combustible diesel es determinada por su potencia calorífica, la cual esta en relación directa a su peso por unidad de volumen.

Midiendo la densidad API del combustible con un hidrómetro apropiado, puede comprobarse el rendimiento del motor con la potencia especifica por el fabricante. Esta potencia es indicada siempre haciendo referencia a la densidad API y la temperatura a la cual fue medida, en las especificaciones de ajuste del combustible.

En caso de ser usado un combustible con una densidad API mayor a la de referencia (mas liviano), el rendimiento del motor será menor que el indicado, debido a que hay menor potencia calorífica por unidad de volumen de combustible.

Cuando se decide tomar la medida de la densidad API, debe también tomarse en cuenta la temperatura a la cual se encuentra el combustible para luego hacer las correcciones debidas; ajustando los valores estándares del fabricante, normalmente se efectúan pruebas de rendimiento en fábricas con un combustible con densidad API de 35 a una temperatura de 60° F.

Contaminantes en el combustible: a continuación se tratará sobre los contaminantes más comunes en lo que el sistema de combustión corresponde.

Agua: ésta puede contaminar el combustible por su condensación debido a malas prácticas de almacenamiento. Excesiva cantidad de agua puede causar serios daños en un corto periodo de tiempo, principalmente en la bomba de inyección.

El agua salada es la principal fuente de depósitos de suciedad y corrosión, puede causar también en los inyectores de combustible y en las ranuras de anillos en los pistones y además provoca desgaste en las partes móviles de la bomba de inyección.

- Drenando regularmente el tanque y teniendo cuidado de obtener el combustible de fuentes confiables.
- Usando separadores de agua.

Existen dos tipos de separadores de agua, el separador por sedimentación y el separador con elementos de carbón. El separador con elementos de carbón, es usado cuando el agua mezclada en el combustible está en pequeñas partículas que no sedimentan y provocan una apariencia nebulosa al combustible.

Sedimentos: regularmente, se encuentran escorias de soldaduras escamas, óxido, tierra, etc., localizados en el tanque de combustible que ocasionan problemas de taponamiento en el sistema. La mayoría de estos sedimentos pueden ser removidos después de un periodo de reposo y filtrado.

El combustible puede estar limpio antes de ingresar al sistema de combustible del motor. En la mayoría de aplicaciones del motor diesel el proceso de limpieza consiste en un filtrado primario y uno secundario. La clave de una buena ejecución de un filtrado radica en la periodicidad del cambio de filtros y su calidad. Los fabricantes, normalmente exigen un porcentaje no mayor de 0.05% de sedimentos en el combustible.

Casi en su mayoría los sedimentos pueden ser atrapados por los filtros pero los periodos de reemplazo deben ser acortados y por consiguiente se incrementan los costos de mantenimiento.

Cuando los sedimentos son demasiado pequeños, estos pueden pasar a través del filtro y ocasionar desgaste en las partes móviles del sistema. Debido a esto es importante remover la mayor cantidad de sedimentos antes de que el combustible ingrese al motor para ser quemado. Así se podrá reducir las cenizas en las cámaras de combustión y las partículas de contaminación que causan depósitos, corrosión, y desgaste abrasivo.

Corrosión ocasionada por azufre presente en el combustible: uno de los elementos mas dañino para las partes internas del motor y que esta presente en derivado del petróleo es el azufre. Los combustibles pesados generalmente contienen un alto contenido de azufre mientras que los combustibles destilados son los que poseen cantidades mas bajas. Esto es debido a que el proceso de refinamiento puede reducir el contenido o eliminarlo.

Al ser quemado en las cámaras de combustión, el combustible que contiene azufre se forman óxidos de azufre, y al reaccionar con vapor de agua se crea ácido sulfúrico.

Al condensarse este vapor ácido, atacará químicamente las superficies metálicas de las piezas internas del motor por ejemplo: guías de válvulas, pistones, cilindros, etc.

Como se anotó anteriormente, en Guatemala las refinerías trabajan procesando crudo de diversas fuentes con variantes en su contenido de azufre. Esto da como resultado diferencias notables en la calidad del combustible que se ofrece al consumidor.

Para obtener buenos resultados de una buena práctica de mantenimiento que ayude a combatir los efectos del azufre deberá contar con los siguientes pasos:

- Conocer el contenido del azufre en el combustible, este dato lo puede dar el proveedor. En caso de no obtenerlo de este, existen instituciones privadas que pueden realizar el análisis. Debe tomarse en cuenta también que el contenido de azufre varía continuamente.

- Seleccionar el aceite de motor apropiado, siguiendo la clasificación API. Tomando en cuenta que cada fabricante de maquinaria proporciona recomendaciones al respecto. La reserva de alcalinidad del aceite es la que combate al ácido sulfúrico dentro del motor, por lo que conocer su valor es importante también para determinar si es capaz de contrarrestar los efectos corrosivos.

- Seguir la recomendaciones y los intervalos de cambio de aceite dados en los manuales de mantenimiento de determinado motor. Cuando se conoce que el contenido de azufre es muy alto (1.0% -1.5% en peso), puede ser recomendable reducirlos intervalos de cambio de aceite a la mitad de lo recomendado.

- Mantener la temperatura del agua de las camisas por encima de 79.5° C (175° F), para reducir el ataque del azufre. El rango deseado en el que se debe mantener el agua es 79.5° C a 93.3° C (175° F a 200° F). En caso de ser necesario deberá cambiarse el termostato para lograrlo.

- Controlar el desgaste progresivo del motor a través de análisis periódico de aceite. Debido a que el uso de combustible con alto contenido de azufre podría dar un incremento en las cantidades de elementos metálicos tales como hierro y cromo.

Efectos del aire presente en el combustible: con muchas frecuencias los motores presentan problemas de rendimiento, detectándose una considerable falta de potencia sin causa aparente. En ocasiones de disminución de potencia se aprecia gradualmente, conforme se adiciona carga a la máquina. Se revisan y reemplazan los elementos de filtrado de aire y combustible sin encontrar mejora.

Otra de las fallas mas frecuentes, con resultados similares es la existencia de aire en el combustible. Este puede ser disuelto en el combustible desde su adquisición, pero es mas frecuente cuando existen fugas en el lado de succión de la bomba de transferencia de tal manera que ingrese a las líneas de combustible. A la par de la baja de potencia, el aire presente en el combustible puede causar problemas en el arranque, quema defectuosa de combustible y excesiva cantidad de humo blanco en el escape.

La acción adecuada para el aire se ha disuelto o eliminado, es purgar el sistema de combustible. Una buena practica será purgar el sistema de combustible antes del arranque, tomando en cuenta que si se localizan fugas, estas pueden ocasionar el ingreso de aire al sistema, por lo tanto deberán ser eliminadas antes de purgar el sistema.

El aire no es mas que otra causa que pueden afectar al sistema de combustible pero también existen factores que están ligados al combustible, como los son él numero de cetano y el punto de inflamación..

El número de cetano es una medida de la calidad de ignición del combustible, el cual afecta el arranque del motor. Debe tenerse en cuenta que se requiere un mínimo de un número de cetano de 45.

Al contar con un combustible bajo de cetano usualmente causa recargo de ignición en el motor. Esto causa dificultades en el arranque, golpeteo en el motor, baja potencia y deficiente economía de combustible.

El punto de inflamación, consiste en la temperatura a la cual los vapores de combustible encienden cuando se los expone a una llama.

Esta determinado por el tipo de combustible y la relación aire–combustible. Es primordial para aspectos de manejo de materiales y almacenamiento.

Respecto a la eficiencia del motor diesel, también están relacionados los inyectores. El método usado para analizar una falla en los inyectores es muy importante. El primer paso es inspeccionar el inyector por daños externos o de coloración. También se debe realizar el área alrededor de la cual fue removido el inyector. Es adecuado emplear una lupa con suficiente magnificación para inspeccionar los orificios del inyector.

En caso de no encontrar alguna señal de daño o decoloración, el siguiente paso será someter el inyector a una prueba de banco con el objetivo de recabar información acerca de la condición de los componentes internos mediante la presurización de combustibles a través del inyector y luego observar la presión de apertura, el ángulo de salida del combustible y operación de todos los agujeros de la punta de cada inyector.

Es muy importante asegurarse que todos los componentes usados en el sistema de combustible sean los correctos, por ejemplo, las líneas de combustible, adaptadores de las líneas de combustible, y cuerpos de válvulas podrían parecer lo mismo y ajustar correctamente pero ser totalmente diferente internamente y por lo tanto afectar el rendimiento del motor.

Debido a suciedad por un mal filtrado de combustible, se ocasionan fallas en los inyectores; las severas condiciones de presión y velocidad a la que trabaja un inyector sumadas a suciedad, provocan erosión en los pasillos internos hacia los orificios del inyector muy rápidamente.

Otro de los problemas puede ser ocasionado por manejo incorrecto o almacenamiento indebido de los inyectores. No debe de limpiarse los inyectores con cepillo de alambre de acero debido que daña los diminutos orificios de salida del combustible. Es recomendable usar un cepillo de alambre de bronce debido a sus cerdas más finas y suaves.

Debido a un excesivo o insuficiente toque de la cuerda de apriete del cuerpo de la válvula del inyector. Cuando un motor se sobrecalienta puede llegar a pandear el cuerpo del inyector.

2.7 Formas de reducir las fallas de los motores diesel relacionadas con el aceite lubricante

La contaminación del aceite puede ser debida a muchas razones pero ninguna es más rápida en sus efectos deteriorantes que el ácido sulfúrico producido por el alto contenido de azufre en los combustibles.

El hacer frente a los efectos del contenido del azufre en el combustible no es una tarea simple. Aunque la utilización de los lubricantes e intervalos correctos y apropiados producen el grado del deterioro corrosivo, el desgaste del motor se aumenta significativamente cuando se utilizan combustibles con alto contenido de azufre.

Estos combustibles no solo producen ácidos que atacan químicamente al motor y producen desgaste corrosivo si no que también producen mas cenizas que aumentan la posibilidad de la formación de depósitos debilitantes. A continuación se indican cinco pasos para combatir los efectos del azufre contenido en el combustible.

1.- Conocer el contenido de azufre en el combustible. Para ello, se deberá informar periódicamente, por medio del proveedor o realizarla mediante un laboratorio de análisis respectivo. Debe tomarse en cuenta que el contenido de azufre presente en el combustible, puede cambiar con cada abastecimiento.

2.- Seleccionar el aceite de motor clasificado como CD, por el Instituto Americano de Petróleo (API), y que tenga un valor de Número de Base Total (NBT) correcto para el contenido de azufre en el combustible.

3.- Se deben seguir las recomendaciones y los intervalos estándar de aceite dados en la guía de conservación del equipo correspondiente. En caso de que el contenido de azufre en el contenido supere el 1.5 % por peso, utilice un aceite con un NBT de 30 y reduzca el intervalo de cambio de aceite a la mitad.

4.- Se deberá seguir un programa de análisis periódico de aceite (APA). También se deberá de contar cuidadosamente los niveles de hierro (Fe) y cromo (Cr). Un análisis infrarrojo es un método excelente para poder determinar el estado del aceite usado junto a un análisis para medir la alcalinidad del aceite (NBT).

5.- La temperatura del agua de las camisas deberán de estar por encima de 79.5° C (175° F) para reducir el ataque del azufre. Es aconsejable mantener una escala de 79.5° C a 93.3° C (175° F a 200° F). Para que esto sea efectivo el motor deberá contar con el termostato adecuado y en perfectas condiciones; para poder alcanzar los requerimientos de temperatura de operación mínima.

Probablemente el paso mas importante para impedir fallas relacionadas con el aceite lubricante sea estar constantemente alerta. Específicamente, significa tomar en consideración las primeras señales de los problemas. Una forma de hacerlo es repasar las señales obvias de advertencia. Este tipo de verificación en donde se incluyen, os siguientes tres elementos clave se debe realizar frecuentemente:

1.-Verificación externa del motor por alguna señal de fugas de cualquier compartimiento.

2.- Verificación del manómetro de aceite. Un cambio en el manómetro puede indicar desde una bomba de aceite defectuosa hasta una válvula de alivio de presión atascada.

3.- Verificación del indicador del nivel de aceite. El nivel bajo de aceite puede señalar un consumo excesivo, fugas o fallas de las tuberías de aceite.

Otra importante regla general, es seguir estrictamente los intervalos de cambio de aceite y filtro recomendado. Esto es muy importante sobre todo en la lucha contra la contaminación y degradación del aceite, especialmente con los combustibles de alto contenido de azufre.

No se debe de olvidar, que el mejor dispositivo para detectar la contaminación en el aceite, es el análisis periódico de éste, que es de vital importancia, ya que si el resultado de la muestra presenta un concentración mas alta que lo normal de metales de desgaste, puede ser indicación de un problema importante.

El análisis debe contener un análisis infrarrojo, el cual es el encargado de medir los porcentajes permitidos de oxidación, nitración, derivados del azufre, sólido disueltos y dilución de los agentes antidesgaste, también puede indicar un deterioro por corrosión.

2.8 Plan de mantenimiento para la maquina cosechadora

El plan de mantenimiento preventivo debe iniciar con el conocimiento, de la condición del motor y sus sistemas día tras día.

Diariamente (antes de empezar la tarea y al terminarla)

Revisar el nivel de aceite del motor

- La máquina debe estar en forma horizontal
- El motor no debe estar en marcha
- Nunca se debe operar el motor con el nivel de aceite bajo de la indicación **L** del medidor del aceite
- Después de 5 minutos de haberse detenido la marcha del motor se podrá tomar una medida aceptable

Revisar el nivel del refrigerante

- ¡Cuidado! No se debe sacar la tapa del radiador si el agua está por encima de los 50° C
- Quitar la tapa del radiador cuidadosamente para aliviar la presión del sistema

- No debe usarse aditivos selladores al encontrar fugas en el sistema de enfriamiento
- Si es necesario agregar refrigerante al sistema, deberá hacerse cuando la temperatura de este sea de 50° C o menos

Revisar trampa de agua

- En caso de encontrar demasiada agua deberá ser drenada

Revisar el filtro de aire

- Cuando el pistón rojo aparezca en el indicador de polvo, deberá detener la marcha del motor
- Extraer el elemento externo, para esto se debe quitar el tornillo y la tapa
- Limpiar el interior y la tapa del filtro
- Limpiar el elemento, revisarla e instalarlo
- Oprimir nuevamente el indicador de polvo a la posición original

Cada 250 Horas

Cambio de aceite del motor

- ¡Cuidado! Evitar el contacto del aceite caliente con la piel
- Mantener funcionando el motor hasta que alcance 60° C de temperatura, luego apáguese, extraer el tapón de drenado de aceite, y dejar salir todo el aceite
- Revisar el tapón de drenado por posibles residuos de metal

Cambio del tipo de aceite

- Sacar el filtro, revisar que haya extraído también el empaque del soporte del filtro (*O-ring*)
- Limpiar el área alrededor de la zona del filtro
- Llenar con aceite nuevo, el filtro que se va a instalar
- Antes de instalar el filtro, aplicar una pequeña película de aceite sobre la junta
- Al roscar el filtro no se debe aplicar demasiada fuerza debido a que se pueda romper el papel interior o deteriorar el empaque (información proporcionada por el fabricante, adjunta a cada filtro nuevo)
- Limpiar el tapón de drenaje y la superficie de sellado
- Colocar y apretar el tapón
- Llenar el motor con aceite hasta el nivel correcto
- ¡Precaución! Antes de arrancar el seguir los pasos de puesta en marcha para después de mucho tiempo parado
- Desconectar los cables eléctricos de la válvula solenoide de la bomba de combustible
- Girar el cigüeñal haciendo uso del motor de arranque, hasta que la aguja marque presión o la luz se apague
- Conectar los cables de la válvula solenoide nuevamente
- Arrancar el motor nuevamente
- Operar el motor moderadamente, para verificar fugas en el filtro o tapón de drenaje
- Apagar el motor, esperar 5 minutos y revisar el aceite nuevamente (normalmente el nivel baja)
- Si es necesario, agregue aceite hasta la indicación **H** del medidor de aceite

Cambio del filtro del refrigerante

- Este deberá ser cambiado cada vez que el aceite se a cambiado
- ¡cuidado! No quitar la tapa del radiador cuando el motor esté caliente
- Quitar la tapa del sistema de enfriamiento y cerrar las válvulas, antes de sacar el filtro
- Sacar el filtro
- Lubricar la junta
- Instalar el filtro como lo indica el fabricante (información proporcionada por el fabricante, junta a cada filtro nuevo)
- Abrir la válvula y colocar la tapa del sistema nuevamente

Cambio del filtro de aire

- Cuando se reemplaza el elemento del exterior, reemplace también el elemento interior
- Extraer el elemento exterior y luego el interior
- Tapar la entrada de aire
- Sacar la tapa y limpiar el interior del filtro
- Colocar un elemento interior nuevo en el conector y apretar las tuercas
- Colocar el elemento exterior y la tapa y oprimir el indicador de polvo a su posición original

Revisar el sistema de admisión

- Revisar el turbo de admisión, controlando que no este rajada la manguera, y que no falte alguna abrazadera

- Ajustar o cambiar de ser necesarios los componentes de manera que entre aire al sistema, únicamente por el filtro
- Remover las mangueras y abrazaderas para realizar la corrosión, limpiar y reponer si es necesario
- ¡Cuidado! Nunca poner en marcha el motor sin el filtro de aire

Cada 500 Horas

Cambio de aceite del motor

- ¡Cuidado! Evitar el contacto del aceite caliente con la piel
- Mantener funcionando el motor hasta que alcance 60° C de temperatura, luego apáguese extraer el tapón de drenado de aceite, y dejar salir todo el aceite
- Revisar el tapón de drenado por posibles residuos del metal

Cambio del filtro de aceite

- sacar el filtro, revisar que haya extraído también el empaque del soporte del filtro (*O-ring*)
- Limpiar el área alrededor de la zona del filtro
- Llenar con aceite nuevo, el filtro que se va a instalar
- Antes de instalar el filtro, aplicar una pequeña película de aceite sobre la junta
- Al roscar el filtro no debe de aplicar demasiada fuerza debido a que se puede romper el papel interior o deteriorar el empaque (información proporcionado por el fabricante, adjunta a cada filtro nuevo)

- Limpiar el tapón del drenaje y la superficie de sellado
- Colocar y apretar el tapón
- Llenar el motor con aceite hasta el nivel correcto
- ¡Precaución! Antes de arrancar el motor, seguir los pasos puesta en marcha para después de mucho tiempo parado
- Desconectar los cables eléctricos de la válvula solenoide de la bomba de combustible
- Girar el cigüeñal haciendo uso del motor de arranque hasta que la aguja marque presión o la luz se apague
- Conectar los cables de la válvula solenoide solamente
- Arrancar el motor normalmente
- operar el motor moderadamente, para verificar fugas en el filtro o tapón drenaje
- Apagar el motos, esperar 5 minutos y revisar el nivel de aceite nuevamente (normalmente el nivel baja)
- Si es necesario, agregar aceite hasta la indicación **H** del medidor de aceite

Cambio de filtro del refrigerante

- Deberá ser cambiado cada vez que el aceite sea cambiado
- ¡Cuidado! No quitar la tapa del radiador cuando el motor este caliente
- Quitar la tapa del sistema de enfriamiento y cerrar las válvulas, antes de sacar el filtro
- Sacar el filtro
- Lubricar la junta
- Instalar el filtro como lo indica el fabricante (información proporcionada por el fabricante, junta a cada filtro nuevo)

- Abrir la válvula y colocar la tapa del sistema nuevamente

Cambio del filtro del combustible

- Antes de retirar el filtro usado, limpiar estrictamente el área alrededor del filtro del combustible, retirar el filtro y limpiar la superficie y junta de porta filtro
- Usar el filtro de combustible recomendado por el fabricante
- Aplicar una película de aceite limpio para lubricar el sello del filtro
- Instalar el filtro como lo indica el fabricante (manual adjunto al filtro nuevo)

Cambio del filtro de aire

- Cuando se reemplace el elemento del exterior, reemplácese también el elemento interior
- Extraer el elemento exterior y luego el interior
- Tapar la entrada de aire
- Sacar la tapa y limpiar el interior del filtro
- Colocar un elemento interior nuevo en el conector y apretar las tuercas
- Colocar el elemento exterior y la tapa y oprimir el indicador de polvo a su posición original

Revisar el sistema de admisión

- Revisar el turbo de admisión, controlando que no este rajada la manguera, y que no falte alguna abrazadera

- Ajustar o cambiar de ser necesarios los componentes de manera que entre aire al sistema, únicamente por el filtro
- Remover las mangueras y abrazaderas para realizar la corrosión, limpiar y reponer si es necesario
- ¡Cuidado! Nunca poner en marcha el motor sin el filtro de aire

Revisar el anticongelante

- Revisar la concentración del refrigerante, antes de agregarle en cada cambio de filtro

Cada 1000 Horas

Ajustar la luz de válvulas

- Remover el cobertor de las válvulas
- Localizar el punto muerto superior del cilindro numero 1, cuando el pin engrane en el árbol de levas en la carrera de compresión, entonces ese es el punto muerto superior
- Se debe calibrar las válvulas en el calibrador
- El motor debe de estar aproximadamente a 60° C (140° F)
- Para las válvulas de entrada se deberá calibrar a 0.254 mm, o sea 0.010 de pulgada
- Para las válvulas de salida se deberá de calibrar a 0.508 mm, o sea 0.020 de pulgada
- Apretar los seguros de las puertas y medir el juego de las válvulas otra vez

- Marcar la polea y rotar el árbol de levas 360° instalar nuevamente el cobertor de las válvulas
- Este ajuste deberá hacerse cada año

Cambio de aceite del motor

- ¡Cuidado! Evitar el contacto del aceite caliente con la piel
- Mantener funcionando el motor hasta que alcance 60° C de temperatura, luego apáguese extraer el tapón de drenado de aceite, y dejar salir todo el aceite
- Revisar el tapón de drenado por posibles residuos del metal

Cambio del filtro de aceite

- sacar el filtro, revisar que haya extraído también el empaque del soporte del filtro (*O-ring*)
- Limpiar el área alrededor de la zona del filtro
- Llenar con aceite nuevo, el filtro que se va a instalar
- Antes de instalar el filtro, aplicar una pequeña película de aceite sobre la junta
- Al roscar el filtro no debe de aplicar demasiada fuerza debido a que se puede romper el papel interior o deteriorar el empaque (información proporcionado por el fabricante, adjunta a cada filtro nuevo)
- Limpiar el tapón del drenaje y la superficie de sellado
- Colocar y apretar el tapón
- Llenar el motor con aceite hasta el nivel correcto
- ¡Precaución! Antes de arrancar el motor, seguir los pasos puesta en marcha para después de mucho tiempo parado

- Desconectar los cables eléctricos de la válvula solenoide de la bomba de combustible
- Girar el cigüeñal haciendo uso del motor de arranque hasta que la aguja marque presión o la luz se apague
- Conectar los cables de la válvula solenoide solamente
- Arrancar el motor normalmente
- operar el motor moderadamente, para verificar fugas en el filtro o tapón de drenaje
- Apagar el motor, esperar 5 minutos y revisar el nivel de aceite nuevamente (normalmente el nivel baja)
- Si es necesario, agregar aceite hasta la indicación **H** del medidor de aceite

Cambio de filtro del refrigerante

- Deberá ser cambiado cada vez que el aceite sea cambiado
- ¡Cuidado! No quitar la tapa del radiador cuando el motor este caliente
- Quitar la tapa del sistema de enfriamiento y cerrar las válvulas, antes de sacar el filtro
- Sacar el filtro
- Lubricar la junta
- Instalar el filtro como lo indica el fabricante (información proporcionada por el fabricante, junta a cada filtro nuevo)
- Abrir la válvula y colocar la tapa del sistema nuevamente

Cambio del filtro de aire

- Cuando se reemplace el elemento del exterior, reemplácese también el elemento interior
- Extraer el elemento exterior y luego el interior
- Tapar la entrada de aire
- Sacar la tapa y limpiar el interior del filtro
- Colocar un elemento interior nuevo en el conector y apretar las tuercas
- Colocar el elemento exterior y la tapa y oprimir el indicador de polvo a su posición original

Revisar el sistema de admisión

- Revisar el turbo de admisión, controlando que no este rajada la manguera, y que no falte alguna abrazadera
- Ajustar o cambiar de ser necesarios los componentes de manera que entre aire al sistema, únicamente por el filtro
- Remover las mangueras y abrazaderas para realizar la corrosión, limpiar y reponer si es necesario
- ¡Cuidado! Nunca poner en marcha el motor sin el filtro de aire

Cambio del filtro del combustible

- Antes de retirar el filtro usado, limpiar estrictamente el área alrededor del filtro del combustible, retirar el filtro y limpiar la superficie de junta del portafiltro
- Usar el filtro de combustible recomendado por el fabricante
- Aplicar una película de aceite limpio para lubricar el sello del filtro

- Instalar el filtro como lo indica el fabricante (manual adjunto al filtro nuevo)

Revisar el anticongelante

- Revisar la concentración del refrigerante, antes de agregarle en cada cambio de filtro

Revisar la maza del ventilador

- Revisar la tensión de la faja y los cojinetes del tensor

Cada 2000 Horas

Lo mismo que cada 1000 horas y además

Revisar el cigüeñal

Cambiar la mezcla del refrigerante

Cada 3000 Horas

Inspección del turbo

Inspección de la bomba de agua

Inspección de la polea tensora del ventilador

Inspección de la maza del ventilador

Limpieza y calibración de la bomba inyectora

Cebado de la bomba inyectora
Limpieza y calibración de los inyectores

Luego de llegar a las 1000 horas de servicio, se comienza nuevamente con lo que es un mantenimiento de 250 horas y a si sucesivamente deben de seguirse cumpliendo las rutinas de mantenimiento.

Además de las rutinas de mantenimiento, existen rutinas de revisión, lubricación y engrase, las cuales deben de ser llevadas a cabo por el mecánico encargado de la maquina cosechadora con la ayuda el operador de esta.

Estas rutinas están especificadas para la siguiente cantidad de horas de trabajo:

Después de las 10 primeras horas, luego del tiempo de reparación
Cada hora de trabajo, durante el día
Cada 10 horas
Cada 50 horas
Cada 150 horas
Cada 300 horas
Cada 500 horas
Cada 1500 horas
Cada año

A continuación se detallan las rutinas de revisión, lubricación y engrase:

- Después de las 10 primeras horas, de haber iniciado las labores luego del tiempo de reparación, o haber estado inactiva por mas de 2 meses.

- Cambiar el aceite de la caja de engranajes de bombas
- Cambiar el aceite de la caja de engranajes de base cortadora
- Cambiar el aceite de las caja de engranajes del troceador
- Cambiar el aceite de los engranajes traseros de la oruga
- Cambiar los filtros hidráulicos de succión (repetir a las 50horas)
- Sacar las tapas de los reductores de la oruga, lavar con gasoil
- Lavar bien todas las zonas, colocar la tapa nuevamente y llenar con aceite hasta el nivel

Durante el día (cada 1 hora)

Revisar los indicadores de panel de control

Revisar las cuchillas de base

Revisar las cuchillas de troceador

Limpiar y sacar la basura

Revisar las cuchillas del despuntador

Revisar los filtros de aire

Cada 10 horas

Revisar el nivel de aceite del motor

Revisar el nivel de agua del radiador

Revisar el aceite hidráulico

Revisar el nivel de combustible en el tanque

Revisar el nivel de aceite de la caja de engranajes de bomba

Revisar el filtro de aire

Revisar la trampa de agua (sí es necesario drenarla)

Limpiar la tasa del pre-filtro de aire
Limpiar el filtro de aire de la cabina
Limpiar el condensador del aire acondicionado

Cada 50 horas

Revisar el nivel de aceite de la cortadora de base
Revisar el nivel de aceite de los troceadores
Revisar el nivel de aceite de los reductores traseros de la oruga
Revisar el nivel de aceite del extractor primario
Revisar el nivel de electrolito de la batería
Revisar el nivel de liquido de freno
Limpiar los filtros internos de la cabina
Limpiar el condensador de aire acondicionado (lavar con agua cuidado de no mojar los motores)
Engrasar los cojinetes del extractor primario
Engrasar los cojinetes del extractor secundario
Engrasar los pivotes del cilindro de giro del elevador
Engrasar los pivotes de la articulación del elevador
Engrasar los cojinetes del troceador
Engrasar los sellos de la caja cortadora de base
Aceitar los pivote del cilindro del despuntador
Aceitar los pivotes del cilindro del divisor de surco

Cada 150 horas

- Cambiar el aceite de la caja de engranajes de la bomba
- Cambiar el aceite de la caja de engranajes de los troceadores
- Cambiar el aceite de los reductores traseros de la oruga
- Cambiar los filtros de succión de aceite hidráulico
- Cambiar el aceite de la caja de engranajes de la base cortadora
- Revisar la faja del ventilador
- Drenar un litro de gas-oil del tanque
- Engrasar el extractor primario
- Engrasar los cojinetes del plato del despuntador
- Engrasar los cojinetes del rolo recolector superior
- Engrasar los cojinetes del elevador (todos)
- Lubricar el compresor de la bocina

Cada 250 horas

- Cambiar el aceite del motor
- Cambiar el filtro de aceite del motor

Cada 300 horas

- Engrasar los cojinetes del tren de rolos
- Engrasar los cojinetes del giro del elevador
- Nota: no sobre engrasar, una bombeada con grasera de mano es suficiente

Cada 500 horas

- Cambiar el filtro de combustible
- Cambiar el filtro del refrigerante
- Cambiar el aceite del extractor de brazo vertical
- Avanzar la tabillas del elevador en un eslabón

Cada 1500 horas

- Cambiar el aceite de la caja de base cortadora
- Cambiar el aceite de la caja del troceador
- Cambiar el aceite de los reductores traseros de la oruga
- Cambiar el filtro de seguridad del filtro de aire

Cada año

- Cambiar el aceite hidráulico
- Cambiar el receptor secador del aire acondicionado
- Revisar el sistema de seguridad del motor
- Revisar la carga de batería
- Limpiar los filtros de malla de succión de aceite hidráulico
- Limpiar el radiador y luego llenarlo nuevamente

2.9 Plan de mantenimiento para los motores diesel y sus sistemas

El mantenimiento preventivo de los motores, es muy importante debido a que viene a ser el alma del vehículo.

A continuación se menciona el servicio mantenimiento de acuerdo al tipo de motor utilizado en las unidades de transporte y la cantidad de horas de operación de cada uno de estos.

2.9.1 Motores Caterpillar 3208

Diariamente

Inspeccionar alrededor del motor

- Cerciorarse que no hayan fugas ni conexiones flojas
- Cerciorarse que el radiador no tenga fugas ni basura acumulada
- Constatar que el ventilador y las fajas de impulsión de los accesorios no tenga rajaduras cortes u otro tipo de averías
- Verificar que la bomba de agua no tenga fugas de aceite por los sellos delanteros y traseros del cigüeñal, el colector del cárter, los filtros de aceite y las tapas de válvulas
- Inspeccionar el sistema de combustible por posibles fugas en las abrazaderas y conexiones flojas de las tuberías de combustible y mangueras flojas o desatadas
- Inspeccionar que los cables eléctricos no tengan conexiones flojas o desgastadas

- cerciorarse que las mangueras y los codos del sistema de admisión de aire o tengan rajaduras ni abrazaderas flojas
- comprobar el estado de las baterías y el nivel de electrolito

Inspeccionar el cárter del motor

- Para hacer el mantenimiento, el vehículo deberá estar estacionado en una superficie horizontal
- ¡Cuidado! Comprobar el nivel del aceite con el motor parado
- El nivel del aceite deberá estar entre las marcas de añadir y lleno, de la varilla del lado, motor parado

Inspeccionar el sistema de enfriamiento

- Comprobar el nivel de refrigerante con el motor parado y frío
- Retirar el tapón de llenado lentamente para aliviar la presión
- El nivel de refrigerante deberá estar $\frac{1}{2}$ " por debajo del tubo de llenado
- Comprobar que la tapa del tubo de llenado este en buenas condiciones, y reemplazar si las juntas están dañadas
- Inspeccionar y limpiar las aletas del radiador

Inspeccionar el filtro de aire del motor

- Cerciorarse que el motor no se encuentre funcionando al momento de darle mantenimiento
- Comprobar el indicador de filtro de aire
- Dar servicio al filtro de aire a los intervalos determinados
- Comprobar que el material filtrante no este roto

- No sacudir ni golpear los elementos del filtro

Inspeccionar el separador de agua

- No permitir que el motor funcione, cuando el agua en el separador indique mas de la mitad

Cada 250 horas

Cambios de aceite y filtros del motor

- Con el motor parado y el aceite caliente, quitar el tapón de drenaje del cárter para que salgan junto al aceite las partículas extrañas que se han mezclado
- Antes de aplicar nuevamente aceite al motor, colocar el tapón de drenaje del cárter y apretarlo a 50 + -10 lb-pie
- Retirar el filtro del aceite, cortar y abrir los pliegues del elemento del filtro para observar si hay rebabas de metal en el elemento.
- Limpiar la superficie de sellado de la base de montaje del elemento y asegurarse que no hayan residuos de la junta usada
- Aplicar una pequeña cantidad de aceite de motor limpio a la empaquetadura nueva del elemento del filtro
- Instalar el nuevo elemento de filtro hasta que la empaquetadura haga contacto con la base, girarlo con la mano $\frac{3}{4}$ de vuelta
- Quitar la tapa de llenado de aceite par llenar el cárter
- Antes de arrancar el motor, cerciorarse que el nivel de aceite este en la posición lleno

- Arrancar el motor y dejarlo funcionar por dos minutos en bajas, inspeccionar si existen fugas de aceite
- Esperar 10 minutos para que el aceite regrese al cárter y así poder medir su nivel

Cambio de filtro de combustible

- El motor debe estar apagado
- Desconectar el interruptor de encendido/arranque o desconectar la batería
- Cerrar la válvula de suministro del tanque de combustible
- Remover el elemento de filtro y descartarlo
- Limpiar la superficie de sellado de la junta de la base del filtro y asegurarse de retirar todo el empaque o sello usado
- Untar con combustible diesel limpio el empaque nuevo del filtro
- Después de cambiar los filtros de combustible, cebar el sistema de combustible para eliminar las burbujas de aire en el sistema
- Abrir la válvula de ventilación ubicada en la caja de la bomba de inyección de combustible y también abrir la válvula de suministro del tanque de combustible
- Desenganchar y hacer funcionar el émbolo de la bomba de cebado hasta que el combustible fluya por el conducto plástico transparente en el lado izquierdo del motor sin interrupción y libre de burbujas
- Cerrar la válvula de ventilación y enganchar el émbolo de la bomba de cebado
- Hacer girar el motor. Si el motor no arranca o si una vez arrancado sigue fallando o emitiendo humo es necesario cebarlo mas

Sistema de enfriamiento

- limpiar o enjuagar el sistema de enfriamiento antes del intervalo de mantenimiento si ocurriera lo siguiente
 - El refrigerante esta altamente contaminado
 - El motor se calienta con frecuencia
 - Se observa espuma en el radiador
 - El enfriador de aceite se rompió dejando que este aceite en el refrigerante
 - El combustible ha contaminado el refrigerante
- Aflojar lentamente la tapa de llenado del radiador para aliviar la presión y quitar la tapa
- Puede ser necesario en ocasiones drenar una cantidad suficiente de refrigerante del radiador para poder añadir el aditivo de refrigerante
- Es recomendable aplicar el aditivo de refrigerante caterpillar en una cantidad de 0.25 litros por cada 38 litros de capacidad del sistema de enfriamiento
- Inspeccionar las juntas de la tapa de llenado del radiador, en caso de estar dañadas, reemplazar la tapa
- Colocar la tapa de llenado

Revisar el respiradero del cárter

- Aflojar la abrazadera de retención del respiradero
- Aflojar la abrazadera de la manguera, deslizar la manguera por el tubo y sacar el respiradero

- Lavar el respiradero con solvente limpio no inflamable y dejar secar
- Instalar el sello o empaque nuevo
- Ensamblar el respiradero e instalarlo

Fajas, inspeccionar y reemplazar si es necesario

- Comprobar el estado y ajuste de las fajas del alternador y de impulsión de accesorios
- En caso de ser necesario cambiar una faja, se deberá reemplazar todo el juego por fajas nuevas
- Inspeccionar el estado y ajuste de las fajas del alternador y las del ventilador
- Para comprobar la tensión de la faja, aplicar una fuerza de 25 libras en el punto medio entre las poleas. Las que estén ajustadas correctamente, tendrán una comba de 13 a 19 mm.
- En caso fuera necesaria la instalación de fajas nueva, comprobar el ajuste de la faja después de 30 minutos de operación del motor

Mangueras y abrazaderas, inspeccionar y reemplazar si es necesario

- Inspeccionar todas las mangueras por rajaduras, si se encontraran blandas y con abrazaderas flojas
- Antes de reemplazar alguna manguera del sistema de enfriamiento, aflojar lentamente la tapa del llenado del radiador para aliviar la presión y remover la tapa
- Drenar el refrigerante del sistema de enfriamiento a un nivel por debajo de la manguera que quiera reemplazar

- Remover las abrazaderas de la manguera y desconectar la manguera usada
- Reemplazar por una manguera nueva e instalar las abrazaderas nuevamente
- Añadir una mezcla de agua y refrigerante al sistema de enfriamiento
- Poner a operar el motor y comprobar si hay fugas. Dejar que el nivel de refrigerante se estabilice y agregar si fuera necesario. Instalar la tapa de llenado del radiador
- Comprobar que el indicador de temperatura de agua registre la temperatura correcta de operación

Luz de válvulas (solamente al primer intervalo)

- Remover el cobertor de las válvulas
- localizar el punto muerto superior del cilindro número , cuando el pin engrane en el árbol de levas en la carrera de compresión, entonces ese es el punto muerto superior
- se debe calibrar las válvulas con calibrador
- el motor debe de estar aproximadamente a 60° C(140° F)
- para las válvulas de entrada se deberá de calibrar a 0.38 mm, o sea 0.015 de pulgada
- para las válvulas de salida se deberá de calibrar a 0.84 mm, o sea 0.025 de pulgada
- apretar los seguros de las tuercas y medir el juego de las válvulas otra vez
- instalar nuevamente el cobertor de las válvulas

Aletas del radiador

- Usar anteojos cuando disponga inspeccionar y limpiar el sistema de enfriamiento
- Inspeccionar las aletas del radiador por si existiera acumulación de basura
- El agua a presión es un excelente método para eliminar la suciedad de las aletas del radiador (no usar presión mayor a 40 PSI)
- Utilizar un bombillo detrás de las aletas del radiador para verificar que estén completamente limpias

Cada 2000 horas

Lo mismo que un mantenimiento de 250 horas y además se deberá de:

Lavar el motor con vapor

- La acumulación de grasa y aceite en un motor constituyen peligros de incendio, por lo que es necesario limpiar y lavar el motor de ser posible cada 2000 horas, o cuando fuera necesario
- Es aconsejable lavar el motor con vapor, el cual vendrá a mejorar las características de transferencia de calor

Separador de agua

- ¡Cuidado! Las fugas o derrames de combustibles sobre superficies calientes o en los componentes eléctricos pueden causar incendios. Al cambiar filtros de combustible o los elementos del separador de agua, desconectar el interruptor general o desconectar la batería
- el elemento del separador de agua se reemplazara cada vez que se efectúe cambio de filtro de combustible

Termostatos y sellos

- Debido a que estos motores tienen un sistema de enfriamiento por derivación, una buena práctica de mantenimiento preventivo es, el cambio del termostato con regularidad
- Para reemplazar el termostato, aflojar la tapa de llenado del refrigerante para aliviar la presión y quitar la tapa
- Drenar el refrigerante del sistema de enfriamiento hasta un nivel por debajo de la caja del termostato
- Desconectar las mangueras de la caja del termostato
- Quitar los pernos y la caja del termostato del bloque del motor sacar los termostatos del bloque del motor
- Reemplazar los termostatos del bloque del motor
- Reemplazar los termostatos, los empaques y los sellos
- Los termostatos podrán volver a ser utilizados si se comprueba que cumplen con las especificaciones, y no están dañados ni tienen acumulación excesiva de herrumbre

- Para instalar los termostatos deben ir con el borde del sello colocado en sentido opuesto al bloque del motor es el espacio de la caja
- Instalar las nuevas juntas del termostato en su posición en el bloque del motor, conectar la manguera del radiador y apretar las abrazaderas
- Añadir mezcla de refrigerante al sistema de enfriamiento para mantenerlo al nivel adecuado
- Arrancar el motor e inspeccionar que no existan fugas para cerciorarse que funciona correctamente

Luz de válvulas

- Remover el cobertor de las válvulas
- localizar el punto muerto superior del cilindro número , cuando el pin engrane en el árbol de levas en la carrera de compresión, entonces ese es el punto muerto superior
- se debe calibrar las válvulas con calibrador
- el motor debe de estar aproximadamente a 60° C(140° F)
- para las válvulas de entrada se deberá de calibrar a 0.38 mm, o sea 0.015 de pulgada
- para las válvulas de salida se deberá de calibrar a 0.84 mm, o sea 0.025 de pulgada
- apretar los seguros de las tuercas y medir el juego de las válvulas otra vez
- instalar nuevamente el cobertor de las válvulas

Cada 3000 horas

Lo mismo que un mantenimiento de 250 horas y además se deberá de revisar:

Refrigerante y válvulas de ventilación del cárter

- Aflojar lentamente la tapa del radiador para aliviar la presión y quitar la tapa
- Drenar el refrigerante del sistema de enfriamiento a un nivel por debajo del enfriador del aceite
- Aflojar las abrazaderas de las mangueras del enfriador de aceite, quitar las mangueras y descartarlas
- Aflojar las abrazaderas de las mangueras y quitar las mangueras de las válvulas de ventilación del cárter que están a ambos lados del motor
- Instalar todas las mangueras nuevas de refrigerante y de ventilación del cárter y apretar las abrazaderas

Sistema de enfriamiento

- Aflojar lentamente la tapa de llenado del radiador para aliviar la presión
- Quitar los tapones de drenaje del sistema de enfriamiento o abrir la válvula de calefacción de la cabina para descargar el refrigerante de la calefacción de la cabina
- Limpiar e instalar todos los tapones de drenaje y cerrar las válvulas de drenaje

- Llenar el sistema de enfriamiento con una mezcla de agua limpia y limpiador de sistema de enfriamiento (el cuál puede ser adquirido con e fabricante)
- Poner en marcha el motor y dejarlo funcionar durante una hora y media para hacer circular el líquido en el sistema de enfriamiento
- Detener el motor y quitar la tapa de llenado del radiador y los tapones de drenaje del sistema de enfriamiento
- Drenar la solución de limpieza, y enjuagar el sistema de enfriamiento con agua limpia hasta que el agua que drena salga limpia. Limpiar e instalar todos los tapones de drenaje y cerrar la válvula de drenaje
- Preparar la solución de agua y anticongelante para suministrarla al sistema de enfriamiento
- Para evitar burbujas de aire suministrar el refrigerante a menos de 20 litros por minuto
- poner en marcha e motor y dejar que funcione sin la tapa de llenado. Dejar que se caliente el refrigerante, que se abra el termostato y se estabilice el nivel del refrigerante
- no añadir refrigerante aun motor recalentado, antes bien dejar que este se enfríe
- en caso de ser necesario añadir refrigerante hasta el nivel adecuado
- comprobar que no existan fugas de refrigerante en las conexiones del enfriador de aceite
- revisar el estado del sello de la tapa de llenado de radiador

Inyectores de combustible

- Al detectar mal funcionamiento en el motor, humo en el escape o se escuche golpeteo, el primer paso será, remover cada inyector de combustible, uno a la vez para determinar cual esta funcionando mal
- ¡Cuidado! No aflojar las tuercas de la parte superior de los inyectores, estos se dañaran si la parte superior gira en el cuerpo cuando se aflojen las tuberías de combustible, el motor se dañara si se utiliza un inyector de combustible defectuoso debido a la forma incorrecta en que se sale el combustible (rociado dentro del cilindro)
- Poner en marcha el motor
- Con el motor funcionando, aflojar la tuerca de la tubería de inyección de combustible en la culata, una a la vez. Antes de aflojar la siguiente, asegurarse de apretar la tuerca de cada una de ellas
- Al encontrar un cilindro en donde aflojar la tuerca de la tubería de combustible no cambia el funcionamiento o el humo que despide el motor, intercambie reemplace ese inyector de combustible por un inyector nuevo
- Detener la marcha del motor

Caja de bomba de combustible

- Existen dos drenajes en la parte inferior trasera de la bomba de combustible

- Para extraer el agua que pueda acumularse en un período de tiempo en la bomba de combustible se debe remover el perno (A) y el tapón (B)
- Después de haber drenado el agua y sedimentos se debe instalar nuevamente el tapón (B) y el perno (A), y luego purgar el aire del sistema de combustible
- En caso de comprobar la entrada de agua, se deberá dar servicio con mayor frecuencia

Compresor de aire

- ¡Cuidado! No desconectar la tubería de aire del regulador del compresor hasta que se haya purgado el sistema de frenos y auxiliar, de lo contrario el aire puede causar lesiones al personal técnico

Turbo alimentador

- Dentro de las opciones se tiene: la compra de un juego de piezas y herramientas necesarias para su reparación, uno reconstruido o solamente intercambio de componentes

Bomba de agua

- Dentro de las opciones se tiene: la compra de un juego de piezas y herramientas necesarias para su reparación, uno construido o solamente intercambio de componentes

Cojinetes de cigüeñal

- Los motores turboalimentados requieren un cambio de cojinetes debido a su mayor potencia, al analizar la necesidad de reemplazarlo, normalmente no es necesario reemplazar los cojinetes de bancada a menos que las bielas muestren indicios de que el sistema de lubricación está dañado o lubrica de manera deficiente
- Existen casos en que se hacen necesarios el cambio de estos a la mitad de vida útil
- Dentro de estos casos se cuenta, cuando la operación se prolonga con altos factores de carga, con altas velocidades; operación al margen de lubricación demasiadas partículas de metal en el filtro de aceite, altas temperaturas en el sistema de lubricación, excesiva presencia de plomo y aluminio en el análisis de aceite, entre otras

Tensor de fajas

- Inspeccionar que el tensor de fajas se encuentre en posición correctas
- Verificar que no tenga ruido raro o los cojinetes de la polea suenen

2.9.2 Motores Cummins

Diario

Inspeccionar el separador de agua y combustible

Se debe drenar el agua y los sedimentos del separador diariamente. Detener la marcha del motor, y drenar la válvula hasta que salga el combustible limpio. En caso de haber drenado mas de dos onzas de combustible, llenar el filtro nuevamente para evitar arranques duros, que pueden dañar el motor.

Revisar el nivel de aceite

Nunca se debe operar el motor con el nivel de aceite debajo de la marca **L** o arriba de **H**. Esperar alrededor de 15 minutos después de detener la marcha del motor para revisar el nivel de aceite.

Nivel de refrigerante

No remover la tapa del radiador de un motor que acaba de detenerse, sino esperar que la temperatura este abajo de 50° C. No usar pegamentos o sellos para detener fugas en el sistemas de enfriamiento, ya que esto podría taponar y causar un flujo inadecuado al motor y así provocar un sobrecalentamiento. El nivel de este debe ser revisado diariamente. Si el nivel de refrigerante esta bajo, se debe esperar a que la temperatura este bajo 50° C, antes de añadir refrigerante. Al agregarle refrigerante el nivel de este deberá quedar abajo del tubo de llenado.

Inspeccionar fajas

Revisar visualmente las fajas por posibles rajaduras, de las cuales las transversales son aceptables, no así las longitudinales.

Inspeccionar el ventilador

¡Cuidado! Una falla en el ventilador puede causar daños personales. Para girar el ventilador, usar la herramienta adecuada. La inspección del ventilador debe hacerse diariamente, revisar or rajaduras, remaches y aspas flojas. Revisar que este bien instalado y reemplazarlo si es necesario.

Cada 250 horas

Cambiar aceite y filtro del motor

- Cambiar el aceite y filtro, para remover los contaminantes suspendidos en el aceite
- Muy importante, el aceites solamente deberá ser drenado cuando este caliente y los contaminantes estén en suspensión
- ¡Cuidado! se debe evitar el contacto excesivo con aceite ya usado, en caso de tener contacto, lavarse bien las manos
- ¡Cuidado! El aceite esta caliente y puede causar daños personales
- Operar el motor, hasta que la temperatura este en 60° C antes de detener la marcha, luego remover el drenado para drenar el aceite. Usar un contenedor para recolectar el aceite.

- Limpiar el área alrededor donde se instalará el filtro.
- Antes de instalar el filtro nuevo asegurarse que el empaque del filtro usado fue extraído pues podrá haber quedado pegado en la superficie de la base.
- Llenar el filtro nuevo con aceite limpio antes de instalarlo, aplicar una pequeña capa de aceite a la superficie del empaque antes de instalar el filtro.
- Revisar y limpiar la rosca y el empaque del drenado y volver a instalarlo, en caso de estar dañado reemplazarlo.
- Llenar nuevamente el motor de aceite limpio.
- Opera el motor y revisarlo por posibles fugas en el filtro o el drenador, detener la marcha del motor, esperar 15 minutos y revisar el nivel de aceite y de ser necesario agregarle hasta el límite.

Inspeccionar el sistema de entrada de aire

- Inspeccionar la tubería de entrada de aire, por posibles rajaduras en las mangueras, abrazaderas flojas.

Cargador del aire (compresor)

- Experiencias anteriores con turbocargador, es que el aceite se introduce en el cargador de aire, este puede ser limpiado.
- Remover el cargador de aire del vehículo, inspeccionar visualmente el cargador de aire por rajaduras, agujeros o daños.

- Para limpiar el cargador de aire, lavarlo con solvente, muy importante es que, sea en dirección opuesta al flujo normal de aire.
- Después de haber limpiando de aceite con solvente, lavarlo con agua caliente y detergente para remover los sobrantes de solvente, posteriormente solo con agua limpia.

Cada 500 horas

Concentraciones de anticongelante

- Revisar la concentración del anticongelante.
- La concentración deberá ser de 50% de etileno-glicol 50% de agua, para proteger el motor aproximadamente por un año.

Filtro de combustible

- Limpiar el área alrededor de la cabeza del filtro de combustible, antes de ser removido el filtro.
- Remover el filtro.
- Limpiar la superficie de sellado de la junta de la base del filtro y asegurarse de retirar todo el empaque ya usado.
- Instalar un empaque nuevo.
- Llenar el filtro nuevo con combustible limpio y aplicar aceite lubricante limpio al empaque nuevo del filtro

Sistema de combustible

- Es probable que entren pequeñas cantidades de aire a través de la bomba de inyección de combustible a la hora de ser llenada la tubería .
- Cuando se cambia el filtro de combustible, la bomba de inyección de combustible o alguna línea de abastecimiento también suele ingresar aire a la tubería.
- Se recomienda sangrar el sistema manualmente sí:
 - El filtro no fue llenado antes de instalarlo
 - La bamba de inyección es reemplazada
 - Alguna línea de combustible fue reemplazada
 - El motor estuvo fuera de operación por un largo tiempo
 - El motor fue dejado sin combustible por falta del mismo en el tanque

Cada 1000 horas

Inspeccionar fajas

- Remover la faja
- Levantar el tensor para remover e instalar la faja
- Después que ha sido aflojado el tensor y quitada la faja, revisarla e instalarla nuevamente
- Revisar visualmente las fajas por posibles rajaduras, de las cuales las transversales son aceptables, no así las longitudinales

- Al haber instalado nuevamente la faja deberá medir la deflexión de esta en la parte mas holgada esta medida es aceptable si la deflexión esta entre 3/8" y 1/2"
- Reemplazar la faja si las rajaduras son inaceptables

Ajuste de válvulas

- Remover el cobertor de las válvulas
- Localizar el punto muerto superior del cilindro número 1, cuando el pin engrane en el árbol de las levas en la carrera de compresión, entonces ese es el punto muerto superior
- Se debe calibrar las válvulas con el calibrador
- El motor debe de estar aproximadamente a 60° C (50° F).
- Para las válvulas de entrada se deberá de calibrar a 0.254 mm, o sea 0.010 de pulgada
- Para las válvula de salida se deberá de calibrar a 0.508 mm o sea 0.020 de pulgada
- Apretar los seguros de las tuercas y medir el juego de las válvulas otra vez
- Marcar la polea y rotar el árbol de levas 360°
- Instalar nuevamente el conector de las válvulas

Cada 200 horas

Inspeccionar el compresor de aire

- revisar el pistón, las paredes y los sellos del cilindro por posible formación barnices y depósitos de carbón

Inspeccionar la descarga del compresor de aire

- Drenar el sistema de aire húmedo. Remover la línea de descarga del compresor de aire
- Medir el espesor total de carbón depositado en la línea de descarga, en caso que el depósito exceda 2 mm (1 /16 pulg), entonces, limpiar e inspeccionar la cabeza de cilindro, el conjunto de las válvulas y la línea de descarga, en caso de ser necesario reemplazar las piezas
- En caso de exceder el límite de carbón se deberá continuar revisando las conexiones arriba de la línea de descarga hacia el primer tanque hasta que el depósito de carbón sea menor de 2 mm (1/16 pulg), en caso sea necesario limpiar y reemplazar cada una de las líneas o conexiones que exceda las especificaciones
- Inspeccionar el buen funcionamiento de cada uno de los secadores de aire, válvulas de escape, inyectores de alcohol, revisar también por fugas de aire

Mantenimiento del sistema de enfriamiento

Drenado de refrigerante

- Drenar el sistema de aire húmedo del tanque por el escape a presión de aire
- Medir el espesor total de carbón depositado dentro de la línea de descarga, en caso que el deposito exceda 2 mm (1/16 pulg), entonces se deberá limpiar e inspeccionar la cabeza de cilindro, el conjunto de válvulas y la línea de descarga, si fuera necesario se reemplazara
- En caso el espesor del carbón depositado sea mayor a lo de especificado se deberá seguir revisando y limpiando la línea de descarga y sus conexiones hasta que el carbón depositado sea menor a 1/16",si fuera necesario se reemplazaran las piezas dañadas
- Inspeccionar por mal funcionamiento y limpiar por posible carbón depositado en los secadores de aire, válvulas de escape, la válvula de alivio de presión, y los inyectores de alcohol, revisan por fuga de aire

Sistema de llenado refrigerante

- Retirar el tapón del radiador y esperar que la temperatura del refrigerante baje aproximadamente a 50° C para evitar quemaduras

- El sistema debe ser llenado apropiadamente para prevenir entrada de aire. Durante el llenado, debe estar libre de aire. Antes de llenar revisar que la llave de drenado este cerrada. Esperar de 2 a 3 para poder purgar el aire, luego agregarle refrigerante hasta llegar a su nivel
- La mezcla que se aplica deberá ser del 50% agua y 50% etileno glicol, no es aconsejable usar solamente agua, ya que provoca corrosión
- Instalar el tapón del radiador y operar el motor hasta que llegue a una temperatura de 80° C para revisar por posibles fugas
- Luego de revisar por posibles fugas, revisar el nivel nuevamente y aplicar si fuera necesario

Lavado del sistema refrigerante

- Esperar a que la temperatura baje a 50° C, posteriormente remover el tapón del radiador teniendo cuidado con el vapor atomizado que pueda salir por la boquilla de llenado
- Drenar el sistema abriendo la válvula de drenado y removiéndola posteriormente, esta se encuentra en la parte inferior del radiador, la cantidad de refrigerante aproximado a drenar será de 20 litros
- Revisar mangueras y abrazaderas dañadas o perdidas revisar también el radiador por fugas y cambiar las piezas si fuera necesario
- Para evitar que entre aire en el sistema de refrigeración, se deberá remover la manguera de la parte superior del radiador, también se deberá de abrir la válvula de drenado

- Posteriormente se deberá de llenar el radiador con una mezcla de carbonato de sodio y agua (o equivalente comercialmente), se puede mezclar 0.5 kilogramos de carbonato de sodio por cada 23 litros de agua
- No se debe de poner el tapón del radiador mientras se este realizando el lavado
- Se debe operar el motor por cinco minutos con la temperatura aproximada de 80° C, luego se debe detener la marcha del motor y drenar la mezcla de carbonato de sodio y agua
- Luego llenar completamente el sistema con agua limpia y no ponerle el tapón del radiador
- Operar nuevamente el motor por otros cinco minutos a una temperatura de 80° C, detener la marcha del motor y drenar el sistema nuevamente si el agua drenada sale demasiada oscura, se deberá lavar nuevamente el sistema hasta que el agua salga limpia

CONCLUSIONES

1. Los programas de mantenimiento preventivo para la máquina cosechadora y para los motores diesel que se presentan en este trabajo de graduación, cumplen con los procedimientos necesarios para poder realizarlos de manera que los equipos se encuentren en un estado funcional y así, poder lograr un aumento en su tiempo de servicio activo.
2. Para poder lograr que el mantenimiento preventivo en los equipos sean aplicados y realizados de una forma correcta y así cumplir con su finalidad, deberá de brindársele capacitación constante al personal de supervisión y al personal técnico de los talleres.
3. Se debe utilizar para los equipos, lubricantes y repuestos que cumplan con las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante, ya que, debido a esto, en los análisis de aceite de motor se encuentran presentes partículas metálicas las cuales se deben a una mala lubricación o a un material no adecuado en las piezas reemplazadas.
4. En el presente trabajo de graduación, se presentan las alternativas para detectar las fallas mas frecuentes en los motores de las unidades, lo cual servirá para realizar un diagnóstico mas acertado en una falla de motor, lo que ahorrará tiempo y dinero.
5. El llevar un historial de mantenimiento preventivo como de avería de cada máquina, ayuda a detectar una falla posterior en éstas.

RECOMENDACIONES

A la gerencia general del Ingenio Tuluá s. a.

1. Realizar un proceso de evaluación y renovación de equipos, debido a que éstos se encuentran ya en su fase final de servicio
2. Utilizar repuestos y lubricantes de acuerdo a las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante

A la gerencia de la división T. M. T.

3. Brindar el apoyo necesario para que se cumpla a cabalidad con el mantenimiento preventivo requerido por cada equipo y, a la vez esté de acuerdo con este trabajo de graduación.
4. Realizar el análisis de aceite del motor, el cual deberá ser específico de acuerdo a las necesidades de cada uno de ellos

A la jefatura de la división de T. M. T.

5. Apoyar las actividades de mantenimiento preventivo, sobre las de avería, esto con el objeto de alargar el tiempo de servicio activo de cada equipo

6. Programar durante el tiempo de reparación cursos de capacitación para todo el personal involucrado en las actividades de mantenimiento preventivo de los equipos, con el objetivo de mantener el nivel técnico necesario y con esto satisfacer las necesidades de los talleres

Al supervisor de mantenimiento en los talleres de la división de T. M. T.

7. Actualizarse constantemente acerca de los productos lubricantes e insumos más recientes que ofrecen los proveedores, para los equipos con que cuenta el ingenio, logrando con ello poder realizar reuniones con el personal encargado de los departamentos de transporte y maquinaria de dicha división, y poder presentarles sugerencias de lubricantes, insumos así como también de proveedores a la división de materiales y suministros, todo esto con el objetivo de alargar el tiempo de servicio activo de cada equipo
8. Llevar acabo procedimientos de análisis de causa y efecto esporádicamente, para lograr determinar algunas deficiencias en el mantenimiento preventivo en los equipos
9. Supervisar que las muestras de aceite para análisis, sean tomadas de acuerdo a lo especificado en este trabajo de graduación, para obtener un diagnóstico fiel de cada equipo

BIBLIOGRAFÍA

1. Esso Corporation. Boletines técnicos de información de lubricantes.
2. Rodas García, Jorge Mario, Guías de pruebas de diagnosticar las condiciones de operación del motor diesel. Facultad de Ingeniería. Tesis de Graduación de Ingeniero Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1992.
3. Texaco. Manual de lubricación, operación y mantenimiento de motores Diesel, volumen 76 # 4 1,992
4. Tirado Soto, Carlos Alberto, Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para los tractores agrícolas y alzadoras del Ingenio Tierra Buena. Facultad de Ingeniería. Tesis de Graduación de Ingeniero Mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 2002.