

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de ingeniería



Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada
propiedad de la empresa “Talleres y Dragados Bolaños”, Tiquisate,
Escuintla

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por:
Rodolfo Joel Contreras Romero
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología
Industrial

Guatemala
2018

“Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada
propiedad de la empresa “Talleres y Dragados Bolaños”, Tiquisate,
Escuintla”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de ingeniería

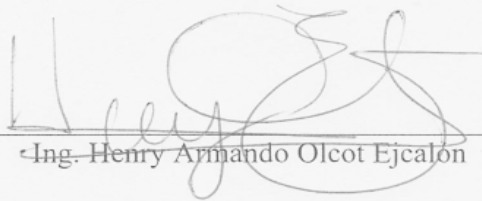


Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada
propiedad de la empresa “Talleres y Dragados Bolaños”, Tiquisate,
Escuintla

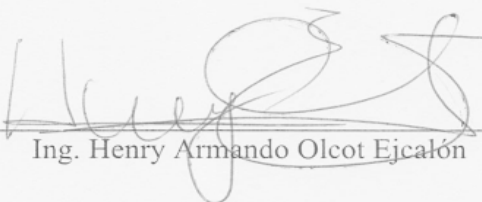
Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por:
Rodolfo Joel Contreras Romero
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología
Industrial

Guatemala
2018

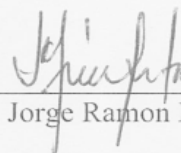
Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Henry Armando Olcot Ejcalón

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Henry Armando Olcot Ejcalón

(f) 
Ing. Fernando Rafael Rivera Turcios

(f) 
Ing. Jorge Ramon Mendez Costa

Fecha de aprobación: Guatemala 19 de julio 2018

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
A. Antecedentes “Talleres y Dragados Bolaños”	4
B. Características básicas de los equipos.....	4
1. El motor.	5
a. Sistema de inyección.....	6
b. Sistema de lubricación.....	7
c. Sistema de enfriamiento.....	8
d. Sistema de distribución.....	8
2. El tren de potencia.....	9
a. Sistema de embrague.....	10
b. Convertidor de par.....	10
c. Caja de cambios.....	11
d. Mandos finales.....	12
3. Sistema hidráulico	12
C. Maquinaria pesada.....	13
1. Excavadora de orugas.....	13
2. Mini excavadora	14
3. Retroexcavadora.....	15
4. Motoniveladora	15
D. Mantenimiento.....	16
1. Mantenimiento preventivo	16
2. Mantenimiento correctivo.....	16
3. Mantenimiento predictivo.....	17
V. Metodología	18
A. Plan de mantenimiento actual	18
B. Propuesta de plan de mantenimiento	18
1. Especificaciones técnicas de los equipos.....	19
2. Periodicidad de los mantenimientos	21
a. Excavadora de orugas	21
b. Mini excavadora.....	23
c. Retroexcavadora	25
d. Motoniveladora	27
VI. Resultados	29
A. Formatos de gestión del mantenimiento.....	29
1. Resumen de uso	29
2. Inspección diaria.....	29

a. Excavadora de orugas	30
b. Mini excavadora	30
c. Retroexcavadora	31
d. Motoniveladora	32
3. Requerimiento de repuestos	32
4. Reporte de horas	33
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS	34
A. Stock de repuestos	34
B. Problemas técnicos comunes	35
1. Sobrecalentamiento del motor de la motoniveladora	36
2. Fuga en los cilindros del brazo frontal de la retroexcavadora JD 310D	36
3. Desbandamiento de orugas de mini excavadora	36
C. Manual de uso de base de datos	37
VIII. CONCLUSIONES	40
IX. RECOMENDACIONES	41
X. BIBLIOGRAFÍA	42
XI. ANEXOS	43
XII. GLOSARIO	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Componentes principales de un MCIA.....	6
Tabla 2. Lista de maquinaria de la empresa “Talleres y dragados Bolaños”.....	18
Tabla 3. Ingresos por equipo.....	18
Tabla 4. Ficha técnica excavadora CASE CX210B.....	19
Tabla 5. Ficha técnica mini excavadora CASE CX31B.....	19
Tabla 6. Ficha técnica retroexcavadora CASE 580M.....	20
Tabla 7. Ficha técnica retroexcavadora John Deere 310D.....	20
Tabla 8. Ficha técnica motoniveladora John Deere 570A.....	21
Tabla 9. Mantenimiento motor excavadora.....	21
Tabla 10. Mantenimiento tren de potencia excavadora.....	22
Tabla 11. Mantenimiento sistema hidráulico excavadora.....	22
Tabla 12. Mantenimiento motor mini excavadora.....	23
Tabla 13. Mantenimiento tren de potencia mini excavadora.....	24
Tabla 14. Mantenimiento motor retroexcavadora.....	25
Tabla 15. Mantenimiento tren de potencia retroexcavadora.....	25
Tabla 16. Mantenimiento sistema hidráulico para retroexcavadora.....	26
Tabla 17. Mantenimiento motor motoniveladora.....	27
Tabla 18. Mantenimiento tren de potencia motoniveladora.....	27
Tabla 19. Resumen de uso de equipos.....	29
Tabla 20. Inspección diaria excavadora de orugas.....	30
Tabla 21. Inspección diaria mini excavadora.....	30
Tabla 22. Inspección diaria retroexcavadora.....	31
Tabla 23. Inspección diaria motoniveladora.....	32
Tabla 24. Formato de requerimiento de repuestos.....	32
Tabla 25. Reporte de horas de trabajo.....	33
Tabla 26. Stock de repuestos y fluidos excavadora.....	34
Tabla 27. Stock de repuestos e insumos mini excavadora.....	34
Tabla 28. Stock de repuestos retroexcavadora John Deere 310D.....	35
Tabla 29. Stock de repuestos retroexcavadora CASE 580M.....	35
Tabla 30. Homologación de filtros excavadora CASE CX210B.....	43
Tabla 31. Homologación de filtros mini excavadora CASE CX31B.....	43
Tabla 32. Homologación de filtros retroexcavadora CASE 580M.....	43
Tabla 33. Homologación de filtros retroexcavadora John Deere 310D.....	44
Tabla 34. Homologación de filtros motoniveladora John Deere 570A.....	44

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Nivel jerárquico “Talleres y Dragados Bolaños”	4
Ilustración 2. Componentes principales de un MCIA	5
Ilustración 3. Componentes de un sistema de inyección diésel	7
Ilustración 4. Componentes de un sistema de lubricación de un MCIA	7
Ilustración 5. Componentes de un sistema de refrigeración	8
Ilustración 6. Componentes del sistema de distribución	9
Ilustración 7. Componentes del tren de potencia de una motoniveladora Caterpillar 24M.9	9
Ilustración 8. Sección transversal de un sistema de embrague John Deere	10
Ilustración 9. Componentes de un convertidor de par	11
Ilustración 10. Caja de cambios PowrQuad John Deere	11
Ilustración 11. Componentes de un diferencial John Deere	12
Ilustración 12. Sistema hidráulico de una excavadora Caterpillar 320D	13
Ilustración 13. Excavadora de orugas CASE modelo CX210B	14
Ilustración 14. Mini excavadora CASE modelo CX31B	14
Ilustración 15. Retroexcavadora CASE modelo 580M	15
Ilustración 16. Motoniveladora John Deere modelo 570A	15
Ilustración 17. Menú principal de la base de datos	37
Ilustración 18. Ventana de ingreso de equipo	37
Ilustración 19. Ventana principal operadores	38
Ilustración 20. Ventana de ingreso de datos operadores	38
Ilustración 21. Ventana de mantenimiento	38
Ilustración 22. Ventana para ingreso de carga de combustible	39
Ilustración 23. Ventana de reportes	39

RESUMEN

El presente trabajo describe el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de construcción y movimiento de tierras de la empresa “Talleres y Dragados Bolaños”. Actualmente la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo lo que provoca la falta de disponibilidad cuando los equipos son solicitados por los clientes. Lo anterior tiene un costo económico significativo y además de la cantidad de reparaciones correctivas.

Inicialmente se estableció cual es la situación actual de la empresa en cuanto a la maquinaria disponible. Es necesario obtener los manuales de servicio de cada máquina para diseñar el plan de mantenimiento conforme a las indicaciones de cada fabricante; además establecer un stock de repuestos e insumos para que ningún equipo se detenga por falta de inventario en los mantenimientos. Por último crear una base de datos que contendrá toda la información relevante de la maquinaria y podrá indicar en que momento necesita mantenimiento cada equipo.

Al momento de ser implementado, el plan de mantenimiento preventivo pretende garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de toda la maquinaria de la empresa con el fin de contribuir al cumplimiento de los trabajos para los que es utilizada, mejorando la rentabilidad en los servicios de maquinaria pesada que esta empresa ofrece.

I. INTRODUCCIÓN

El establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo que minimice la cantidad de reparaciones correctivas es de suma importancia para las empresas que poseen equipos de producción. En el presente proyecto se diseña un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa “Talleres y Dragados Bolaños”.

La importancia de un plan de mantenimiento preventivo es, principalmente, maximizar la disponibilidad y la vida útil de los equipos, esto está directamente relacionado a la minimización de costos por mano de obra ociosa y tiempo de paro de los equipos.

“Talleres y Dragados Bolaños” es una empresa que se dedica a prestar servicios de metal mecánica en general y a la renta de maquinaria pesada, entendiendo por esta a toda máquina móvil hidráulica utilizada en la construcción y minería. Dicha maquinaria está constituida por una serie de sistemas mecánicos que operan protegidos por lubricantes líquidos, tales como motores de combustión interna, cajas de engranajes y circuitos hidráulicos.

La renta de la maquinaria pesada es la principal fuente de ingresos de la empresa, es por esta razón que surge la necesidad de mantener los equipos en estado operativo, con el fin de satisfacer las necesidades de todos los clientes que contratan los servicios que presta la empresa con su maquinaria. Esto amerita diseñar un plan de mantenimiento preventivo, que promueva la operación continua de los equipos y de manera general una permita a la empresa un estado de mejora continua.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

1. Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada propiedad de la empresa “Talleres y Dragados Bolaños”

B. ESPECÍFICOS

1. Determinar y resolver los problemas técnicos más comunes, a través de un análisis de fallas recurrentes.
2. Elaborar una ficha técnica por máquina, para poder determinar los insumos, cantidades y repuestos a utilizar para el mantenimiento preventivo que recomienda cada fabricante.
3. Proponer la existencia de un inventario de repuestos e insumos en bodega para reducir los tiempos de parada de las máquinas, indicando el precio, cantidad y frecuencia de uso de los mismos.
4. Sistematizar el mantenimiento preventivo de los equipos en una base de datos, que se actualizará manualmente en cada abastecimiento de combustible registrando las horas trabajadas.

III. JUSTIFICACIÓN

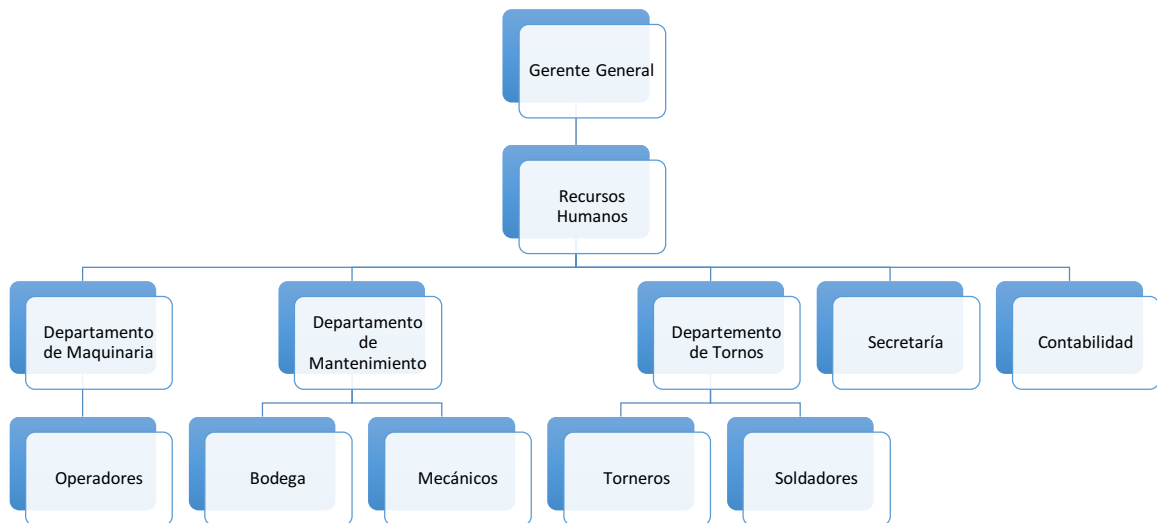
La necesidad de implementar este plan de mantenimiento surge de los elevados costos de reparaciones correctivas y el acortamiento de la vida útil de la maquinaria de la empresa, la falta de disponibilidad, que se producen por falta de un plan de mantenimiento preventivo y extendidos periodos de servicio.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes “Talleres y Dragados Bolaños”

Es una empresa creada en el año 1994, en el municipio de Pueblo Nuevo Tiquisate, departamento de Escuintla. La empresa fue declarada originalmente ante el registro mercantil como un taller de tornos y soldadura, posteriormente, en el año 2000, el propietario, adquiere su primera máquina de movimiento de tierras, una draga de cable. Después de largos años hoy en día es una de las empresas más grandes del área, en cuanto a maquinaria pesada y movimiento de tierras.

Ilustración 1. Nivel Jerárquico “Talleres y Dragados Bolaños”.



Fuente: Elaboración propia.

B. Características básicas de los equipos

Las máquinas pesadas para movimiento de tierra se clasifican en varias categorías básicas, tales como: tractor de cadena (tractor de oruga), motoniveladora, retroexcavadora y excavadora.

Las retroexcavadoras tienen como aplicación más común la de cargar material en camiones, aunque son utilizadas también para hacer excavaciones poco profundas. Los tractores de oruga se utilizan en tareas tales como restauración de terrenos, nivelación de escombros, empuje de materiales, operaciones de desgarramiento y habilitación de terreno. Al realizar los trabajos, para los cuales fueron diseñados, los tractores generalmente requieren ciertos accesorios como hojas topadoras, desgarradores, etc. Las motoniveladoras se utilizan para conformar y nivelar caminos. Las excavadoras se utilizan, principalmente, para la excavación en terrenos poco accesibles.

Las máquinas mencionadas anteriormente, utilizan un motor diésel para proveerse de la potencia necesaria, y así realizar los trabajos. En términos generales, las máquinas pesadas para movimiento de tierras consisten en cuatro conjuntos básicos:

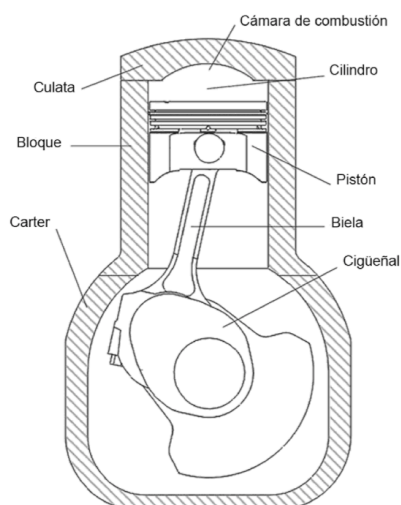
1. El motor, que provee la potencia.
2. El tren de potencia, que transmite la potencia a las ruedas u orugas.
3. El sistema hidráulico, que brinda movilidad a los implementos de las máquinas.
4. Implementos de la máquina, necesarios para trabajar en diversidad de condiciones.

1. El motor. Un motor de combustión interna es un conjunto de elementos mecánicos que permiten obtener energía mecánica a partir del estado térmico de un fluido de trabajo que se ha generado en su propio seno mediante un proceso de combustión.

Produce la fuerza, el movimiento y la potencia que se requiere para mover el tren de potencia y el sistema hidráulico. Regularmente los equipos de movimiento de tierras utilizan motores diésel de 4 hasta 8 cilindros.

El motor diésel es un motor de combustión interna alternativo (MCIA), se denominan de combustión interna porque el estado térmico se genera en el propio fluido que evoluciona en el motor, la Ilustración 2 representa el esquema básico de un motor de combustión interna alternativo.

Ilustración 2. Componentes principales de un MCIA.



Fuente: Rovira, Muñoz. 2015. *Motores de combustión interna*. Madrid: UNED. 518 págs.

Tabla 1. Componentes principales de un MCIA.

Pistón	Elemento que describe un movimiento rectilíneo alternativo. Es el émbolo del mecanismo biela-manivela y aumenta o disminuye el volumen del cilindro.
Biela	Elemento que, junto con la manivela, convierte el movimiento lineal del pistón en el rotativo del cigüeñal.
Cigüeñal	Elemento rotativo del motor. En él se integra la manivela del mecanismo.
Cilindro	El volumen que aloja el fluido de trabajo.
Cámara de combustión	Es el volumen que queda por encima del pistón al finalizar la compresión y donde básicamente tiene lugar la combustión de la mezcla.
Culata	Elemento que constituye el cerramiento superior de los cilindros.
Bloque	Elemento que contiene los cilindros.
Cárter	Cierre inferior del motor. Contiene el aceite para la lubricación.

Fuente: Rovira, Muñoz. 2015. *Motores de combustión interna*. Madrid: UNED. 518 págs.

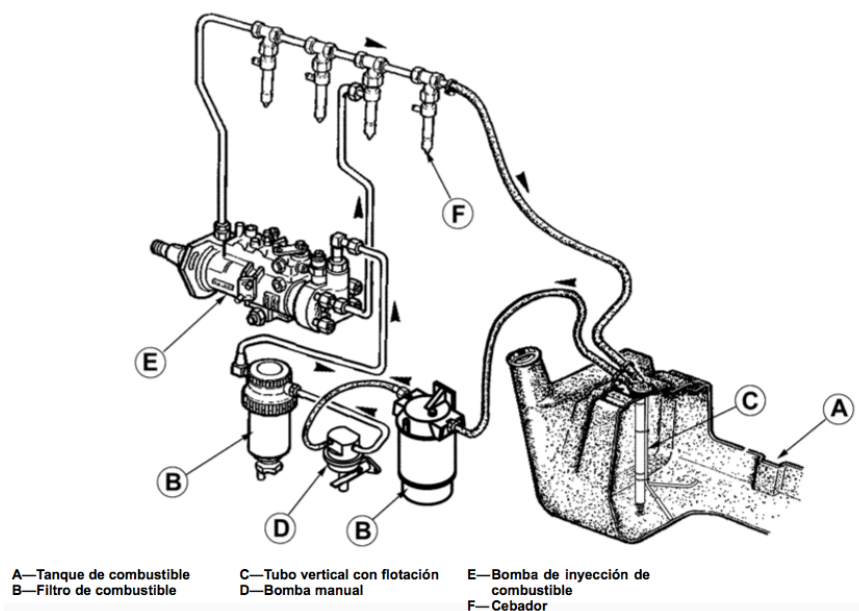
El motor, durante su funcionamiento, realiza una serie de procesos que se repiten periódicamente, regularmente se dice que un motor diésel es un motor de 4 tiempos:

- Admisión: Proceso por medio del cual entra aire a los cilindros.
- Compresión: Proceso por el cual el aire se comprime en la cámara de combustión.
- Explosión: Sucede en el momento que se enciende la mezcla aire-combustible, los gases producto de la combustión se expanden y desplazan al pistón.
- Escape: Proceso en el que se desalojan los gases producto de la combustión fuera del cilindro y poder proceder a un nuevo proceso de admisión.

Junto con los procesos básicos mencionados anteriormente se tiene que dar otra serie de procesos secundarios, procesos que son llevados a cabo por sistemas independientes. Los más importantes son: la inyección de combustible, la lubricación, la refrigeración y el accionamiento de válvulas.

a. Sistema de inyección. Consiste en un sistema de alimentación de combustible diésel a alta presión (desde 300 hasta 350 bares). Su función es hacer que todos los cilindros reciban, en igual cantidad, combustible dosificado en su oportunidad, que esté finamente atomizado y que puedan variarse los volúmenes inyectados para controlar las revoluciones del motor. El sistema de inyección es muy preciso, los mantenimientos requeridos por este sistema son bastante costosos. Algunos de los componentes del sistema de inyección son: El tanque de combustible, bomba de combustible (baja presión), filtro de combustible (partículas), filtro separador de agua, tubería de baja presión, bomba de inyección (alta presión), tubería de alta presión e inyectores.

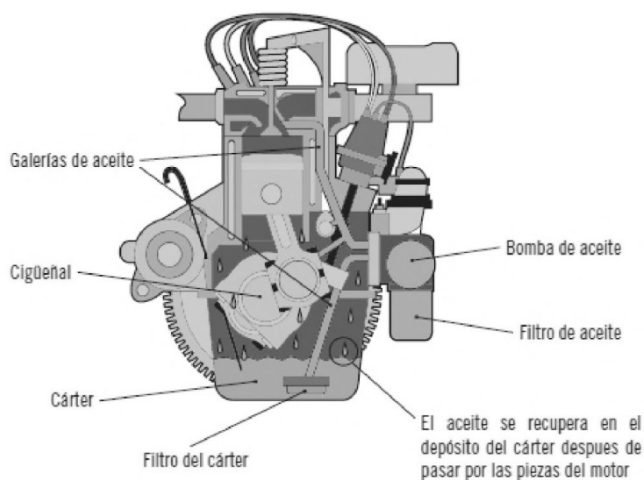
Ilustración 3. Componentes de un sistema de inyección diésel.



Fuente: Deere & Company. 2011. *Manual técnico tractores serie J*. USA. 1094 págs.

b. Sistema de lubricación. Consiste en un sistema que se encarga de evitar el desgaste o reducir todo lo posible el contacto directo entre los metales en movimiento, el rozamiento entre órganos móviles origina desgastes excesivos, calentamientos y pérdidas de potencia. El sistema de lubricación suministra aceite (entre 1 y 6 bares) entre todas las partes móviles del motor. Las partes principales del sistema de lubricación son: Aceitera (cárter), pre filtro, bomba de aceite, filtro de aceite, enfriador de aceite, tuberías y regulador de presión.

Ilustración 4. Componentes de un sistema de lubricación de un MCIA.

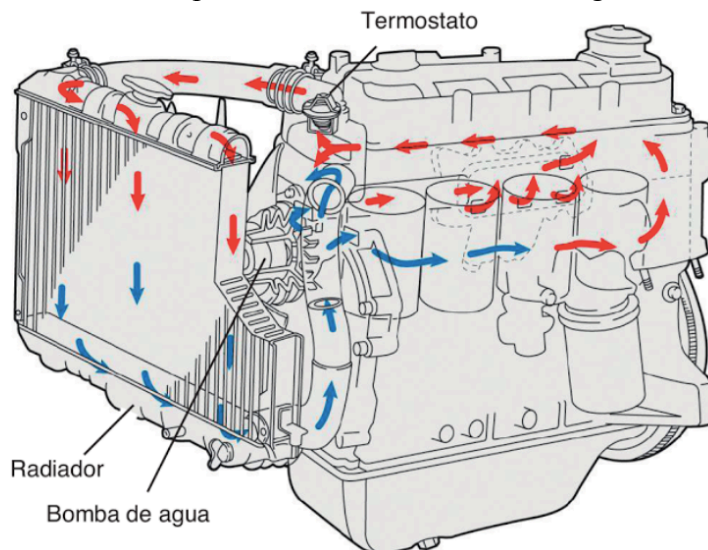


Fuente: Ordoñez, Manuel Ángel. 2012. *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos*. Málaga: IC. 234 págs.

c. Sistema de enfriamiento. Es el sistema encargado de mantener el motor dentro de los límites de temperatura establecidos para funcionar de manera óptima. Este sistema consiste en un circuito de líquido refrigerante, éste se mantiene en contacto directo con las paredes de los cilindros y cámaras de combustión del motor, absorbe el calor producto de la combustión y la fricción y lo transporta a un depósito refrigerante donde el líquido se enfría y vuelve al circuito para cumplir nuevamente su misión refrigerante. El circuito se establece por el interior del bloque y culata, para lo cual estas piezas se fabrican huecas, de forma que el líquido refrigerante circule alrededor de las cámaras de combustión y los cilindros.

Los componentes principales de este sistema son: El radiador, tapón de seguridad, mangueras de alta temperatura, bomba de agua, termostato, ventilador.

Ilustración 5. Componentes de un sistema de refrigeración.

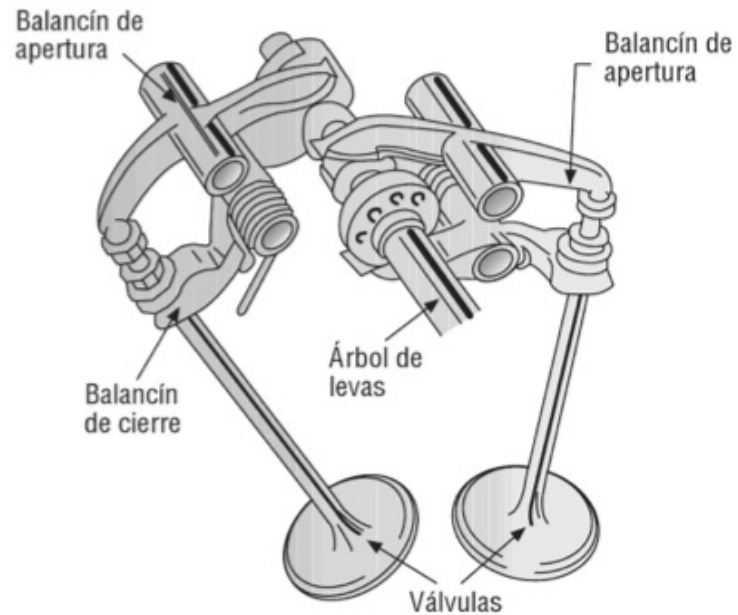


Fuente: Ordoñez, Manuel Ángel. 2012. *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos*. Málaga: IC. 234 págs.

d. Sistema de distribución. Es el conjunto de piezas que regulan la entrada y salida de gases en el cilindro. Este sistema debe estar en perfecto sincronismo con el cigüeñal, para que las aperturas y cierres de las válvulas se produzcan con arreglo a las sucesivas posiciones del pistón dentro del cilindro y en los momentos adecuados.

Los componentes de un sistema de distribución convencional son: Cadena o banda de distribución, ruedas dentadas, tensor de banda o cadena, eje de levas, balancines, eje de balancines, varilla de empuje, guías y asientos de válvulas, resortes de válvulas, válvulas y tornillos de reglaje.

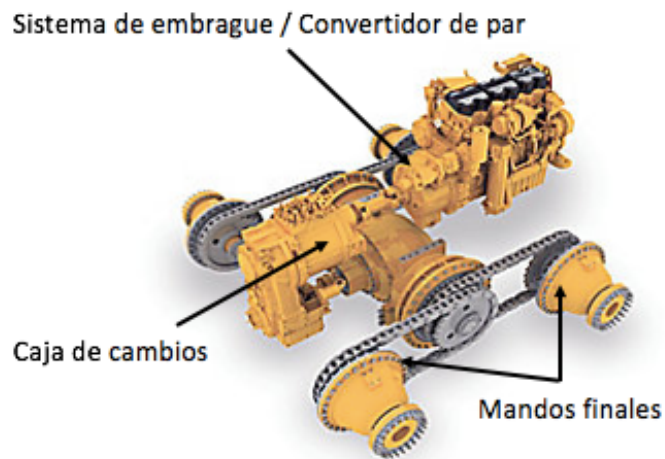
Ilustración 6. Componentes del sistema de distribución.



Fuente: Picabea, Ortega. 2010. *Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo*. Madrid: Arán. 328 págs.

2. El tren de potencia. Un sistema de propulsión o tren de potencia es el sistema que usa un vehículo para moverse. Esto incluye varios tipos de componentes: Sistema de embrague, convertidor de par, caja de cambios y mandos finales.

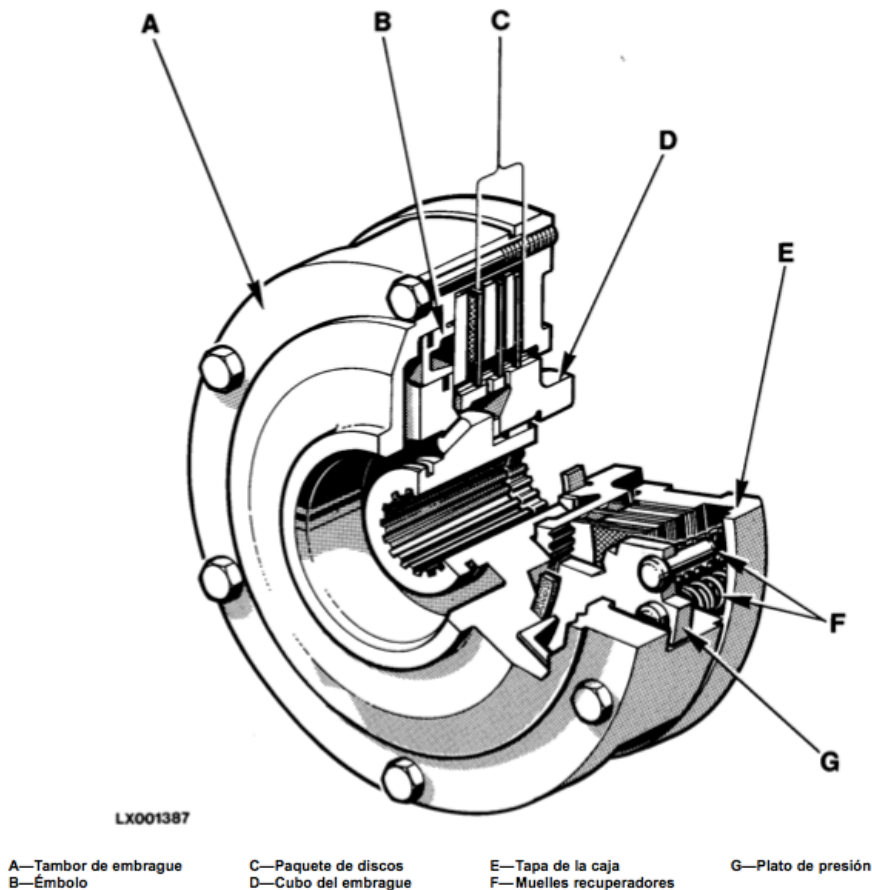
Ilustración 7. Componentes del tren de potencia de una motoniveladora Caterpillar 24M.



Fuente: Caterpillar Inc.

a. Sistema de embrague. Es un mecanismo de accionamiento mecánico o hidráulico que sirve para conectar o desconectar el movimiento del motor hacia la transmisión. Generalmente consta de 1 o 2 discos de fricción de acción mecánica. Los componentes principales de un sistema de embrague son: El volante de inercia, disco de embrague, placa de presión y diafragma.

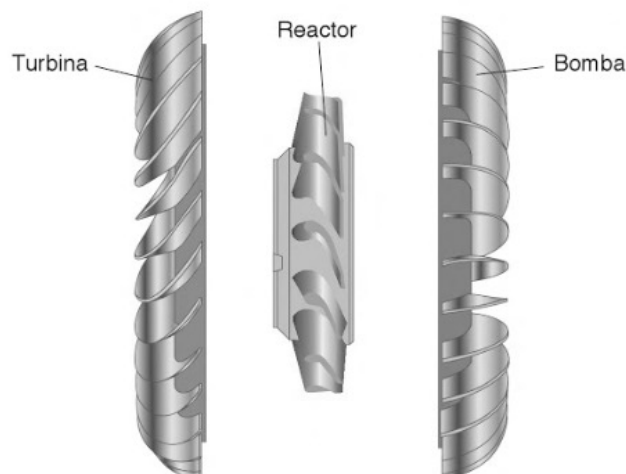
Ilustración 8. Sección transversal de un sistema de embrague John Deere.



Fuente: Deere & Company. 2011. *Manual técnico tractores serie J*. USA. 1094 págs.

b. Convertidor de par. Es un mecanismo hidráulico que transmite la potencia entre dos árboles coaxiales, modificando su par y su régimen de rotación. Un convertidor de par aumenta especialmente el par motor en el árbol conducido, además actúa como embrague. Es utilizado por lo general en cajas de cambios automáticas. Los componentes principales de un convertidor son: El volante de inercia, turbina, reactor, bomba hidráulica y carcasa.

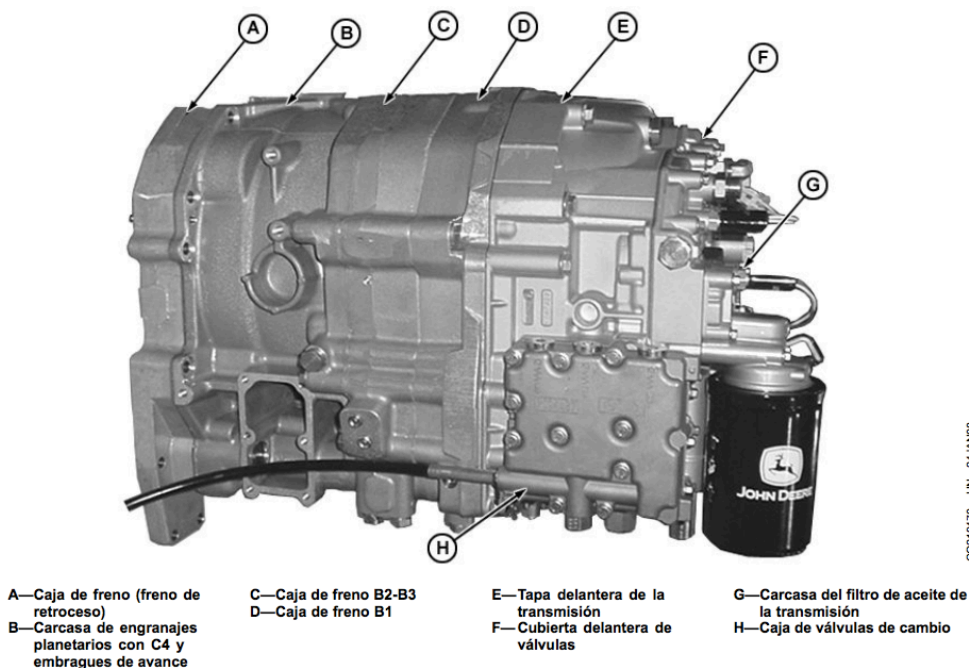
Ilustración 9. Componentes de un convertidor de par.



Fuente: Deere & Company. 2011. *Manual técnico tractores serie J*. USA. 1094 págs.

c. Caja de cambios. Es un mecanismo compuesto por varios juegos de engranes fijos y deslizantes, que al combinarse entre ellos ofrecen varias alternativas de fuerza y velocidad. Existen una diversidad de tipos de cajas de cambios, en especial en el ámbito de la maquinaria pesada, ya que dependiendo del uso que se le da a cada máquina, así el fabricante instala una caja de cambios adecuada.

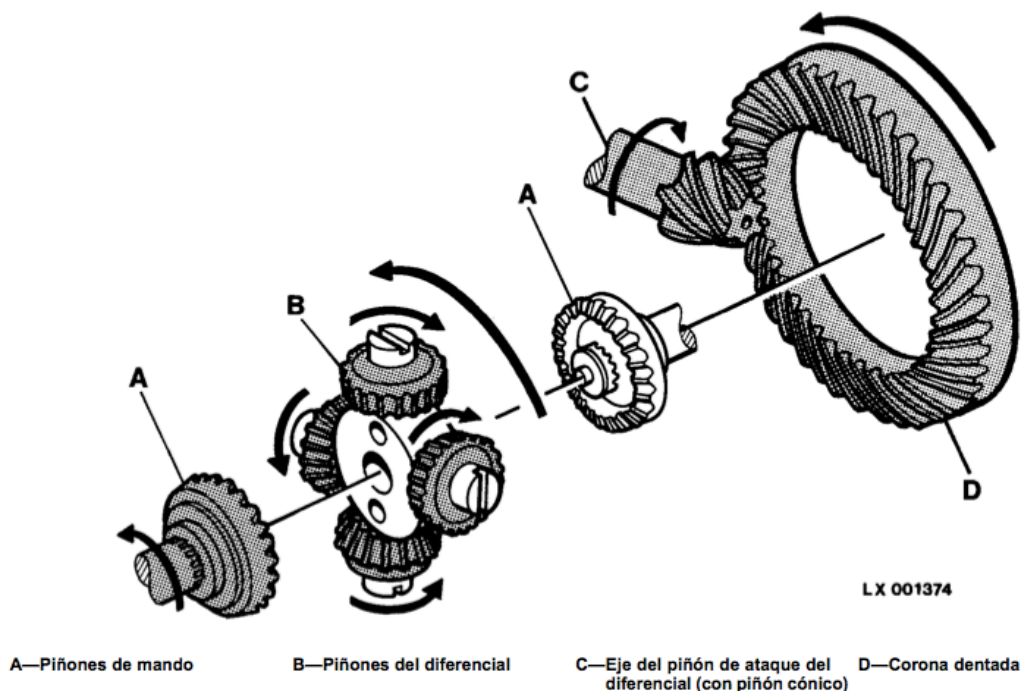
Ilustración 10. Caja de cambios PowrQuad John Deere.



Fuente: Deere & Company. 2011. *Manual técnico tractores serie J*. USA. 1094 págs.

d. Mandos finales. Es la última parte del tren de potencia y comprende: el piñón de ataque, la corona, el diferencial, los ejes laterales y la reducción final. Su función permite la adecuación de las ruedas al momento de realizar un giro, y permite la propulsión de las orugas en el caso de los tractores de banda o las excavadoras.

Ilustración 11. Componentes de un diferencial John Deere.

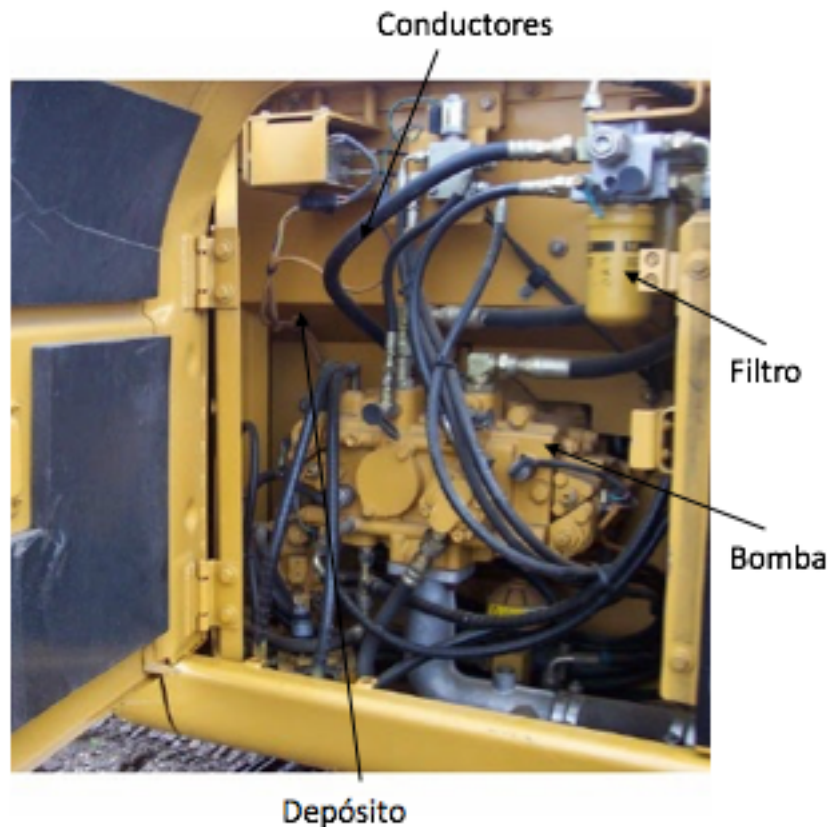


Fuente: Deere & Company. 2011. *Manual técnico tractores serie J*. USA. 1094 págs.

3. Sistema hidráulico. Es un mecanismo operado por la resistencia que ofrece la transmisión o la presión cuando el líquido es forzado a través de una pequeña abertura o tubo. Puede verse como una red interdependiente, cuidadosamente equilibrada. La idea básica detrás de cualquier sistema es muy simple, la fuerza que se aplica en un momento dado en un punto se transmite a otro punto en forma de fluido. El líquido que se usa es casi siempre un aceite de algún tipo (fluido hidráulico). La fuerza se multiplica casi siempre en el proceso.

Las partes básicas de un sistema hidráulico son: depósito de aceite, bomba, filtro, válvulas, conductores y actuadores.

Ilustración 12. Sistema hidráulico de una excavadora Caterpillar 320D.



Fuente: Elaboración propia.

C. Maquinaria pesada

Se le denomina maquinaria pesada a vehículos diseñados para la ejecución de tareas de construcción, generalmente removiendo tierra. Surgen de la necesidad de herramientas más fuertes para realizar trabajos de urbanización, vialidad, transporte, entre otros; demostrando ser imprescindibles para las actividades actuales del ser humano. A continuación se exponen las máquinas empleadas en la industria de la construcción, las cuales son el objeto de estudio de este proyecto.

1. Excavadora de orugas. Las excavadoras hidráulicas son vehículos utilizados para trabajos varios, constan de un brazo articulado y una cabina montada sobre una base rotativa, apoyada a su vez sobre orugas. La excavadora hidráulica es frecuentemente usada para la excavación de rocas y tierra, sin embargo, gracias a que se pueden adaptar numerosos accesorios en el brazo, también puede ser usada para cortar acero, romper concreto, taladrar hoyos en la tierra, etc.

Ilustración 13. Excavadora de orugas CASE modelo CX210B.



2. Mini excavadora. Las mini excavadoras son vehículos utilizados para trabajos varios, al igual que las excavadoras de orugas constan de un brazo articulado y una cabina montada sobre una base rotativa, apoyada a su vez sobre orugas. Generalmente las mini excavadoras se utilizan para la excavación en terrenos suaves, debido a que no disponen de la misma fuerza que una excavadora de orugas, además no se fabrican tantos accesorios como para las excavadoras de orugas, cabe mencionar que algunas mini excavadoras usan orugas de caucho.

Ilustración 14. Mini excavadora CASE modelo CX31B.



3. Retroexcavadora. La retroexcavadora o pala mixta, es una máquina versátil, de cuatro ruedas, capaz de excavar hasta 4 metros de profundidad con el brazo provisto en la parte posterior de la máquina, y de cargar material con el cucharón frontal para depositarlo generalmente en camiones tipo volquete.

Ilustración 15. Retroexcavadora CASE modelo 580M.



4. Motoniveladora. Una motoniveladora es una máquina de construcción que cuenta con una larga hoja metálica empleada para nivelar terrenos. Además posee escarificadores para terrenos duros, los cuales puede ubicar al frente, en medio del eje delantero y la cuchilla o en la parte trasera, llamándose en este caso ripper.

Ilustración 16. Motoniveladora John Deere modelo 570A.



D. Mantenimiento

Conjunto de actividades destinadas a mantener o a restablecer un bien a un estado o algunas condiciones dadas de seguridad en el funcionamiento, para cumplir con una función requerida. Estas actividades suponen una combinación de técnicas, administrativas y de gestión (Boucly, 1999:19).

El mantenimiento es un conjunto de acciones que llevan a conseguir prolongar el funcionamiento continuo de los equipos, reducir los costes de producción, alargar la vida útil de los equipos, evitar pérdidas por pares en esperados y producir con la mayor calidad (Pastor, 1997:6).

1. Mantenimiento preventivo. Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno (Garrido, 2010:17).

Ventajas

- Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre mantenimiento realizado a los equipos.

Desventajas

- Se requiere personal experimentado y de las recomendaciones del fabricante para hacer el programa de mantenimiento a los equipos.
- No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

2. Mantenimiento correctivo. Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos (Garrido, 2010:17).

Ventajas

- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.
- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.

Desventajas

- Las averías se presentan de forma imprevista y afectan a la producción.
- Riesgo de falla de elementos difíciles de adquirir.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

3. Mantenimiento predictivo. Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de los equipos mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativa de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo energía, etc.) ya variación se indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico pues requiere de medios de técnicos avanzados y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos (Garrido, 2010:18).

Ventajas.

- Más confiabilidad , al utilizar aparatos y personal calificado, los resultados son más exactos.
- Los repuestos duran más. Como las revisiones son en base a resultados, y no a percepción, se busca que los repuestos duren exactamente el tiempo que debe ser.

Desventajas

- Requiere equipos especiales y costosos. Al buscarse medir todo con precisión, los equipos y aparatos suelen ser de alto costo, por lo que necesitan buscarse las mejores opciones para adquirirse.
- Es importante contar con personal calificado, lo que eleva el costo del mantenimiento.

V. METODOLOGÍA

A. Plan de mantenimiento actual

La empresa “Talleres y Dragados Bolaños”, ofrece dos servicios principales, taller de tornos y soldadura y renta de maquinaria pesada, siendo este último el motivo de la presente investigación, se dedica al alquiler de maquinaria pesada a la industria en general, teniendo como clientes en su mayoría a empresas de construcción las cuales en múltiples ocasiones subcontratan sus servicios.

Hoy por hoy, la empresa “Talleres y Dragados Bolaños” no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, es decir, solo se realiza la corrección no programada de las fallas de los equipos, lo que ha generado descontentos con algunos clientes e incluso la pérdida de trabajos.

Cuando ocurre una falla en la maquinaria por falta de mantenimiento preventivo, se generan retrasos en las actividades de los clientes y costos extra para la empresa por toda la logística que requiere una reparación correctiva en el área de trabajo.

Tabla 2. Lista de maquinaria de la empresa “Talleres y dragados Bolaños”.

ítem	Descripción	Marca	Modelo	Cantidad
1	Excavadora de orugas	CASE	CX210B	2
2	Mini Excavadora	CASE	CX31B	4
3	Retroexcavadora	CASE	580M	1
4	Retroexcavadora	John Deere	310D	2
5	Motoniveladora	John Deere	570A	1

B. Propuesta de plan de mantenimiento

Como punto de partida se presenta a continuación una tabla con los precios por hora de cada equipo, calculando a la vez el ingreso que genera cada uno en un día de trabajo de 8 horas, esto con el propósito de evidenciar, desde el punto de vista financiero, lo que la empresa deja de percibir durante el tiempo que un equipo no trabaja a causa de un fallo.

Tabla 3. Ingresos por equipo.

ítem	Descripción	Costo por hora de trabajo	horas diarias	Total
1	Excavadora de orugas	Q 380.00	8	Q 3,040.00
2	Mini Excavadora	Q 275.00	8	Q 2,200.00
3	Retroexcavadora	Q 300.00	8	Q 2,400.00
5	Motoniveladora	Q 425.00	8	Q 3,400.00
Total trabajo diario				Q 11,040.00

1. Especificaciones técnicas de los equipos. A continuación se describen los equipos que posee la empresa, por medio de una ficha técnica de cada equipo, que contienen las principales características técnicas que se deben tener en cuenta para su mantenimiento.

Tabla 4. Ficha técnica excavadora CASE CX210B.

FICHA TÉCNICA								
Máquina	Excavadora		Marca	CASE				
Serie	DAC210K5NASAH3320		Modelo	CX210B				
Motor	ISUZU 4HK1		Serie Motor	4HK1-471041				
Capacidades (litros)								
Motor de giro	5		Combustible	410	Aceite Hidráulico	240	Refrigerante	25.6
			Motor Orugas	4.5	Aceite Motor	23.1		
Especificaciones								
Llantas				Fluidos				
Delanteras	Referencia	N/A	Presion	N/A	Sistema	Referencia	Otros	Referencia
Traseras	Referencia	N/A	Presion	N/A	Motor	SAE 15W40	Grasa	Multiproposito
Características					Hidraulico	SAE 30		
Potencia	117 kW				Motor orugas	SAE 85W90		
Peso	21500 kg				Motor de giro	SAE 85W90		
Ancho	3200 mm				Refrigerante	ASTM D 1120		
Largo	9480 mm				Combustible	DIESEL		
Alto	2940 mm							

Tabla 5. Ficha técnica mini excavadora CASE CX31B.

FICHA TÉCNICA								
Máquina	Mini Excavadora		Marca	CASE				
Serie	NBTN51654		Modelo	CX31B				
Motor	YANMAR 3TNV88		Serie Motor	E3114				
Capacidades (litros)								
Motor de giro	1.2		Combustible	38	Aceite Hidráulico	48	Refrigerante	3.6
			Motor Orugas	1	Aceite Motor	6.7		
Especificaciones								
Llantas				Fluidos				
Delanteras	Referencia	N/A	Presion	N/A	Sistema	Referencia	Otros	Referencia
Traseras	Referencia	N/A	Presion	N/A	Motor	SAE 15W40	Grasa	Multiproposito
Características					Hidraulico	SAE 30		
Potencia	17.1 kW @ 2400 rpm				Motor orugas	SAE 85W90		
Peso	3454 kg				Motor de giro	SAE 85W90		
Ancho	1550 mm				Refrigerante	ASTM D 1120		
Largo	4730 mm				Combustible	DIESEL		
Alto	2510 mm							

Tabla 6. Ficha técnica retroexcavadora CASE 580M.

FICHA TÉCNICA								
Máquina	Retroexcavadora	Marca	CASE					
Serie	N7C423125	Modelo	580M					
Motor	CASE 445/M2	Serie Motor	46689751					
Capacidades (litros)								
Eje trasero	14.3	Combustible	119	Aceite Hidráulico	106	Refrigerante	16.8	
Transmisión	20.8	Eje delantero	3.7	Aceite Motor	13.6			
Especificaciones								
Llantas				Fluidos				
Delanteras	Referencia	12-r16.5	Presion	310 kPa	Sistema	Referencia	Otros	Referencia
Traseras	Referencia	19.5-r24	Presion	207 kPa	Motor	SAE 15W40	Grasa	Multiproposito
Características					Hidráulico	SAE 30		
Potencia	57 kW @ 2200 rpm				Eje delantero	SAE 85W90		
Peso	6060 kg				Eje trasero	SAE 85W90		
Ancho	2180 mm				Transmisión	SAE 30		
Largo	7070 mm				Refrigerante	ASTM D 1120		
Alto	3420 mm				Combustible	DIESEL		

Tabla 7. Ficha técnica retroexcavadora John Deere 310D.

FICHA TÉCNICA								
Máquina	Retroexcavadora	Marca	JOHN DEERE					
Serie		Modelo	310D					
Motor	JD 3039D	Serie Motor						
Capacidades (litros)								
Eje trasero	14.8	Combustible	129	Aceite Hidráulico	79	Refrigerante	16	
Transmisión	7	Eje delantero	7.4	Aceite Motor	8.5			
Especificaciones								
Llantas				Fluidos				
Delanteras	Referencia	12-r16.5	Presion	310 kPa	Sistema	Referencia	Otros	Referencia
Traseras	Referencia	19.5-r24	Presion	207 kPa	Motor	SAE 15W40	Grasa	Multiproposito
Características					Hidráulico	HG 30		
Potencia	56 kW @ 2200 rpm				Eje delantero	SAE 85W90		
Peso	6169 kg				Eje trasero	SAE 85W90		
Ancho	2120 mm				Transmisión	HG 30		
Largo	6880 mm				Refrigerante	CG D 1120		
Alto	3630 mm				Combustible	DIESEL		

Tabla 8. Ficha técnica motoniveladora John Deere 570A.

FICHA TÉCNICA								
Máquina	Motoniveladora		Marca	JOHN DEERE				
Serie			Modelo	570A				
Motor	JD 6059D		Serie Motor					
Capacidades (litros)								
Ejes traseros	19 C/U		Combustible	189	Aceite Hidráulico	53	Refrigerante	21.1
Transmisión	N/A		Eje delantero	N/A	Aceite Motor	11		
Especificaciones								
Llantas				Fluidos				
Delanteras	Referencia	13.00 r24	Presion	207 kPa	Sistema	Referencia	Otros	Referencia
Traseras	Referencia	13.00 r24	Presion	207 kPa	Motor	SAE 15W40	Grasa	Multiproposito
Características					Hidráulico	HG 30		
Potencia	67.1 kW @ 2300 rpm				Eje delantero	N/A		
Peso	9844 kg				Ejes traseros	SAE 85W90		
Ancho	2410 mm				Transmisión	N/A		
Largo	7430 mm				Refrigerante	CG D 1120		
Alto	3090 mm				Combustible	DIESEL		

2. Periodicidad de los mantenimientos. A continuación se describe la programación de las actividades de mantenimiento y la frecuencia de ejecución de las mismas, para ello deberá tomarse en cuenta la cantidad de horas trabajadas por cada equipo, quedando registradas éstas en el cuenta horas (horómetro) que poseen los equipos.

En las siguientes tablas se consolidan todas las actividades establecidas para el mantenimiento preventivo de cada uno de los sistemas de los equipos, teniendo en cuenta las recomendaciones de los operadores y las indicaciones de los fabricantes. La periodicidad de los mantenimientos se ha dividido en cada uno de los sistemas que conforman los equipos.

a. Excavadora de orugas

1) Motor

Tabla 9. Mantenimiento motor excavadora.

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
40	Examinar válvula de polvo	Wipe	5 minutos
40	Drenar trampa de agua	Wipe	5 minutos
250	Cambio de filtro primario de aire	Llave 1/2"	10 minutos
250	Cambio de filtro primario de combustible	Saca filtro	10 minutos
250	Cambio de aceite y filtro de motor	Saca filtro, Llave mixta 1 1/8", depósito para aceite, embudo	1 hora
500	Cambio de filtro secundario de aire	Llave 1/2"	15 minutos
500	Cambio de filtro secundario de Combustible	Saca filtro	10 minutos
1000	Limpiar y examinar radiador	Hidrolavadora	
2000	Cambiar líquido refrigerante	Depósito para refrigerante	30 minutos

El cuidado del motor y todos sus subsistemas es indispensable para el correcto funcionamiento de la excavadora, es importante utilizar filtros de partículas y fluidos genuinos, es decir, los que el fabricante recomienda. En caso de no tener acceso a consumibles genuinos es de mucha importancia utilizar homólogos de las más alta calidad.

2) Tren de potencia

Tabla 10. Mantenimiento tren de potencia excavadora.

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
20	Engrase de ejes y bujes de brazo y cucharón	engrasadora y wipe	20 minutos
40	Engrase de cojinete de tornamesa	engrasadora y wipe	15 minutos
40	Tensionar las orugas	engrasadora, llave 3/4" y wipe	20 minutos
500	Comprobar el nivel de aceite de los mandos finales de las orugas	Maneral raíz 1/2", extensión 6" raíz 1/2"	10 minutos
500	Comprobar el nivel de aceite de los mandos finales de la tornamesa	Maneral raíz 1/2", extensión 6" raíz 1/2"	10 minutos
1000	Cambiar aceite de los mandos finales de las orugas	Maneral raíz 1/2", extensión 6" raíz 1/2", depósito para aceite	45 minutos
1000	Cambiar aceite de los mandos finales de la tornamesa	Maneral raíz 1/2", extensión 6" raíz 1/2", depósito para aceite	20 minutos

El tren de potencia de una excavadora es uno de los sistemas que más desgaste sufre, ya que las orugas no pueden ser lubricadas, por lo que la recomendación es que si la máquina debe moverse a una distancia mayor a 200 metros, sea transportada sobre una plataforma de cama baja.

3) Sistema hidráulico

Tabla 11. Mantenimiento sistema hidráulico excavadora.

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
250	Cambio de elemento filtrante línea de succión	saca filtro	20 minutos
250	Cambio de prefiltro línea de succión	Llave allen #8, wipw	30 minutos
500	Cambio del fluido hidráulico	Llave mixta 3/4", llave mixta 5/16", depósito para aceite usado, embudo	2 horas
500	Cambio de elemento filtrante línea de retorno	saca filtro	20 minutos
500	Comprobar estado de cilindros actuadores	N/A	15 minutos
500	Limpiar radiador de aceite	Hidrolavadora	1 hora

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
1000	Cambiar mangueras de cilindro de brazo secundario	2 llaves mixtas de 2"	1 hora
1000	Cambiar mangueras de cilindro del cucharón	2 llaves mixtas de 2"	1 hora
2000	Cambiar manguera de salida de bombas	2 llaves mixtas de 2"	2 horas
2000	Cambiar mangueras de cilindros de brazo principal	2 llaves mixtas de 2"	2 horas

El aceite de los sistemas hidráulicos no es usado solamente para transmitir fuerza, también es usado como lubricante para las partes móviles que conforman dicho sistema, debido a esto es de suma importancia realizar los cambio de aceite y filtros en los intervalos indicados, ya que una excavadora de orugas utiliza la potencia que provee el sistema hidráulico para realizar todas las actividades para las que fue diseñada.

b. Mini excavadora

1) Motor

Tabla 12. Mantenimiento motor mini excavadora.

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
10	Revisar nivel de aceite	wipe	5 minutos
10	Revisar nivel de refrigerante	N/A	5 minutos
10	Revisar el estado de las fajas	N/A	5 minutos
250	Cambiar aceite y filtro de motor	Saca filtro, depósito para aceite, llave mixta 3/4"	30 minutos
250	Ajustar la tensión de las fajas	Llave mixta 9/16", palanca	10 minutos
250	Cambio de filtro de aire	N/A	10 minutos
250	Cambio de filtro de combustible	Saca filtro	10 minutos
1000	Ajustar el reglaje de la válvulas	Destornillador de castigadera, copa 1/2", llave mixta 1/2", calibrador de válvulas	2 horas
2000	Limpiar radiador	hidrolavadora	1 hora
3000	Cambio de faja de tiempo	Juego de copas de 5/16" hasta 3/4", destornillador de castigadera, juego de llaves mixtas de 5/16" hasta 3/4""", lámpara,	6 horas

A diferencia del motor de una excavadora de orugas convencional, el motor de una mini excavadora requiere algunos cuidados adicionales para que su funcionamiento no se vea comprometido, es importante mantener el reglaje de válvulas siempre en condiciones óptimas, ya que un mal reglaje de válvulas ocasiona problemas desde excesivo consumo de combustible hasta recalentamiento del motor.

2) Tren de potencia

Tabla 13. Mantenimiento tren de potencia mini excavadora.

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
20	Engrase de ejes y bujes de brazo y cucharón	engrasadora y wipe	20 minutos
40	Engrase de cojinete de tornamesa	engrasadora y wipe	15 minutos
40	Tensionar las orugas	engrasadora, llave 3/4" y wipe	20 minutos
500	Comprobar el nivel de aceite de los mandos	Maneral raíz 1/2", extensión 6" raíz	10 minutos
500	Comprobar el nivel de aceite de los mandos finales de la tornamesa	Maneral raíz 1/2", extensión 6" raíz 1/2"	10 minutos
1000	Cambiar aceite de los mandos finales de las orugas	Maneral raíz 1/2", extensión 6" raíz 1/2", depósito para	45 minutos
1000	Cambiar aceite de los mandos finales de la tornamesa	Maneral raíz 1/2", extensión 6" raíz 1/2", depósito para	20 minutos
2000	Reemplazar las orugas de caucho	Juego de copas de 1/2" hasta 7/8", Juego de llaves de 1/2" hasta 7/8"	2 horas
2000	Reemplazar los engranajes propulsores	Juego de copas de 1/2" hasta 7/8", Juego de llaves de 1/2" hasta 7/8"	2 horas

Al igual que una excavadora de orugas convencional, una Mini excavadora se desplaza por medio de orugas aunque cabe mencionar que las orugas de las Mini excavadoras son fabricadas con caucho, en caso de no tener la tensión necesarias éstas tienden a desbandarse, haciendo que la máquina pierda la capacidad de desplazarse y por consiguiente la capacidad de mantenerse en estado operativo.

c. Retroexcavadora

1) Motor

Tabla 14. Mantenimiento motor retroexcavadora.

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
10	Revisar nivel de aceite	wipe	5 minutos
10	Revisar nivel de refrigerante	N/A	5 minutos
10	Revisar el estado de las fajas	N/A	5 minutos
40	Vaciar separador de agua	wipe	5 minutos
250	Cambiar aceite y filtro de motor	Saca filtro, depósito para aceite, llave mixta 1- 1/16"	30 minutos
250	Cambio de filtro primario de aire	N/A	10 minutos
250	Cambio de filtro de combustible	Saca filtro	10 minutos
250	Comprobar los anclajes del motor	llave mixta 7/8"	20 minutos
500	cambio de filtro secundario de aire	N/A	20 minutos
1000	Cambiar el líquido refrigerante	Depósito, manguera de 1/2", llave 9/16"	45 minutos
2000	Ajustar el reglaje de la válvulas	Destornillador de castigadera, copa 1/2", llave mixta 1/2", calibrador de válvulas	2 horas
2000	Limpiar radiador	hidrolavadora	1 hora
2000	Cambiar la faja de accesorios	Llave mixta 1/2", palanca	10 minutos

El motor de la retroexcavadora John Deere 310D, utiliza una bomba de inyección de combustible que no puede ser reparada, por lo que se recomienda el uso de diésel de la mejor calidad.

2) Tren de potencia

Tabla 15. Mantenimiento tren de potencia retroexcavadora.

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
10	Comprobar el nivel de aceite de la servotransmisión	Wipe	5 minutos
40	Engrasar los cojinetes de los king pin	Engrasadora	15 minutos
40	Engrasar semiejes de doble nudo	Engrasadora	15 minutos
40	Comprobar el nivel de aceite del diferencial trasero	Maneral raíz de 1/2"	5 minutos
40	Engrasar ejes y bujes de los brazos frontal y posterior	engrasadora, wipe	30 minutos

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
250	Comprobar el nivel de aceite de los cubos del eje delantero	Maneral raíz de 1/2"	30 minutos
500	Cambiar el filtro de aceite de la servotransmisión	sacafiltro, wipe	15 minutos
500	Cambiar filtro de diferencial trasero	sacafiltro, wipe	15 minutos
500	Comprobar el nivel de aceite de diferencial delantero	Maneral raíz de 1/2"	20 minutos
1000	Cambiar el aceite de la servotransmisión	Llave 1-1/16", depósito para aceite, wipw	1 hora
1000	Limpiar el prefiltro de la servotransmisión	Copa 9/16", silicon, wipe	45 minutos
1000	Cambiar el aceite de los cubos del eje delantero	Maneral raíz de 1/2", depósito para aceite, wipe	1 hora
1000	Cambiar el aceite del diferencial trasero	Maneral raíz de 1/2", depósito para aceite, wipe	1 hora
1000	Cambiar el aceite del diferencial delantero	Maneral raíz de 1/2", depósito para aceite, wipe	45 minutos

Para el caso específico de las retroexcavadoras se recomienda que si la máquina debe trasladarse entre 2 puntos a distancias mayores de 5 kilómetros, sea por caminos de terracería, ya que los neumáticos que utiliza sufren un desgaste excesivo al rodar por carretera o caminos pavimentados. Si es necesario transportar la máquina a una distancia mayor de 15 kilómetros es recomendable sea transportada sobre una plataforma cama baja.

3) Sistema hidráulico

Tabla 16. Mantenimiento sistema hidráulico para retroexcavadora.

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
10	Verificar el nivel del fluido hidráulico	N/A	5 minutos
250	Comprobar el estado general de los cilindros actuadores y los conductores del fluido hidráulico	N/A	10 minutos
500	Cambiar el filtro del aceite hidráulico	Sacafiltro, wipe	20 minutos
500	Limpiar el enfriador de aceite	Hidrolavadora	30 minutos
2000	Cambiar al fluido hidráulico	Llave mixta 1-1/4, depósito para aceite usado, wipe, silicón	1 hora
2000	Limpiar el prefiltro de la línea de succión	2 Llaves mixtas 2"	30 minutos

El uso de aceite hidráulico no recomendado por el fabricante puede reducir el tiempo de vida de la bomba de alta presión.

d. Motoniveladora

1) Motor

Tabla 17. Mantenimiento motor motoniveladora.

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
10	Verificar el nivel del aceite	N/A	5 minutos
10	Verificar el indicador de polvo	N/A	5 minutos
10	Drenar trampa de agua	Wipe	5 minutos
250	Cambiar aceite y filtro de motor	Lave 3/4", llave 7/8", depósito para aceite, sacafiltro	30 minutos
250	Verificar/Ajustar la tensión de la faja de accesorios	Llave 1/2", palanca	15 minutos
250	Cambio de filtro de combustible	Wipe	15 minutos
250	Cambio de filtro primario de aire	N/A	10 minutos
500	Limpieza del respiradero del cárter	Wipe	5 minutos
500	Cambio de filtro secundario de aire	N/A	15 minutos
1000	sustituir el tapón del radiador	N/A	5 minutos
2000	Ajustar el reglaje de válvulas	Juego de copas de 3/8" hasta 5/8", juego de llaves desde 7/16" hasta 5/8", destornillador de castigadera, calibrador de válvulas, wipe	2 horas
3000	Cambiar el líquido refrigerante	Depósito para refrigerante usado, manguera, alicates	1 hora

El motor de la motoniveladora John Deere 570A utiliza un motor hidráulico para propulsar el ventilador del radiador, cada 30 minutos el motor hidráulico hace girar la hélice en sentido contrario por 1 minuto. Esto hace innecesario tener que limpiar el radiador con agua a presión.

2) Tren de potencia

Tabla 18. Mantenimiento tren de potencia motoniveladora.

Frecuencia (horas)	Descripción del mantenimiento	Herramientas y equipos	Duración estimada de la actividad
10	Ejes/bujes barra de inclinación de ruedas delanteras	engrasadora	10 minutos
10	Ejes/bujes cilindros de dirección	engrasadora	10 minutos
10	Eje/buje cilindros de inclinación de ruedas delanteras	engrasadora	10 minutos
10	Comprobar el nivel de aceite de la servotransmisión	Wipe	5 minutos
40	Verificar el estado de los cilindros actuadores	N/A	15 minutos
500	verificar nivel de aceite de tándem	Llave 9/16"	20 minutos
1000	Comprobar el nivel de aceite de diferencial delantero	Maneral raíz de 1/2"	20 minutos
1000	Cambiar el aceite de la servotransmisión	juego de llaves 1/2" hasta 1-1/4", depósito para aceite, wipe, silicón,	1 hora
1000	cambiar aceite de tándem	Llave 3/4", depósito para aceite, wipe, silicón	1 hora
1000	Cambiar filtros de sistema hidráulico y servotransmisión	juego de llaves 1/2" hasta 1-1/4", wipe, silicón	2 horas

3) Sistema hidráulico. La motoniveladora John Deere 570A comparte el fluido hidráulico de la servotransmisión con el sistema hidráulico, por lo que los mantenimientos de la servotransmisión aplican para el sistema hidráulico.

VI. RESULTADOS

A. Formatos de gestión del mantenimiento


Para que un plan de mantenimiento sea implementado de forma efectiva, es necesario documentar las actividades realizadas en cada equipo, para así tener un historial de uso u hoja de vida, que facilite el diagnóstico de una falla y permita identificar el problema

En este caso se hará por medio de 4 formatos: Resumen de uso, inspección diaria, requerimiento de repuestos y reporte de horas de trabajo.

1. Resumen de uso. El propósito de este formato es registrar el periodo de tiempo (en días calendario y horas máquina) en el que cada máquina será utilizada para realizar diferentes trabajos para diferentes clientes. De esta manera se podrá controlar la eficiencia de cada máquina en relación a días calendario versus horas máquina.

Tabla 19. Resumen de uso de equipos.

Talleres y Dragados



BOLAÑOS

Resumen de uso

Máquina:			Marca:				
Modelo:							
Obra	Fecha			Horómetro		Hrs. acumuladas	
	De	A	Año	Inicio	Fin	Obra	

2. Inspección diaria. Este formato sirve para registrar diariamente datos obtenidos de la revisión correspondiente a los componentes de la maquinaria. Se realizará una inspección de las condiciones mínimas requerida por el fabricante para la operación del equipo. En la parte superior del formato se ingresa el nombre de quien realiza la revisión y la fecha, el operador de cada equipo es el responsable de dicha inspección. Como su nombre lo indica se debe llenar diariamente, corresponde a un checklist que evalúa los aspectos fundamentales de cada equipo para determinar si posee las condiciones adecuadas

No.	Comprobaciones (en frío)	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
		Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal
8	Nivel refrigerante														
9	Nivel combustible														
10	Nivel aceite de motor														
11	Tensión de orugas														
12	Estado de tornamesa														
Observaciones:															
Punto crítico que inhabilita el equipo para poder trabajar:															
Firma operador:															

c. Retroexcavadora


Tabla 22. Inspección diaria retroexcavadora.

Talleres y Dragados  BOLAÑOS		Inspección diaria													
Fecha inspección:															
Operador:															
No.	Comprobaciones (en frío)	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
		Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal
1	Luces delanteras														
2	Extintor														
3	Alarma de reversa														
4	Estado del tablero														
5	Estado de la faja de accesorios														
6	Nivel aceite sist. hidráulico														
7	Liqueos bajo el equipo														
8	Nivel refrigerante														
9	Nivel combustible														
10	Nivel aceite de motor														
11	Tensión de orugas														
12	Estado de tornamesa														
Observaciones:															
Punto crítico que inhabilita el equipo para poder trabajar:															
Firma operador:															

4. Reporte de horas. El formato de reporte de horas sirve para llevar el control de las horas trabajadas al día por cada equipo, este formato será llenado por los operadores de los equipos, y será entregada al final de cada semana una copia al gerente de la empresa y otra copia al encargado de mantenimiento.

Tabla 25. Reporte de horas de trabajo.

Talleres y Dragados



BOLAÑOS

REPORTE DE HORAS DE TRABAJO

Máquina:				Marca:		
Cliente:				Modelo:		
				Operador:		
a	Fecha	H. Inicio	H. Fin	Total hrs. día	Galones combustible	Observaciones
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Totales						

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Stock de repuestos

Se propone la existencia de los siguientes repuestos e insumos en el inventario de bodega, las cantidades se calcularon tomando en cuenta las fichas técnicas y la cantidad de equipos que posee la empresa.

Tabla 26. Stock de repuestos y fluidos excavadora.

Filtro	Código fabricante	Precio	Cantidad	Periodo
Succión hidráulico	KRJ10590	Q 1,204	2	Mensual
Retorno hidráulico	KHJ17730	Q 1,584	2	Mensual
Sistema hidráulico	KRJ20710	Q 1,851	2	Bimestral
Motor	87327673	Q 714	2	Mensual
Pre combustible	KHH12030	Q 490	2	Bimestral
Combustible	87365565	Q 643	2	Mensual
Admisión principal	KBH0921	Q 1,380	2	Mensual
Admisión secundario	KBH0922	Q 1,694	2	Bimestral
Aceite motor	15w40	Q 35	46.2 lts	Mensual
Aceite hidráulico	SAE 30	Q 37	480 lts	Bimestral
Aceite mandos finales	85w90	Q 30	20 lts	Cuatrimstral
Refrigerante	ATDM 1120	Q 40	52 lts	Anual

Tabla 27. Stock de repuestos e insumos mini excavadora.

Filtro	Código fabricante	Precio	Cantidad	Periodo
Sistema hidráulico	YR52V01003P	Q 715	4	Bimestral
Motor	129150-35152	Q 443	4	Mensual
Combustible	119802-55800	Q 352	4	Mensual
Admisión principal	PW11P00009S	Q 747	4	Mensual
Aceite motor	15w40	Q 35	92 lts	Mensual
Aceite hidráulico	SAE 30	Q 37	192 lts	Bimestral
Aceite mandos finales	85w90	Q 30	12 lts	Cuatrimstral
Refrigerante	ATDM 1120	Q 40	15 lts	Anual

Tabla 28. Stock de repuestos retroexcavadora John Deere 310D.

Filtro	Código fabricante	Precio	Cantidad	Periodo
Sistema hidráulico	AT184206	Q 762	2	Bimestral
Motor	T19044	Q 79	2	Mensual
Servotransmisión	T19044	Q 79	2	Bimestral
Diferencial trasero	T19044	Q 79	2	Bimestral
Combustible	AR50041	Q 174	2	Mensual
Trampa de agua	RE62419	Q 280	2	Anual
Admisión principal	AT65296	Q 351	2	Mensual
Admisión secundario	AT44378	Q 330	2	Bimestral
Aceite motor	15w40	Q 35	45 lts	Mensual
Aceite hidráulico	SAE 30	Q 37	158 lts	Anual
Aceite Servotransmisión	SAE 30	Q 37	14 lts	Cuatrimstral
Aceite mandos finales	85w90	Q 30	23 lts	Cuatrimstral
Refrigerante	ATDM 1120	Q 40	32 lts	Anual

Tabla 29. Stock de repuestos retroexcavadora CASE 580M.

Filtro	Código fabricante	Precio	Cantidad	Periodo
Sistema hidráulico	84239751	Q 941	1	Bimestral
Motor	84228488	Q 361	1	Mensual
Servotransmisión	84475948	Q 882	1	Bimestral
Diferencial trasero	D139225	Q 188	1	Bimestral
Combustible	84171692	Q 949	1	Mensual
Trampa de agua	84217229	Q 553	1	Anual
Admisión principal	87682999	Q 408	1	Mensual
Admisión secundario	AT44378	Q 330	1	Bimestral
Aceite motor	15w40	Q 35	14 lts	Mensual
Aceite hidráulico	SAE 30	Q 37	106 lts	Anual
Aceite Servotransmisión	SAE 30	Q 37	21 lts	Cuatrimstral
Aceite mandos finales	85w90	Q 30	18 lts	Cuatrimstral
Refrigerante	ATDM 1120	Q 40	17 lts	Anual

B. Problemas técnicos comunes

Durante las primeras fases de esta investigación se tenía planeado resolver los problemas técnicos más comunes que se presentaran en los equipos por falta de mantenimientos preventivos, lamentablemente la empresa al día que se inició este trabajo de investigación no contaba con ningún registro histórico que pudiera evidenciar fallas repetitivas originadas por falta de mantenimiento preventivo.

A falta de registros históricos, los equipos estuvieron en observación durante el desarrollo de la presente investigación y se identificaron tres problemas técnicos recurrentes.

1. Sobrecalentamiento del motor de la motoniveladora

Causas probables:

- Elementos filtrantes del aire de admisión obstruidos.
- Fuga en el circuito hidráulico que propulsa el ventilador del radiador.
- Celdas del radiador obstruidas por usar agua en lugar de refrigerante.

Solución:

- Reemplazar los elementos filtrantes primarios y secundarios del sistema de admisión del motor.
- Cambio de los o-rings ubicados en los acoples de entrada y salida del motor hidráulico que propulsa la hélice del radiador.
- Limpieza de las celdas del radiador.
- Reemplazar el agua con líquido refrigerante recomendado por el fabricante.

2. Fuga en los cilindros del brazo frontal de la retroexcavadora JD 310D

Causas probables:

- Desajuste de los ejes y bujes de los cilindros por falta de engrase.
- Deterioro de los empaques de los cilindros por sobrecalentamiento del fluido hidráulico.
- Uso de aceite reciclado.

Solución:

- Reemplazar los ejes y bujes de los cilindros.
- Engrasar ejes y bujes cada 40 horas de trabajo.
- Reemplazar el juego de empaques de la tapa y del vástago del cilindro.
- Limpiar el panel de enfriador de aceite.
- Utilizar aceite nuevo recomendado por el fabricante para evitar daños a otros componentes del sistema hidráulico.

3. Desbandamiento de orugas de mini excavadora

Causas probables:

- Tensión inadecuada de la oruga.
- Oruga deteriorada.
- Engranajes de propulsión desgastados.

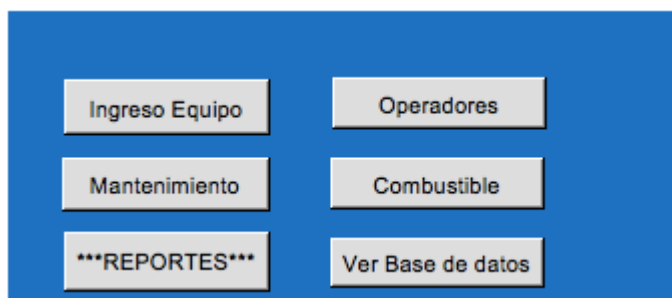
Solución:

- Tensar las orugas cada 40 horas de trabajo.
- Reemplazar las orugas cada 2000 horas de trabajo.
- Reemplazar los engranajes de propulsión cada 2000 horas de trabajo.

C. Manual de uso de base de datos

Se ha diseñado una base de datos en un archivo xls, programada en visual basic, con el fin de sistematizar la gestión del mantenimiento preventivo de la maquinaria de la empresa, la base de datos está diseñada para ser actualizada con la información recopilada por medio de los formatos de gestión de mantenimiento presentados en el inciso C de este capítulo, la base de datos es capaz de indicar en que momento es necesario realizar el mantenimiento correspondiente a la cantidad de horas trabajadas por cada equipo. A continuación se muestran capturas de la base de datos y su funcionamiento.

Ilustración 17. Menú principal de la base de datos.



En el menú principal deberá seleccionarse la actividad a realizar.

Ilustración 18. Ventana de ingreso de equipo.



En la ventana de ingreso de equipos es necesario escribir la marca y modelo de cada equipo a ingresar, posteriormente se crearan los formatos de gestión como hojas nuevas en la base de datos.

Ilustración 19. Ventana principal operadores.



En la ventana principal de operadores se debe elegir si se quiere ingresar un nuevo operador o eliminar uno existente.

Ilustración 20. Ventana de ingreso de datos operadores.

En la ventana de ingreso de datos de operadores, se debe ingresar los datos correspondientes a cada operador, para poder ser almacenados en la base de datos.

Ilustración 21. Ventana de mantenimiento.

En la ventana de mantenimiento se debe seleccionar el equipo en cuestión, la base de datos registra la fecha del mantenimiento realizado y se pueden introducir datos adicionales como el monto, número de factura e importe de algún repuesto utilizado, siendo esto opcional.

Ilustración 22. Ventana para ingreso de carga de combustible.

En la ventana para ingreso de carga de combustible se ingresa a la base de datos, toda la información relacionada con el gasto de combustible de cada equipo, para que la base de datos pueda calcular con el registro de horas ingresado el mantenimiento requerido por cada equipo. Además estos datos sirven también para calcular el gasto de combustible de los equipos por mes.

Ilustración 23. Ventana de reportes.



La ventana de reportes tiene una lista de reportes que la base de datos tiene almacenados, de ser necesario cualquiera de los reportes, se selecciona en la ventana y se genera un archivo en formato pdf del reporte seleccionado, conteniendo la información requerida.

VIII. CONCLUSIONES

Luego de haber culminado con la investigación realizada pueden hacerse las siguientes conclusiones:

1. Los problemas técnicos evaluados en el Capítulo VII, son causados por falta de mantenimiento preventivo en los equipos, un factor agravante en el caso del desbandamiento de orugas es por una operación inadecuada, debido a la contratación de operadores sin experiencia en el uso de los equipos.
2. Para conservar la maquinaria en estado operativo, es necesario seguir estrictamente las recomendaciones que requieran todos los sistemas que componen cada equipo y para los cuales se tiene información en este documento, es imperativo trabajar con las fichas propuestas y colocar los datos solicitados en cada una de ellas de forma clara y entendible.
3. Los precios de los repuestos y lubricantes han sido consultados a los distribuidores autorizados en Guatemala de cada marca de maquinaria (CASE y John Deere), las cantidades de los insumos y repuestos se calcularon considerando que cada equipo trabaja 60 horas a la semana en promedio.
4. El uso de la base de datos marcará un precedente en cuanto a la gestión del mantenimiento para la maquinaria de la empresa, ya que antes de ser presentada esta investigación solo se llevaba un control riguroso del consumo de combustible y de las horas trabajadas por los equipos, el ingreso de esta información a la base de datos supone el cumplimiento de las actividades preventivas correspondientes en tiempo y forma a los equipos.

IX. RECOMENDACIONES

1. La base de datos programada durante esta investigación es de código abierto, lo que significa que puede ser modificada para adaptarse a las necesidades del usuario, por lo que se recomienda el uso de esta para llevar un registro del mantenimiento correctivo realizado a los equipos.
2. Implementar lo más pronto posible este plan de mantenimiento, para evitar comprometer el estado operativo de los equipos.
3. En caso de no poder conseguir en el mercado filtros y lubricantes genuinos se recomienda utilizar homólogos de la mejor calidad avalados por los fabricantes.
4. Capacitar a los operadores en el uso de los equipos, para evitar las fallas por mala operación y obtener el máximo rendimiento de cada máquina.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Boucly, Francis. 1999. *Gestión del mantenimiento*. Madrid: AENOR. 310 págs.
- Case Corporation. 2000. *Cargadora / Retroexcavadora Serie M*. Estados Unidos. 221 págs.
- Case Corporation. 2006. *Excavadoras de orugas CX210, CX230 y CX240*. Francia. CNH FRANCE S.A. 256 págs.
- Deere & Company. 2001. *Cargadoras retroexcavadoras 310D y 310E*. Estados Unidos. LITHO IN USA. 272 págs.
- Deere & Company. 2011. *Manual técnico tractores serie J*. USA. 1094 págs.
- Garrido, Santiago. 2010. *Organización y gestión integral del mantenimiento*. Madrid: Díaz de Santos. 320 págs.
- Ordoñez, Manuel Ángel. 2012. *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos*. Málaga: IC. 234 págs.
- Pastor, Ana Clara. 1997. *Gestión integral del mantenimiento*. Barcelona: S.A. MARCOMBO. 116 págs.
- Picabea, Ortega. 2010. *Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo*. Madrid: Arán. 328 págs.
- Rovira, Muñoz. 2015. *Motores de combustión interna*. Madrid: UNED. 518 págs.

XI. ANEXOS

Tabla 30. Homologación de filtros excavadora CASE CX210B.

Filtro	Código fabricante	Wix	Baldwin
Succión hidráulico	KRJ10590		PT23592
Retorno hidráulico	KHJ17730		BT9464
Sistema hidráulico	KRJ20710	57803	
Motor	87327673	57259	
Pre combustible	KHH12030		PF9868
Combustible	87365565	33258	PF7982
Admisión principal	KBH0921		RS3538
Admisión secundario	KBH0922		RS3535

Tabla 31. Homologación de filtros mini excavadora CASE CX31B.

Filtro	Código fabricante	WIX	BALDWIN
Sistema hidráulico	YR52V01003P		PT765
Motor	129150-35152	51334	B7487
Combustible	119802-55800	33390	BF9887
Admisión principal	PW11P00009S	WA10031	

Tabla 32. Homologación de filtros retroexcavadora CASE 580M.

Filtro	Código fabricante	Donaldson	Baldwin
Sistema hidráulico	84239751	P164384	B7416
Motor	84228488	P550520	B7327
Servotransmisión	84475948	P179342	
Diferencial trasero	D139225	P550974	
Combustible	84171692	P551425	
Trampa de agua	84217229	P828889	
Admisión principal	87682999	P829333	
Admisión secundario	AT44378		BF7998

Tabla 33. Homologación de filtros retroexcavadora John Deere 310D.

Filtro	Código fabricante	Donaldson	Wix
Sistema hidráulico	AT184206	P551244	
Motor	T19044	P550020	51243
Servotransmisión	T19044	P550020	51243
Diferencial trasero	T19044	P550020	51243
Combustible	AR50041	P551130	33370
Trampa de agua	RE62419	P551424	533668
Admisión principal	AT65296	P181163	42917
Admisión secundario	AT44378	P131394	46375

Tabla 34. Homologación de filtros motoniveladora John Deere 570A.

Filtro	Código	Donaldson	Wix
Sistema	AR75603	P555603	51169
Motor	T19044	P550020	51243
Servotransmisión	AR75603	P555603	51169
Combustible	AR50041	P551130	33370
Trampa de agua	RE62419	P551424	533668
Admisión	AT35155	P130764	42948
Admisión	AT31227	P124837	42947

XII. GLOSARIO

Combustión: Reacción química que se produce entre el oxígeno y un material oxidable, que va acompañada de desprendimiento de energía y habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.

Bomba: Máquina que absorbe energía mecánica y eleva la presión de un fluido.

Embrague: Mecanismo que permite unir o separar el eje del cambio de velocidades de un vehículo al movimiento del motor.

Horómetro: Dispositivo que registra el número de horas en que un motor o un equipo, generalmente eléctrico o mecánico ha funcionado desde la última vez que se ha inicializado el dispositivo.

Lubricación: Control de la fricción y desgaste mediante la introducción de una película reductora entre dos superficies en contacto con movimiento relativo.

Presión: Es una fuerza normal ejercida sobre una superficie.

Refrigerante: Sustancia que hace descender la temperatura de un fluido.

Drenar: Hacer salir el exceso de agua de un lugar.

Operador: Técnico encargado de manejar y hacer que funcionen ciertos aparatos.

Calibrar: Conocer la medida de un objeto o aparato y rectificarlo tomando como referencia un instrumento de precisión.

Cilindro: Pieza del motor en la que tiene lugar la combustión o explosión de la mezcla carburada, dando impulsión al pistón que pone en marcha el árbol motor mediante la biela.

Cucharón: Gran herramienta para mover tierra.

Filtro: Objeto a través del cual se hace pasar un fluido para clarificarlo o depurarlo.

Maquinaria: Es la unión de un motor de combustión interna, un sistema hidráulico y un tren de potencia.