



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO – CAMPUS SUR
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS
SISTEMAS HIDRÁULICOS PARA MAQUINARÍA PESADA DE LA EMPRESA
FERNÁNDEZ & FERNÁNDEZ CONSTRUC DEL DISTRITO METROPOLITANO DE
QUITO.**

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

**AUTORES: KEVIN STEVEN COBO VILAÑA
HENRY RUBÉN PAUCAR JIMÉNEZ**

TUTOR: MARIO ALEXANDER PERALVO CLAVON

Quito - Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Kevin Steven Cobo Vilaña con documento de identificación N.º 1724487952 y Henry Rubén Paucar Jiménez con documento de identificación N.º 1753289550 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 17 de febrero del año 2023

Atentamente,



Kevin Steven Cobo Vilaña
1724487952



Henry Rubén Paucar Jiménez
1753289550

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Kevin Steven Cobo Vilaña con documento de identificación N.º 1724487952 y Henry Rubén Paucar Jiménez con documento de identificación N.º 1753289550, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo de los sistemas hidráulicos para maquinaria pesada de la empresa Fernández & Fernández Construc del Distrito Metropolitano de Quito.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 17 de febrero del año 2023

Atentamente,



Kevin Steven Cobo Vilaña
1724487952



Henry Rubén Paucar Jiménez
1753289550

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Mario Alexander Peralvo Clavon con documento de identificación N.º 1718133448, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS PARA MAQUINARÍA PESADA DE LA EMPRESA FERNÁNDEZ & FERNÁNDEZ CONSTRUC DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, realizado por Kevin Steven Cobo Vilaña con documento de identificación N.º 1724487952 y Henry Rubén Paucar Jiménez con documento de identificación N.º 1753289550, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 17 de febrero del año 2023

Atentamente,



Ing. Mario Alexander Peralvo Clavon, MSc.

1753289550

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios y a toda mi familia, ya que ellos han sido un gran apoyo durante toda mi etapa universitaria, y en general durante toda mi vida, formándome con los valores y principios que me caracterizan hoy en día.

Pero principalmente se lo dedico a mi novia, quien ha sabido ser un pilar fundamental en todo este proceso, acompañándome de inicio a fin, apoyándome en todo momento sin dejarme caer en los momentos más difíciles y sobre todo por tener las palabras adecuadas para darme ánimos y seguir adelante sin claudicar.

También me permito dedicar este trabajo a mí mismo, ya que, después de todo el esfuerzo y sacrificio que demanda el llevar dos responsabilidades de la mano como lo son trabajar y estudiar, he logrado llegar hasta este punto, por lo cual me siento muy orgulloso y satisfecho de mi persona.

Kevin Cobo Vilaña

DEDICATORIA

El presente trabajo le dedico principalmente a Dios por darme salud y una familia muy responsable y trabajadora. También a mi padre y a mi madre quienes fueron las personas que me ayudaron a cumplir mi meta de ser un profesional y apoyarme en cada etapa de mi vida para ser una mejor persona.

Además, va dedicado a una persona muy especial, la cual es mi hermana JESSICA, que siempre estuvo apoyándome en todos los momentos de mi vida, convirtiéndose en un pilar fundamental que sirvió para lograr este objetivo.

Henry Paucar

AGRADECIMIENTO

Primero agradecemos a Dios por todas las bendiciones brindadas a lo largo de este tiempo, también agradecemos a cada una de nuestras familias por siempre apoyarnos en cada uno de los proyectos de vida que nos hemos trazados.

Además, agradezco a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, que a lo largo de toda la etapa universitaria supieron brindarnos sus conocimientos, aportando en nuestra formación y preparación para en un futuro cercano ponerlo en práctica en nuestra vida profesional.

Una mención especial al Ing. Alexander Peralvo MsC, por toda la ayuda brindada durante el desarrollo de este proyecto, a quien también hacemos parte importante para la consecución de este logro.

Kevin Cobo Vilaña, Henry Paucar

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
PROBLEMA	4
Antecedentes	4
Importancia y alcances.....	4
Delimitación	5
OBJETIVOS	5
Objetivo General.....	5
Objetivos específicos	5
CAPÍTULO I.....	6
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	6
1.1. Características del mantenimiento preventivo	6
1.2. Ventajas del mantenimiento preventivo	7
1.3. Importancia del mantenimiento preventivo	7
1.4. Aplicación del mantenimiento preventivo	8
1.5. Otros tipos de mantenimientos	8
1.5.1. Mantenimiento correctivo	8
1.5.2. Mantenimiento modificativo.....	9
1.5.3. Mantenimiento programado.....	9
1.5.4. Mantenimiento predictivo	9
1.6. Curva P-F.....	9
CAPÍTULO II.....	11
SISTEMA HIDRÁULICO	11
2.1. Componentes principales del sistema hidráulico.....	12
2.1.1. Bomba	12
2.1.2. Actuadores	12
2.1.3. Depósito	12
2.1.4. Válvulas	13
2.2. Desgaste en componentes de sistema hidráulico	13
2.2.1. Desgaste abrasivo.....	14
2.2.2. Desgaste adhesivo	14

2.2.3. Desgaste corrosivo	15
2.2.4. Desgaste por erosión	15
2.2.5. Desgaste por fatiga.....	16
2.2.6. Desgaste por cavitación	16
2.3. Características del sistema hidráulico	16
2.4. Ventajas del sistema hidráulico	17
2.5. Aplicaciones del sistema hidráulico	17
CAPÍTULO III	19
MARCO METODOLÓGICO Y ANÁLISIS SITUACIONAL ACTUAL	19
3.1. Generalidades de la empresa Fernández & Fernández Construc.....	20
3.2. Trabajos realizados por la empresa Fernández & Fernández Construc.....	21
3.4. Descripción general de las máquinas.....	23
3.7. Fallos más comunes del sistema hidráulico.....	39
3.8. Aceite hidráulico utilizado en las máquinas	40
3.8.1. Aceite hidráulico Rando 68.....	40
3.8.2. Aceite hidráulico HYDO Cat.....	41
CAPÍTULO IV	42
PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	42
4.1. Estructura Organizacional.....	42
4.2. Espacio físico o instalaciones	42
4.3. Recursos.....	43
4.4. Proceso del plan de mantenimiento preventivo	43
4.5. Diseño del plan de mantenimiento preventivo	45
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Curva P-F	10
Figura 1.2. Circuito hidráulico	13
Figura 3.1. Ubicación y límites del Distrito Metropolitano de Quito.....	20
Figura 3.2. Porcentaje de disponibilidad de las máquinas.....	23
Figura 3.3. Máquina retroexcavadora.....	24
Figura 3.4. Máquina retroexcavadora.....	25
Figura 3.5. Máquina retroexcavadora.....	26
Figura 3.6. Máquina Excavadora.....	27
Figura 3.7. Máquina Excavadora.....	28
Figura 3.8. Máquina Mini cargadora.....	29
Figura 3.9. Máquina Mini cargadora.....	30
Figura 3.10. Volqueta de carga pesada.....	31
Figura 3.11. Volqueta de carga pesada.....	32
Figura 3.12. Excavadora Hyundai y Volqueta Hino GH realizando trabajo de derrocamiento de una vivienda.....	34
Figura 3.13. Fallos más comunes en los componentes del sistema hidráulico.....	40
Figura 3.14. Localización del terreno de la empresa Fernández y Fernández Construc.	43
Figura 3.15. Diagrama de flujo de las actividades a realizarse en un plan de mantenimiento preventivo	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Obras realizadas por la empresa Fernández & Fernández Construc.	21
Tabla 3.2. Disponibilidad de la maquinaria en la empresa con fecha de 10 de noviembre del 2022.	22
Tabla 3.3. Breve descripción de máquina Retroexcavadora Case 580N.	24
Tabla 3.4. Breve descripción de máquina Retroexcavadora Case 580N.	25
Tabla 3.5. Breve descripción de máquina Retroexcavadora Case 580 Súper M.	26
Tabla 3.6. Breve descripción de máquina Excavadora Caterpillar 320C.	27
Tabla 3.7. Breve descripción de máquina Excavadora Hyundai HX220S.	28
Tabla 3.8. Breve descripción de máquina Mini cargadora Caterpillar. 246C.	29
Tabla 3.9. Breve descripción de máquina Mini cargadora Bobcat S175.	30
Tabla 3.10. Breve descripción de volqueta Hino GH.	31
Tabla 3.11. Breve descripción de volqueta Hino GH.	32
Tabla 3.12. Promedio de horas anuales de trabajo retroexcavadoras.	33
Tabla 3.13. Promedio de horas anuales de trabajo excavadoras.	33
Tabla 3.14. Promedio de horas anuales de trabajo mini cargadoras.	33
Tabla 3.15. Promedio de horas anuales de trabajo volquetas.	34
Tabla 3.16. Resultados de una inspección visual de las máquinas marca Caterpillar.	35
Tabla 3.17. Resultados de una inspección visual de las máquinas marca Case.	36
Tabla 3.18. Resultados de una inspección visual de las máquinas marca Bobcat.	37
Tabla 3.19. Resultados de una inspección visual de las máquinas marca Hino.	37
Tabla 3.20. Resultados de una inspección visual de las máquinas marca Hyundai.	38
Tabla 3.21. Averías presentes en el sistema hidráulico de la flota de máquinas.	39
Tabla 4.1. Plan de mantenimiento preventivo para una retroexcavadora.	45
Tabla 4.2. Programa de mantenimiento preventivo para una mini cargadora.	48
Tabla 4.3. Programa de mantenimiento preventivo para una excavadora.	51
Tabla 4.4. Programa de mantenimiento preventivo para una volqueta.	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Inspección visual de excavadora Caterpillar 320C	59
Anexo 2. Inspección visual de minicargadora Caterpillar 246C	59
Anexo 3. Inspección visual de mini cargadora Caterpillar 246C	60
Anexo 4. Inspección visual de retroexcavadora Case 580 N	60
Anexo 5. Inspección visual de retroexcavadora Case 580 N	61
Anexo 6. Inspección visual de retroexcavadora Case 580 N	61
Anexo 7. Inspección visual de retroexcavadora Case 580 SUPER M	62
Anexo 8. Inspección visual de retroexcavadora Case 580 SUPER M	62
Anexo 9. Inspección visual de mini cargadora Bobcat S175	63
Anexo 10. Inspección visual de mini cargadora Bobcat S175	63
Anexo 11. Inspección visual de volqueta Hino GH	64
Anexo 12. Inspección visual de excavadora Hyundai HXX220S	64

RESUMEN

El presente proyecto técnico muestra la propuesta para **desarrollar un plan de mantenimiento preventivo de los sistemas hidráulicos para maquinaria pesada de la empresa Fernández & Fernández Construc del Distrito Metropolitano de Quito**, para de esta manera tener un mejor control de cada maquinaria, previniendo cualquier tipo de anomalía que se pueda presentar, analizando específicamente sus sistemas hidráulicos.

El mantenimiento se origina en el siglo XIX, cuando varias empresas empiezan a notar las pérdidas económicas que sufren durante las paradas imprevistas que tienen que realizar las máquinas por alguna avería presente en la misma, ocasionando estancamientos en su producción, es por esto que, con el propósito de prolongar el ciclo de vida de las máquinas, equipos, etc., nace el mantenimiento preventivo como una solución oportuna y efectiva.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo que se ajuste a las necesidades de una empresa tiene que tener en cuenta muchos factores y parámetros para que este sea óptimo, con relación a: viabilidad, costos de implementación y capacidad para llevarlo a cabo.

Tomando en consideración que las máquinas son sometidas a un riguroso régimen de trabajo, se entiende que estas van a tener un gran desgaste, lo cual ocasionaría que el ciclo de vida de los equipos o maquinaria se acorten, por lo que, es muy importante implementar un mantenimiento oportuno que nos ayuden a aprovechar al máximo el total funcionamiento de la misma.

Metodológicamente este estudio se basa en el análisis situacional de toda la flota de vehículos existentes en la empresa, lo que permitirá conocer las condiciones actuales en la que se encuentran cada una de las máquinas, mediante una inspección física y toma de datos de mantenimientos previos recopilados de los trabajadores, para que posterior a esto se logre implementar un correcto plan de mantenimiento preventivo del sistema hidráulico para toda la maquinaria.

Palabras Claves: Sistema hidráulico, maquinaria pesada, mantenimiento preventivo, plan de mantenimiento, máquinas, desgaste, averías, fallos.

ABSTRACT

This technical project shows the proposal to **develop a preventive maintenance plan of the hydraulic systems for heavy machinery of the company Fernandez & Fernandez Construc of the Metropolitan District of Quito**, in order to have a better control of each machinery, preventing any type of anomaly that may occur, specifically analyzing their hydraulic systems.

Maintenance originated in the 19th century, when several companies began to notice the economic losses they suffered during the unplanned stops that had to make the machines for any breakdown present in the same, causing stagnation in their production, which is why, in order to extend the life cycle of machines, equipment, etc., preventive maintenance was born as a timely and effective solution.

The implementation of a preventive maintenance plan that fits the needs of a company has to take into account many factors and parameters for it to be optimal, in relation to: feasibility, implementation costs and capacity to carry it out.

Taking into consideration that the machines are subjected to a rigorous work regime, it is understood that these are going to have a great wear, which would cause the life cycle of the equipment or machinery to be shortened, so it is very important to implement a timely maintenance that will help us to maximize the full operation of the same.

Methodologically this study is based on the situational analysis of the entire fleet of existing vehicles in the company, which will allow to know the current conditions in which each of the machines are, through a physical inspection and data collection of previous maintenance collected from workers, so that after this it is possible to implement a preventive maintenance plan of the hydraulic system for all machinery.

Key words: Hydraulic system, heavy machinery, preventive maintenance, maintenance plan, machines, wear, breakdowns, failures.

INTRODUCCIÓN

La empresa requiere alargar la vida útil de las distintas máquinas existentes en la misma, así como también optimizar su funcionamiento con el fin de obtener una buena productividad y operatividad durante sus obras, por lo cual se requiere implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita diagnosticar oportunamente las averías o fallos de su flota vehicular.

En el primer capítulo, se ahondan conceptos sobre el mantenimiento preventivo, tipos, características, importancia y aplicación del mismo, el enfoque es total en este modelo de mantenimiento, dado que, el principal objetivo es prevenir paradas imprevistas de la flota de maquinarias durante su operación en los distintos trabajos.

En el segundo capítulo, se refuerzan los conocimientos básicos del sistema hidráulico, su funcionamiento y los elementos que componen al mismo, así como también los tipos de desgaste que pueden producirse en los componentes por diversos factores ocasionando averías o fallos en el sistema.

En el tercer capítulo, se detallan algunas generalidades de la empresa como son su ubicación, su flota de maquinarias y los diferentes trabajos que han sido realizados por ellos. Además, se recopilaron ciertos datos importantes de cada una de las máquinas, los cuales acompañados de una breve inspección, sirvieron para determinar el estado actual en el que se encuentran las mismas, así como también las jornadas de trabajo a las que son sometidas estas.

En el cuarto capítulo, se plantea la propuesta para que la empresa pueda implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita mantener en óptimas condiciones toda la flota de maquinaria y estas puedan tener total disponibilidad para cualquier tipo de trabajo cuando el operario lo requiera, dando una eficaz solución al problema presentado inicialmente.

PROBLEMA

La empresa Fernández & Fernández Construc ubicada en la ciudad de Quito, se dedica a realizar trabajos de construcción, por tanto, cuenta con una variada flota de maquinaria pesada, entre las cuales existen: retroexcavadoras, excavadoras, volquetas, mini cargadoras, entre otras. Debido a que la maquinaria de esta empresa no goza de un plan de mantenimiento preventivo, se producen frecuentes paralizaciones en sus actividades debido a diferentes averías que se presentan en ellas, lo cual ocasiona una pérdida de producción para la empresa.

Por esta razón se necesita poner en marcha un plan de mantenimiento preventivo que satisfaga las necesidades de la empresa, brindando un óptimo funcionamiento de las máquinas en cada uno de los trabajos que se vayan a desarrollar durante su jornada de operatividad, aprovechando al máximo su productividad.

Antecedentes

En varias ocasiones, clientes de la empresa Fernández & Fernández Construc que se dedica a realizar obras civiles, han manifestado inconformidades por incumplimiento de los trabajos dentro de los plazos estipulados por esta, principalmente debido a que algunas de las máquinas han presentado problemas en su funcionamiento, lo cual no ha permitido trabajar de una manera eficaz y, por tanto, se han retrasado la entrega de sus obras.

Importancia y alcances

Tomando en consideración los distintos problemas que posee la empresa, se determinó que, la principal causa de estos retrasos en los trabajos es la falta de un plan de mantenimiento preventivo a toda la flota de maquinaria pesada que posee la empresa, ya que, esto es lo que produce contratiempos en la entrega de sus obras, por lo que se ejecutará un plan de mantenimiento preventivo para que no se originen este tipo de inconvenientes que afecten directamente a la economía de la empresa.

Delimitación

El desarrollo de este proyecto se llevará a cabo en la empresa Fernández & Fernández Construc ubicada en Ecuador, en la ciudad Quito, donde se determinará el estado actual de cada una de las máquinas mediante una inspección física, para posteriormente implementar un plan de mantenimiento preventivo oportuno que ayude a mantener la maquinaria totalmente operativa, así como también a reducir costos de mantenimientos y permita prolongar el ciclo de vida de las mismas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar un plan de mantenimiento de los sistemas hidráulicos de la maquinaria pesada en la Empresa Fernández & Fernández Construc, con la finalidad de ejecutar un mantenimiento preventivo, reducir costos y que la maquinaria este operativa.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico inicial del estado del sistema hidráulico de toda la maquinaria existente en la empresa Fernández & Fernández Construc.
- Diseñar un plan de mantenimiento para la maquinaria existente en la constructora, que permita garantizar la operatividad en todos sus procesos.
- Ejecutar el plan de mantenimiento preventivo en cada una de las máquinas utilizadas por la empresa para los diferentes trabajos, detallando las especificaciones particulares que estas poseen.
- Definir un programa de mantenimiento preventivo a largo plazo de la maquinaria alineado a los compromisos de trabajos de la constructora.

CAPÍTULO I

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo se define como la inspección o evaluación bajo ciertos parámetros de algún tipo de instrumento o equipo, evitando futuros daños que puedan producirse durante la etapa útil de estos, este mantenimiento permite predecir las fallas antes de que estas ocurran o a su vez si ya ocurrieron prevenir que ocasiono averías mucho más graves que detengan la operatividad de los equipos o aparatos. Por tanto, cuando se realiza correctamente y en un tiempo adecuado el mantenimiento preventivo y sea el idóneo para permitir reducir gastos en el presupuesto del mantenimiento, pérdidas por paradas de producción, prolongar la vida útil de las máquinas, etc.

“El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza mediante una programación previa de actividades, con el fin de evitar en lo posible la mayor cantidad de daños imprevistos, disminuir los tiempos muertos de producción por fallas y por ende disminuir los costos de la misma.” (*Mantenimiento Preventivo*, s. f.)

El enfoque principal en este tipo de mantenimiento es aumentar los niveles de productividad, por lo que es muy importante implementarlo mediante una rigurosa programación que ayude a mejorar sus operaciones y procesos.

1.1. Características del mantenimiento preventivo

“Este proceso es totalmente rutinario. Por esta razón, se programa el presupuesto que debe destinarse y las fechas en las que debe ser realizado, junto al tiempo que tomará. Más que una reparación, es un cambio: es importante tener presente que el mantenimiento preventivo se utiliza para confirmar que la maquinaria tenga un funcionamiento adecuado.” (*Características Del Mantenimiento Preventivo*, s. f.)

Una de las principales características del mantenimiento preventivo es la capacidad de evaluar un equipo para detectar fallas en etapas tempranas y realizar una reparación antes de que se produzcan averías graves o irreparables.

Otra característica de este tipo de mantenimiento es, que por lo general siempre se lo planifica debido a su periodicidad, por tal motivo se plantea un presupuesto para la reparación y se determina un tiempo de realización del mismo.

1.2. Ventajas del mantenimiento preventivo

- Reducción de la necesidad de mantenimiento correctivo: El chequeo regular de las condiciones de una máquina permite prevenir paradas imprevistas.
- Reducción de costos: El ahorro de tiempo y dinero a comparación de otros mantenimientos hacen que este tipo de mantenimiento sea el más accesible.
- Reducción del tiempo de reparación: Si es necesario retirar el equipo para repararlo o reacondicionarlo, la programación de mantenimiento puede identificar las piezas que deben reemplazarse.
- Gestión de inventario de repuestos: Comprar repuestos innecesarios o no tener los repuestos correctos a tiempo son problemas que se pueden minimizar con la programación oportuna de un plan de mantenimiento preventivo.
- Extender el ciclo de vida de las máquinas o equipos: La prevención y el diagnóstico temprano de fallas puede extender la vida útil de varios elementos y equipos hasta en un 30%.
- Incrementar la producción: Un programa preventivo integral mejora el rendimiento y la disponibilidad del equipo.
- Mayor seguridad del operador: Incorporar capacitaciones de seguridad y prevención en el trabajo para formar a los trabajadores en el correcto uso de la maquinaria.

1.3. Importancia del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es el más importante de los mantenimientos cuando de no paralizar la producción se trata, ya que este permite programar de manera oportuna acciones antes de que se provoquen averías graves en los equipos.

Si se lo programa correctamente, este permite que el tiempo de inoperatividad del equipo no afecte el rendimiento de la empresa. Gracias a la importancia de este mantenimiento se

garantiza que el equipo pueda obtener su mayor rendimiento posible, así como también alargar su vida útil.

1.4. Aplicación del mantenimiento preventivo

La aplicación del mantenimiento preventivo se enfoca prioritariamente en los equipos que son indispensables para el correcto funcionamiento de una empresa, pero también hay que tomar en cuenta que no se debe abusar o exceder del mismo, es decir, no originar mantenimientos innecesarios con equipos que no afectan la productividad de una empresa, ya que si ponemos en análisis la relación entre el precio del mantenimiento con el tiempo de inactividad de los equipos, el resultado no sería beneficioso para la empresa.

1.5. Otros tipos de mantenimientos

Además del mantenimiento preventivo que es en el que se enfocará este trabajo de investigación, también existen otros tipos de mantenimientos que dependen del trabajo que se vaya a realizar, mismos que se explican a continuación.

1.5.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se lo aplica cuando una máquina o sistema deja de operar debido a que este ya llegó a su punto de falla, y el principal objetivo es repararla lo más pronto posible, evitando las paradas largas en su producción, habitualmente se reemplaza el componente averiado en el sistema para una reparación mucho más rápida.

“El Mantenimiento Correctivo, se subdivide en aquel que se realiza inmediatamente después de la verificación de un fallo funcional (correctivo inmediato) y el mantenimiento correctivo diferido, que puede programarse, a diferencia del correctivo inmediato que se impone como necesidad de intervención no prevista para contrarrestar las consecuencias del fallo. Los uno el hecho que, tanto el correctivo inmediato como el correctivo diferido, se ejecutan siempre a posteriori de un fallo.” (*TIPOS DE MANTENIMIENTO ¿CUÁNTOS Y CUÁLES SON?*, s. f.)

1.5.2. Mantenimiento modificativo

Este mantenimiento consiste en modificar las características o adecuar las instalaciones de un equipo y sus componentes, evitando que en estos se produzcan algún tipo de fallo, ya que, algunos equipos necesitan ser adaptados para el trabajo al que vayan a desempeñar.

1.5.3. Mantenimiento programado

Este tipo de mantenimiento se lo ejecuta de manera planificada en un equipo de acuerdo a sus horas de trabajo, tiempo o kilometraje, con esto se puede predecir una futura una parada en sus operaciones del equipo.

1.5.4. Mantenimiento predictivo

Está basado en cumplir con un seguimiento a un determinado equipo para precisar bajo ciertos parámetros y evaluaciones un tiempo máximo de uso para realizar las reparaciones en los momentos adecuados, disminuyendo el tiempo muerto de funcionamiento de un equipo y abaratando costos de reparación.

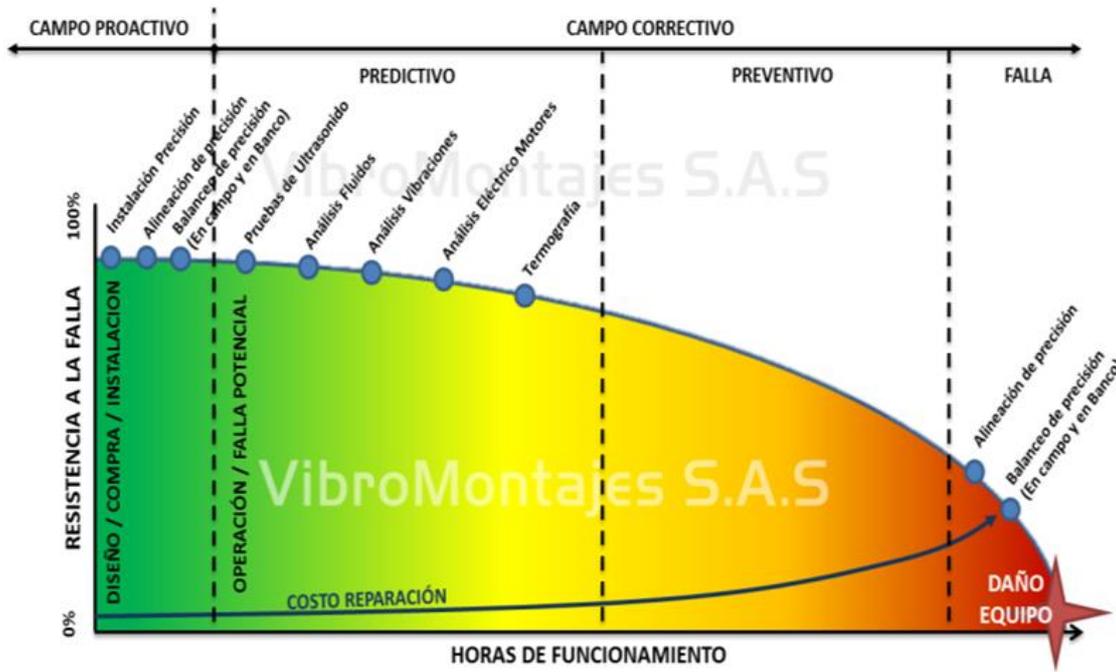
1.6. Curva P-F

“La curva P-F representa en el eje *X* al tiempo de vida del equipo. El eje *Y* representa la condición del mismo, en la parte superior de este eje nos marca las condiciones óptimas del equipo y en la base marca una falla catastrófica.” (*Curva P-F: ¿Qué Es y Cómo Usarla En Mantenimiento?* / Grupo ORS, s. f.)

La curva P-F, permite evaluar el comportamiento y el ciclo de vida de un equipo o máquina a lo largo del tiempo, desde su inicio de operación hasta el momento de llegar a la falla.

Además, permite analizar el incremento del factor monetario de acuerdo a como se acerca a la falla.

Figura 1.1. Curva P-F



Fuente: VibroMontajes S.A.S

CAPÍTULO II

SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema hidráulico tiene como principio la utilización de un fluido y someterlo a presión para propulsar una maquinaria, desplazar componentes mecánicos o realizar algún tipo de tarea que requiera fuerza. En la actualidad los sistemas hidráulicos poseen una gran variedad de aplicaciones y en diferentes entornos.

“Las fábricas de papel, tala de árboles, robótica y procesamiento de acero son las industrias que más utilizan equipos hidráulicos.” (*¿Qué Es Un Sistema Hidráulico y Cómo Funciona?* - BRR Binasa, s. f.)

Existen diversos tipos de sistemas hidráulicos con diferentes componentes de acuerdo a su uso, pero todos funcionan bajo el mismo concepto básico. Las bombas hidráulicas presurizan fluidos y su movimiento se utiliza para impulsar desde grúas hasta automóviles.

“La presión hidráulica se basa en el Principio de Pascal, establecido por el matemático francés Blaise Pascal en 1647-1648.

El Principio de Pascal es un principio de la mecánica de fluidos que establece que la presión en un punto tiene una dirección infinita, y, por lo tanto, la presión cambiada en cualquier punto en un líquido incompresible presurizado se transmite a través del fluido, de tal forma que el mismo cambio ocurre en todas partes.” (*Qué Es Un Sistema Hidráulico, Para Qué Sirve y Cómo Funciona*, s. f.-a)

Se representa mediante la siguiente ecuación matemática.

$$P_h = \rho * g * h$$

Ec. (2.1)

Donde:

- Ph: representa la presión hidrostática.
- ρ : representa la densidad del fluido.
- g: representa la aceleración de la Gravedad.

- h: representa la altura a la cual se encuentra el fluido.

Estos sistemas se encuentran aplicados en algunas áreas, por ejemplo, se usan en equipos de construcción, edificios, automóviles, etc., debido a que, esta es una de las formas más prácticas de generar movimiento cuando se requiere mover cargas pesadas.

2.1. Componentes principales del sistema hidráulico

2.1.1. Bomba

La bomba hidráulica es aquella que se encarga de transformar la energía mecánica transmitida por un motor, en energía hidráulica, esto se logra gracias al desplazamiento del fluido que se da mediante la presión de la bomba a los diferentes circuitos menores del sistema.

En la actualidad existen diferentes tipos de bombas hidráulicas, tales como las de paletas, las de pistones y las de engranajes.

2.1.2. Actuadores

Los actuadores hidráulicos son dispositivos que transforman la energía hidráulica nuevamente en energía mecánica. Existen dos formas en las cuales se pueden dar este fenómeno mediante él:

- “Cilindro hidráulico que convierte la energía hidráulica en movimiento lineal.
- Motor hidráulico que convierte la energía hidráulica en movimiento rotacional.”

(Madi Control S.L. - Componentes de Los Sistemas Hidráulicos: Beneficios y Ventajas de Contar Con Un Sistema Hidráulico, s. f.)

2.1.3. Depósito

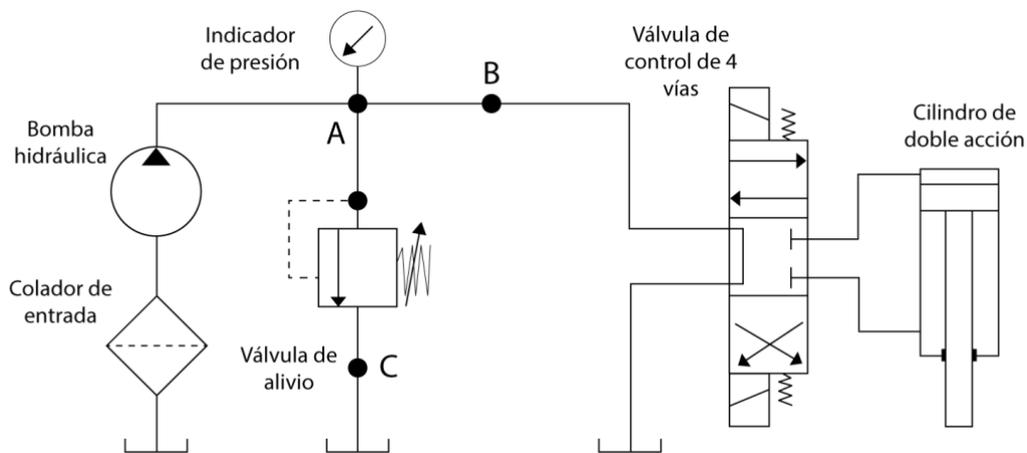
Las principales funciones del depósito hidráulico son almacenar y conservar el volumen del fluido, transferir el calor existente dentro del sistema, liberar la humedad y el aire presentes en el fluido y lograr que las partículas impuras se asienten en el fondo del mismo.

2.1.4. Válvulas

Las válvulas hidráulicas son las responsables de regular, dirigir y distribuir el flujo del fluido que es enviado por la bomba hidráulica. De la misma manera que las bombas, las válvulas pueden clasificarse en diferentes tipos, entre las más importantes tenemos:

- Válvulas reguladoras de caudal
- Válvulas de aguja.

Figura 1.2. Circuito hidráulico



Fuente: Aceros y Sistemas Hidráulicos de México S.A. de C.V.

2.2. Desgaste en componentes de sistema hidráulico

Las partículas contaminantes que contiene el fluido hidráulico es una de las principales causas para generar deterioro en los componentes del sistema hidráulico, para posteriormente producir fallos o averías en este, ocasionando una posible pérdida en el rendimiento del equipo. Existen diferentes tipos de desgastes, por lo que se describirán cada uno de ellos.

2.2.1. Desgaste abrasivo

El desgaste abrasivo se da por la fricción que existe entre los componentes, dando como resultado marcas o ralladuras en las superficies de los componentes implicados.

- “Desgaste entre dos cuerpos es generado cuando dos superficies del sistema tienen contacto directo entre ellas sin que exista una capa de lubricante entre ellas.
- Desgaste entre 3 cuerpos es generado cuando el espacio existente entre dos superficies ha sido cubierto por una tercera capa de partículas duras.”

(Tipos de Desgaste En Componentes Del Sistema Hidráulico. - Gotoyard, s. f.)

Parte de las soluciones ante este fenómeno son las frecuentes inspecciones que se deben realizar para identificar las partes que se encuentran sin la adecuada lubricación, además de que los fluidos del sistema hidráulico se encuentren filtrados, para lo cual se requiere cambiar los filtros de acuerdo al manual del fabricante y por último se tiene que verificar que el nivel del fluido se encuentre en los niveles correctos.

2.2.2. Desgaste adhesivo

El desgaste adhesivo se genera después del desgaste abrasivo, es decir, después de que dos superficies entran en contacto provocando raspaduras, estas liberan calor como resultado de su fricción, por consiguiente, las piezas involucradas se unirán provocando una micro soldadura.

“La naturaleza del desgaste hace que el desgaste adhesivo este siempre presente en mayor o menor grado en las uniones de rozamiento. En la practica de ingeniería se conoce también con los nombres de: desgaste por frotamiento; rayado adhesivo; gripado; agarrotamiento; agripamiento.” *(Desgaste Adhesivo - EcuRed, s. f.)*

Al igual que como en el desgaste abrasivo, lo más importante es verificar la adecuada lubricación en el sistema para prevenir el deterioro de los componentes.

2.2.3. Desgaste corrosivo

“El desgaste corrosivo es un proceso de degradación del material debido al efecto combinado de corrosión y desgaste. Se define como el proceso de desgaste en el que se produce el deslizamiento en un entorno corrosivo.” (*¿Qué Es El Desgaste Por Corrosión y Oxidación? Definición / Propiedades Materiales*, s. f.)

El fenómeno más común del desgaste corrosivo es la oxidación, la cual se da por la producción de ácido dentro del fluido del sistema, debido a la presencia de agua o a la contaminación del fluido, se produce una reacción química que desgasta las superficies, dañando el correcto funcionamiento sistema hidráulico.

Se requiere realizar los cambios del fluido estrictamente de acuerdo al manual del fabricante y en lo posible realizar el análisis de fluidos para diagnosticar degradación en los materiales, antes de que estos ocasionen daños en el sistema.

2.2.4. Desgaste por erosión

“El desgaste por erosión es un fenómeno que consiste en la pérdida de material de una superficie por estar sometida a impactos repetitivos de partículas sólidas o líquidas. Se produce cuando las partículas eliminan gradualmente el material de la superficie por impacto continuo, deformándolo y dañándolo.” (*¿Qué Es El Desgaste de Maquinaria y Cómo Prevenirlo? - Antala Industria*, s. f.)

El desgaste por erosión es producido por la existencia de partículas contaminantes en el fluido hidráulico, ya que estas partículas al moverse en altas velocidades dentro del sistema hidráulico erosionan las superficies de los componentes internos.

El cambio frecuente de filtros evitará la presencia de partículas contaminantes dentro del fluido.

2.2.5. Desgaste por fatiga

Este tipo de desgaste se origina debido al constante contacto o colisión de las partículas con la superficie, lo que genera deformaciones, grietas y en algunos de los casos pueden producir roturas del material que conforman las piezas del sistema hidráulico.

“El desgaste por el mecanismo de fatiga es el resultado de esfuerzos cíclicos entre las asperezas de dos superficies en contacto.” (*Fatiga Superficial - EcuRed*, s. f.)

La única solución en este caso es reducir las cargas de impacto a las que son sometidas los diferentes componentes del sistema hidráulico.

2.2.6. Desgaste por cavitación

Este desgaste ocurre cuando el fluido no llega en un tiempo oportuno a la bomba, lo cual produce burbujas de vapor generando un vacío, el colapso de estas burbujas a altas presiones ocasionan daños a los componentes, teniendo la fuerza para erosionar el acero.

“Este es un fenómeno que afecta principalmente partes y equipamientos encargados de manipular o transportar fluidos.” (Grajales et al., 2010)

2.3. Características del sistema hidráulico

Es uno de los sistemas más importantes en el campo automotor, ya que su funcionamiento está presente en frenos, suspensión, dirección.

Dependiendo el uso del sistema hidráulico, el líquido va a conformarse de diferentes componentes, presiones y densidades para cumplir correctamente con su función según la necesidad. Un sistema hidráulico puede contener fluidos tanto líquidos como gases.

2.4. Ventajas del sistema hidráulico

Los sistemas hidráulicos son capaces de propulsar grandes niveles de carga o peso, además de que gracias a que se compone en base de fluidos provee una proporción constante de presión. Su sencillo método de accionamiento en algunas de sus aplicaciones, permite tener un control más preciso del sistema hidráulico.

En la mayor parte de los casos debido a sus componentes resultan más económicos y seguros, en comparación a los sistemas eléctricos y mecánicos, por lo cual son mucho más fáciles de mantener.

“Un sistema hidráulico es un eficiente transmisor de potencia por muchas razones. En primer lugar, sus sencillas palancas y botones pulsadores facilitan el arranque, la parada, la aceleración y la desaceleración. Esto también permite la precisión del control. Además, debido a que es un sistema simple, sin engranajes, poleas o palancas incómodas, se adapta fácilmente a un enorme rango de pesos.” (*Qué Es Un Sistema Hidráulico, Para Qué Sirve y Cómo Funciona*, s. f.-b)

2.5. Aplicaciones del sistema hidráulico

“Los sistemas hidráulicos se utilizan principalmente para el control preciso de fuerzas mayores. Las principales aplicaciones del sistema hidráulico se pueden clasificar en:

- Industrial: Maquinaria de procesamiento de plásticos, fabricación de acero y aplicaciones de extracción primaria de metales, líneas de producción automatizadas, etc.
- Hidráulica móvil: Tractores, sistema de irrigación, equipo de movimiento de tierra, equipo de manipulación de materiales, vehículos comerciales, equipo de perforación de túneles, equipo ferroviario, maquinaria de construcción, equipos de perforación, etc.
- Automóviles: Se utiliza en los sistemas como frenos, amortiguadores, sistema de dirección, protección contra el viento, elevación, limpieza, etc.

- Aplicaciones marinas: Cubre principalmente los buques de navegación oceánica y los barcos de pesca.
- Equipos aeroespaciales: Hay equipos y sistemas utilizados para el control del timón, trenes de aterrizaje, frenos, control de vuelo y transmisión, etc., que se utilizan en aviones, cohetes y naves espaciales.”

(Hidráulica, Un Mundo En Aplicaciones - Maquinaria Carrán, s. f.)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO Y ANÁLISIS SITUACIONAL ACTUAL

Para desarrollar este proyecto técnico, primero es necesario conocer la situación actual de la flota, es decir, conocer el estado general de los equipos y vehículos para poder determinar las carencias de cada flota, las cuales se formulan de acuerdo a las características de las máquinas y vehículos con el apoyo de pautas de control.

Los datos de mantenimientos previos se obtuvieron únicamente basados en el conocimiento y experticia de los operadores de cada una de las máquinas, ya que, la empresa no cuenta con un registro técnico o documentado de los mantenimientos realizados anteriormente, por lo que, la obtención de indicadores que permitan conocer el estado actual de toda la flota de vehículos, se dará de acuerdo a la información recabada de los diferentes trabajadores, además de una inspección técnica que se realizará en la maquinaria existente en la empresa, para deducir los daños más habituales que se presentan en estas específicamente en su sistema hidráulico.

Finalmente, en este contexto, se desarrollará un plan de mantenimiento preventivo utilizando una matriz de Excel, enfocándose en mejorar el desempeño de cada máquina, alargando su vida útil, evitando daños y fallas inesperadas, manteniendo la ejecución de controles de mantenimiento adecuados.

Durante este estudio se utilizarán el método documental y el método descriptivo, ya que, para desarrollar un adecuado plan de mantenimiento preventivo en las máquinas necesitamos partir de principios y conceptos generales que permitan conocer de forma más precisa la función que cumplen cada uno de los elementos que conforman el sistema hidráulico y los diferentes mantenimientos que se pueden ejecutar en el mismo, además, de que se necesitará recabar cierta información importante del estado en el que se encuentra toda la flota vehicular, para con ello, basarse y tener una idea clara de que cambios se deben efectuar en la maquinaria para prevenir fallos imprevistos durante su operatividad.

3.1. Generalidades de la empresa Fernández & Fernández Construc.

La empresa Fernández & Fernández Construc. brinda sus servicios de construcción dentro de todo el Distrito Metropolitano de Quito, incluyendo los valles. La constructora ha ejecutado varios trabajos, entre uno de los más representativos está la realización de la reconocida Ruta Viva, la cual va desde la Avenida Simón Bolívar hasta Puenbo, conectando a varios barrios que colindan en el sector.

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra a 2,850 sobre el nivel del mar y se divide en 9 administraciones zonales, las cuales contienen a 32 parroquias urbanas y 33 parroquias rurales y suburbanas. Limita al sur con el cantón Mejía, al norte con la provincia de Imbabura, al este con el cantón Cayambe, y al Oeste con el cantón los Bancos. (*Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador - Genealogía - FamilySearch Wiki, s. f.*)

Figura 3.1. Ubicación y límites del Distrito Metropolitano de Quito.



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

3.2. Trabajos realizados por la empresa Fernández & Fernández Construc.

La empresa Fernández & Fernández Construc. ha enfocado sus trabajos a lo largo de todos estos años en las siguientes obras civiles:

- Ampliación de vías.
- Alcantarillados.
- Lastrado de vías.
- Nivelaciones.
- Movimientos de tierra.
- Derrocamientos de casas
- Entre otros trabajos del campo de la construcción.

Como ya se lo menciono anteriormente, una de sus obras más representativas ha sido la colaboración en la construcción de la vía Ruta Viva, pero también se han dedicado a realizar diversos proyectos más en la ciudad de Quito, tanto en el sector público como en el privado, entre los más importantes tenemos:

Tabla 3.1. Obras realizadas por la empresa Fernández & Fernández Construc.

Obras	Ubicación	Estado
Alcantarillado	Av. Pichincha, Conocoto	Finalizada y entregada
Lastrado y adoquinado	Av. Juan Montalvo, Conocoto	Finalizada y entregada
Mantenimiento de las aceras y bordillos	Av. Morán Valverde, Quitumbe	Finalizada y entregada
Derrocamiento de la antigua fábrica Pilsener	Av. Cinco de Junio, Villaflora	Finalizada y entregada
Desbanque de terreno Gasolinera Primax Argelia	Av. Simón Bolívar, La Argelia	Finalizada y entregada
Restauración de mirador La Forestal	Av. Simón Bolívar, La Forestal	Finalizada y entregada
Mantenimiento	Av. Mariana de Jesús	Finalizada y entregada

Nivelaciones y rellenos Complejo Independiente del Valle	Calle Manuel Quiroga, Amaguaña	Finalizada y entregada
Excavación del subsuelo Centro Comercial Quicentro Shopping	Av. 6 de diciembre, El Batán	Finalizada y entregada

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

3.3. Disponibilidad de las máquinas

Es importante que los operadores sepan muy bien cuáles son los límites de trabajo de cada máquina, ya que, si se dejara pasar estos límites pueden ocasionar el deterioro muy prematuro de la máquina y por consiguiente averías en la misma, por lo que es indispensable contar con un plan de mantenimiento preventivo para que la máquina tenga un buen desempeño al momento de desarrollar cada una de sus actividades.

En la tabla 3.2, se indica cuáles son los tipos de máquinas existentes en la empresa y mediante la siguiente ecuación matemática se calculará la disponibilidad de cada una de ellas.

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo disponible para producción} - \text{Tiempo Paradas}}{\text{Tiempo disponible para producción}}$$

Ec. (3.1)

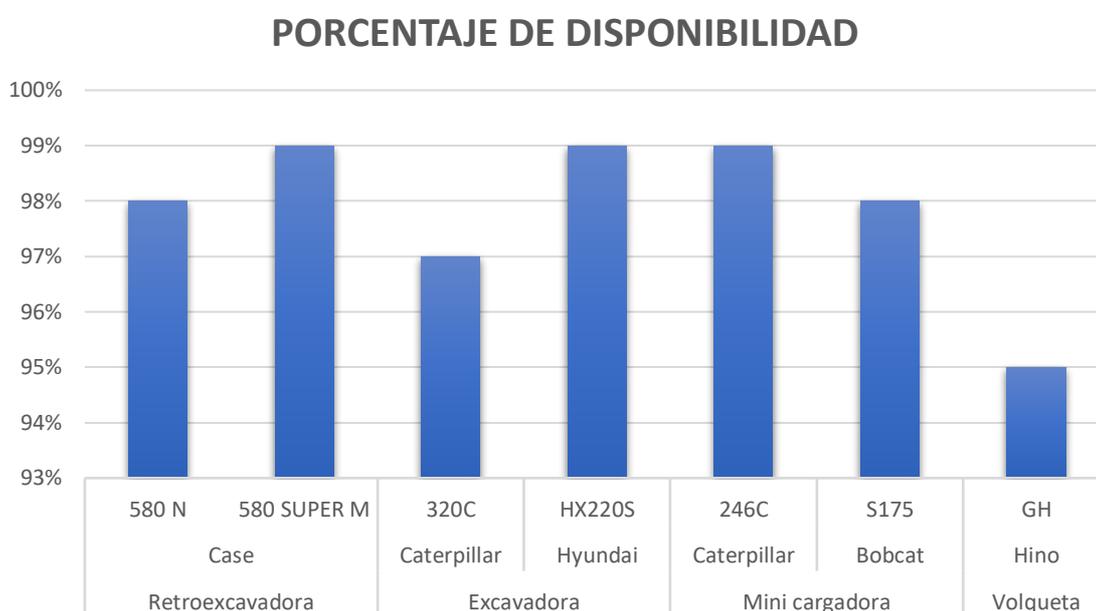
Tabla 3.2. Disponibilidad de la maquinaria en la empresa con fecha de 10 de noviembre del 2022.

TIPO	MARCA	MODELO	NÚMERO DE UNIDADES	PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD
Retroexcavadora	Case	580 N	2	98 %
		580 SUPER M	1	99 %

Excavadora	Caterpillar	320C	1	97 %
	Hyundai	HX220S	1	99 %
Mini cargadora	Caterpillar	246C	1	99 %
	Bobcat	S175	1	98 %
Volqueta	Hino	GH	2	95 %

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Figura 3.2. Porcentaje de disponibilidad de las máquinas



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

3.4. Descripción general de las máquinas

Todas las unidades existentes en la empresa, tales como excavadoras, retroexcavadoras, mini cargadoras, volquetas y el rodillo compactador, actualmente se encuentran funcionando y prestando servicio en todo el Distrito Metropolitano de Quito, por lo que a continuación se detallarán ciertas especificaciones técnicas de las mismas para tener una información más amplia de estas, que permita utilizar estos datos más adelante al momento de desarrollar el plan de mantenimiento preventivo para cada una de ellas.

Tabla 3.3. Breve descripción de máquina Retroexcavadora Case 580N.

ACTIVO	RETROEXCAVADORA
Marca	Case 580N
Fotografía	<p data-bbox="831 392 1337 427"><i>Figura 3.3. Máquina retroexcavadora.</i></p>  <p data-bbox="852 920 1316 956">Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo.</p>
Año de fabricación	2013
Año de adquisición	2013
Horas de trabajo	13 843
Capacidad del depósito del aceite hidráulico	13.6 L - 3.6 GAL
Tipo de bomba hidráulica	Engranajes

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.4. Breve descripción de máquina Retroexcavadora Case 580N.

ACTIVO	RETROEXCAVADORA
Marca	Case 580N
Fotografía	<p data-bbox="831 394 1334 427"><i>Figura 3.4. Máquina retroexcavadora.</i></p>  <p data-bbox="852 987 1313 1021">Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo.</p>
Año de fabricación	2012
Año de adquisición	2015
Horas de trabajo	9 888
Capacidad del depósito del aceite hidráulico	13.6 L - 3.6 GAL
Tipo de bomba hidráulica	Engranajes

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.5. Breve descripción de máquina Retroexcavadora Case 580 Súper M.

ACTIVO	RETROEXCAVADORA
Marca	Case 580 Súper M
Fotografía	<p data-bbox="831 392 1334 427"><i>Figura 3.5. Máquina retroexcavadora.</i></p>  <p data-bbox="852 987 1313 1023">Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo.</p>
Año de fabricación	2002
Año de adquisición	2014
Horas de trabajo	8 834
Capacidad del depósito del aceite hidráulico	13.6 L - 3.6 GAL
Tipo de bomba hidráulica	Engranajes

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.6. Breve descripción de máquina Excavadora Caterpillar 320C.

ACTIVO	EXCAVADORA
Marca	Caterpillar 320C
Fotografía	<p data-bbox="863 394 1305 427"><i>Figura 3.6. Máquina Excavadora.</i></p>  <p data-bbox="852 943 1316 976">Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo.</p>
Año de fabricación	2007
Año de adquisición	2012
Horas de trabajo	13 993
Capacidad del depósito del aceite hidráulico	37.1 L - 9.8 GAL
Tipo de bomba hidráulica	Pistones

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.7. Breve descripción de máquina Excavadora Hyundai HX220S.

ACTIVO	EXCAVADORA
Marca	Hyundai HX220S
Fotografía	<p data-bbox="863 394 1305 427"><i>Figura 3.7. Máquina Excavadora.</i></p>  <p data-bbox="852 1171 1316 1205">Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo.</p>
Año de fabricación	2022
Año de adquisición	2022
Horas de trabajo	428
Capacidad del depósito del aceite hidráulico	37.1 L - 9.8 GAL
Tipo de bomba hidráulica	Pistones

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.8. Breve descripción de máquina Mini cargadora Caterpillar. 246C.

ACTIVO	MINI CARGADORA
Marca	Caterpillar 246C
Fotografía	<p data-bbox="837 392 1332 425"><i>Figura 3.8. Máquina Mini cargadora.</i></p>  <p data-bbox="853 1187 1316 1220">Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo.</p>
Año de fabricación	2007
Año de adquisición	2014
Horas de trabajo	8 324
Capacidad del depósito del aceite hidráulico	18.2 L – 4.8 GAL
Tipo de bomba hidráulica	Pistones

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.9. Breve descripción de máquina Mini cargadora Bobcat S175.

ACTIVO	MINI CARGADORA
Marca	Bobcat S175
Fotografía	<p data-bbox="837 392 1332 425"><i>Figura 3.9. Máquina Mini cargadora.</i></p>  <p data-bbox="853 1008 1316 1041">Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo.</p>
Año de fabricación	2007
Año de adquisición	2012
Horas de trabajo	6 963
Capacidad del depósito del aceite hidráulico	18.2 L – 4.8 GAL
Tipo de bomba hidráulica	Engranajes

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo.

Tabla 3.10. Breve descripción de volqueta Hino GH.

ACTIVO	VOLQUETA
Marca	Hino GH
Fotografía	<p data-bbox="826 392 1342 427"><i>Figura 3.10. Volqueta de carga pesada.</i></p>  <p data-bbox="852 1003 1316 1039">Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo.</p>
Año de adquisición	2010
Kilometraje de trabajo	155 498
Capacidad del depósito del aceite hidráulico	3.7 L – 1 GAL

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.11. Breve descripción de volqueta Hino GH.

ACTIVO	VOLQUETA
Marca	Hino GH
Fotografía	<p data-bbox="826 392 1342 427"><i>Figura 3.11. Volqueta de carga pesada.</i></p>  <p data-bbox="852 1084 1316 1120">Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo.</p>
Año de adquisición	2010
Kilometraje de trabajo	189 425
Capacidad del depósito del aceite hidráulico	3.7 L – 1 GAL

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

3.5. Tiempos de operatividad anual de las máquinas

Como bien se sabe, en maquinaria o equipos pesados se debe tener en cuenta las horas de trabajo a las cuales son sometidas estas, para llevar a cabo un oportuno mantenimiento preventivo.

En este caso, las máquinas existentes en esta empresa trabajan en promedio las horas anuales que a continuación se detallan:

Tabla 3.12. Promedio de horas anuales de trabajo retroexcavadoras.

MARCA	MODELO	HORAS TOTALES ACTUALES	AÑOS DE SERVICIO	PROMEDIO HORAS ANUALES
Case	580 N	13 843	9	1 538,11
	580 N	9 888	7	1 412,57
	580 SUPER M	8 834	8	1 104,25

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.13. Promedio de horas anuales de trabajo excavadoras.

MARCA	MODELO	HORAS TOTALES ACTUALES	AÑOS DE SERVICIO	PROMEDIO HORAS ANUALES
Caterpillar	320C	13 993	10	1 399,3
Hyundai	HX220S	428	0,5	214

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.14. Promedio de horas anuales de trabajo mini cargadoras.

MARCA	MODELO	HORAS TOTALES ACTUALES	AÑOS DE SERVICIO	PROMEDIO HORAS ANUALES
Caterpillar	246C	8 324	8	1 040,5
Bobcat	S175	6 963	10	696, 3

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.15. Promedio de horas anuales de trabajo volquetas.

MARCA	MODELO	KILÓMETROS TOTALES ACTUALES	AÑOS DE SERVICIO	PROMEDIO KILÓMETROS ANUALES
Hino	GH	155 498	12	12 958,17
Hino	GH	189 425	12	15 785,42

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Figura 3.12. Excavadora Hyundai y Volqueta Hino GH realizando trabajo de derrocamiento de una vivienda.



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

3.6. Descripción del estado de las máquinas

En la tabla 3.16, se encuentra descrito el estado actual de cada máquina tras la realización de una inspección visual con cada uno de los operarios de la empresa, por lo que a continuación se detallan las fallas más comunes encontradas en el sistema hidráulico de cada una de ellas.

Tabla 3.16. Resultados de una inspección visual de las máquinas marca Caterpillar.

MODELO	TIPO DE MÁQUINA	COMPONENTE O ELEMENTO	COMENTARIOS
Caterpillar 320C	Excavadora	Cilindro del cucharón	Estado normal de todo el sistema hidráulico, debido a su poco tiempo de operatividad en la empresa. (Anexo 1)
		Cilindro de la pluma	
		Cilindros del boom	
		Bomba principal	
		Bomba secundaria	
		Banco de válvulas del boom	
		Banco de válvulas del giro	
		Cañerías principales y de retorno	
		Filtros	
		Sellos	
Caterpillar 246C	Mini cargadora	Bomba principal	Fugas por los acoples de las cañerías en el cilindro del cucharón.
		Bomba secundaria	
		Cilindros del cucharón	
		Cañerías principales y de retorno	Mangueras de sistema de retorno resacas por el tiempo de uso. (Anexo 2 y Anexo 3)
		Filtros	
		Depósitos	
		Sellos	

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.17. Resultados de una inspección visual de las máquinas marca Case.

MODELO	TIPO DE MÁQUINA	COMPONENTE O ELEMENTO	COMENTARIOS
Case 580N	Retroexcavadora	Bomba principal	Fugas mínimas por acoples de las cañerías principales.
		Cilindros del frontal	
		Cilindros de la pluma	
		Cilindros de los estabilizadores	
		Cañerías principales y de retorno	Fugas por los cilindros de los estabilizadores. (Anexo 4 y Anexo 5)
		Filtros	
		Depósitos	
Case 580N	Retroexcavadora	Sellos	
		Bomba principal	Estado normal de todo el sistema hidráulico, debido a su poco tiempo de operatividad en la empresa. (Anexo 6)
		Cilindros del frontal	
		Cilindros de la pluma	
		Cilindros de los estabilizadores	
		Cañerías principales y de retorno	
		Filtros	
		Depósitos	
Sellos			
Case 580 Súper M	Retroexcavadora	Bomba principal	Fugas mínimas por las cañerías del cucharón.
		Cilindros del frontal	
		Cilindros de la pluma	
		Cilindros de los estabilizadores	
		Cañerías principales y de retorno	Rayones en los pistones de los cilindros hidráulicos, de la pluma y de los estabilizadores.
		Filtros	
		Depósitos	
		Sellos	

			Fugas por los cilindros de los estabilizadores. (Anexo 7 y Anexo 8)
--	--	--	--

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.18. Resultados de una inspección visual de las máquinas marca Bobcat.

MODELO	TIPO DE MÁQUINA	COMPONENTE ELEMENTO	COMENTARIOS
Bobcat S175	Mini cargadora	Bomba principal	Con 2 fugas en los sellos de los cilindros hidráulicos del cucharón.
		Bomba secundaria	
		Cilindros del cucharón	
		Cañerías principales y de retorno	
		Filtros	Mangueras un poco resacas por el tiempo de uso. (Anexo 9 y Anexo 10)
		Depósitos	
		Sellos	

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.19. Resultados de una inspección visual de las máquinas marca Hino.

MODELO	TIPO DE MÁQUINA	COMPONENTE ELEMENTO	COMENTARIOS
Hino GH 2010 (155 498 Km)	Volqueta	Bomba principal	Estado normal de todo el sistema hidráulico, debido a su poco tiempo de operatividad en la empresa.
		Cilindro hidráulico	
		Depósito	
		Sellos	
		Mangueras principales y de retorno	

		Cilindro del cucharón	
		Cilindro de la pluma	
		Cilindros del boom	
Hino GH 2010 (189 425 Km)	Volqueta	Bomba principal	Estado normal de todo el sistema hidráulico, debido a su poco tiempo de operatividad en la empresa. (Anexo 11)
		Cilindro hidráulico	
		Depósito	
		Sellos	
		Mangueras principales y de retorno	
		Cilindro del cucharón	
		Cilindro de la pluma	
		Cilindros del boom	

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 3.20. Resultados de una inspección visual de las máquinas marca Hyundai.

MARCA	TIPO DE MÁQUINA	COMPONENTE O ELEMENTO	COMENTARIOS
Hyundai HX220S	Excavadora	Bomba principal	Estado normal de todo el sistema hidráulico, debido a su poco tiempo de operatividad en la empresa. (Anexo 12)
		Bomba secundaria	
		Banco de válvulas del boom	
		Banco de válvulas del giro	
		Cañerías principales y de retorno	
		Filtros	
		Sellos	

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

3.7. Fallos más comunes del sistema hidráulico

Una vez realizada la inspección de la flota de maquinaria pesada que posee la empresa Fernández y Fernández Construc, en la Tabla 3.21, se detallan los fallos que estas presentan en los componentes del sistema hidráulico, lo cual permite tener un conocimiento más amplio y posibilita la creación de un informe técnico previo a la generación de una orden de trabajo.

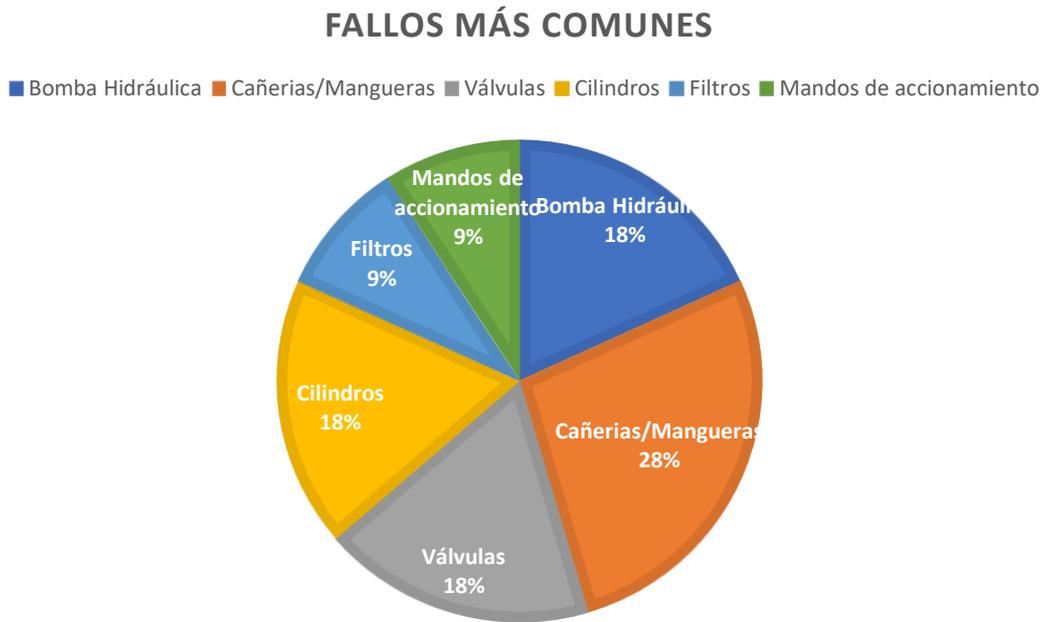
Tabla 3.21. Averías presentes en el sistema hidráulico de la flota de máquinas.

SISTEMA HIDRÁULICO	FALLOS
Bomba hidráulica	<ul style="list-style-type: none">• Desgaste interno por corrosión• Recalentamiento por falta de lubricación
Cañerías/ Mangueras	<ul style="list-style-type: none">• Deterioro por presencia de partículas contaminantes• Rotura por presiones elevadas• Rotura de uniones y acoples por torques elevados
Válvulas	<ul style="list-style-type: none">• Deterioro de los sellos de válvulas por presencia de impurezas• Fugas internas de aceite
Cilindros	<ul style="list-style-type: none">• Fuga externa de aceite por los retenedores• Fuga interna por los sellos del pistón
Filtros	<ul style="list-style-type: none">• Penetración de impurezas o partículas contaminantes
Mandos de accionamiento	<ul style="list-style-type: none">• Rotura de sellos del banco de válvulas, por mala manipulación de los mandos

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

De acuerdo a las averías encontradas en los componentes de cada una de las máquinas, se puede deducir que en la flota de maquinaria pesada de esta empresa los fallos más comunes están dados en los siguientes porcentajes:

Figura 3.13. Fallos más comunes en los componentes del sistema hidráulico



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

3.8. Aceite hidráulico utilizado en las máquinas

En el mercado se puede hallar una gran diversidad de aceites hidráulicos que pueden ser utilizados para las diferentes máquinas, pero es muy importante saber elegir cuál es el adecuado para satisfacer las necesidades de un sistema y así obtener un óptimo rendimiento del mismo. Por lo que en la empresa Fernández y Fernández Construc., los aceites que se utilizan en las diferentes máquinas son los siguientes: Aceite Hidráulico Rando 68 y Aceite Hidráulico HYDO Cat

3.8.1. Aceite hidráulico Rando 68

Uno de los tipos de aceite utilizados por la empresa Fernández y Fernández Construc en las diferentes máquinas es el Rando 68, ya que, este aceite tiene propiedades que ayudan a

conservar y prolongar la vida útil de los diferentes componentes que constituyen el sistema hidráulico. Los aceites Rando HD tienen diferentes usos, a continuación, se mencionan algunos de ellos:

- “Los aceites Rando HD ISO 10 y 22 pueden ser utilizados como lubricantes de ejes en donde los aceites libres de zinc no son un requerimiento.
- Los aceites Rando HD ISO 32, 46 o 68 son recomendados para:
- Bombas de tipo vane-, pistón-, o engranajes, especialmente en donde las presiones exceden 1000 psi.
- Compresores recíprocos ligeramente cargados Los aceites Rando HD ISO 100, 150, 220 o 320 se recomiendan para aplicaciones en donde se requieren aceites AGMA inhibidos contra herrumbre y oxidación:
- Engranajes de reducción en equipos hidráulicos en donde no se requiere de EP
- Chumaceras simples y antifricción.
- Sistemas de aceite circulante.”

(Rando ® HD-Continuación, s. f.)

3.8.2. Aceite hidráulico HYDO Cat

“Aceite tipo HYDO Cat se formula con un sistema equilibrado de aditivos. El sistema incluye los siguientes agentes: detergentes, inhibidores de herrumbre, agentes anti desgastes y antiespumantes. El aceite HYDO Cat ofrece las siguientes ventajas:

- Protección contra el desgaste mecánico.
- Desgaste corrosivo en sistemas hidráulicos.
- Desgaste en sistemas de transmisión hidrostática.
- El aceite HYDO Cat se debe usar para lograr la duración máxima y el rendimiento máximo de los componentes del sistema hidráulico y de las transmisiones hidrostáticas.
- El aceite HYDO Cat se recomienda en la mayoría de los sistemas hidráulicos y en la mayoría de los sistemas hidrostáticos.”

(Salazar et al., s. f.)

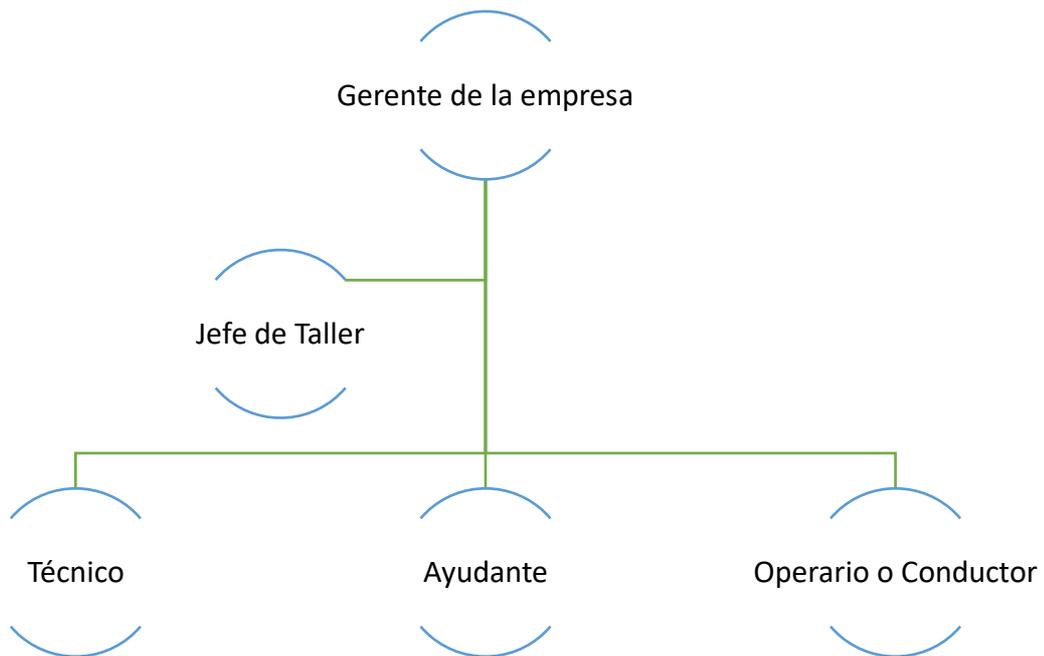
CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

4.1. Estructura Organizacional

La empresa Fernández y Fernández Construc no cuenta con una estructura organizacional, por lo cual, se propone que la misma disponga de personal que pueda brindar un oportuno mantenimiento preventivo a la flota de maquinaria pesada, que permita mantener una operatividad total en todas sus obras.

A continuación, se detallará el organigrama que se propone a la empresa para que, de acuerdo a ello, se pueda dar cumplimiento a las necesidades que se presenten en la misma.

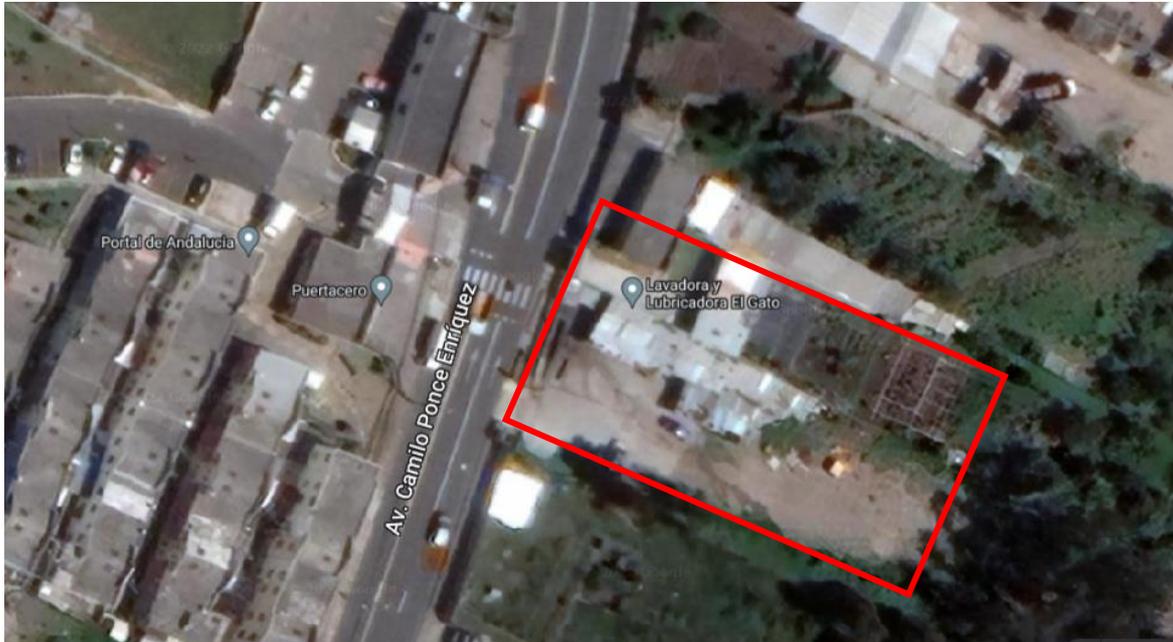


4.2. Espacio físico o instalaciones

La empresa Fernández y Fernández Construc, cuenta con un terreno que brinda las condiciones para que se pueda adaptar un taller propio en el cual se puedan desarrollar todos los procesos de mantenimiento preventivo de forma eficaz y segura de cada una de las

máquinas. El espacio se encuentra ubicado en la Avenida Ponce Enríquez y posee un tamaño de 1000 m².

Figura 3.14. Localización del terreno de la empresa Fernández y Fernández Construc.



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

4.3. Recursos

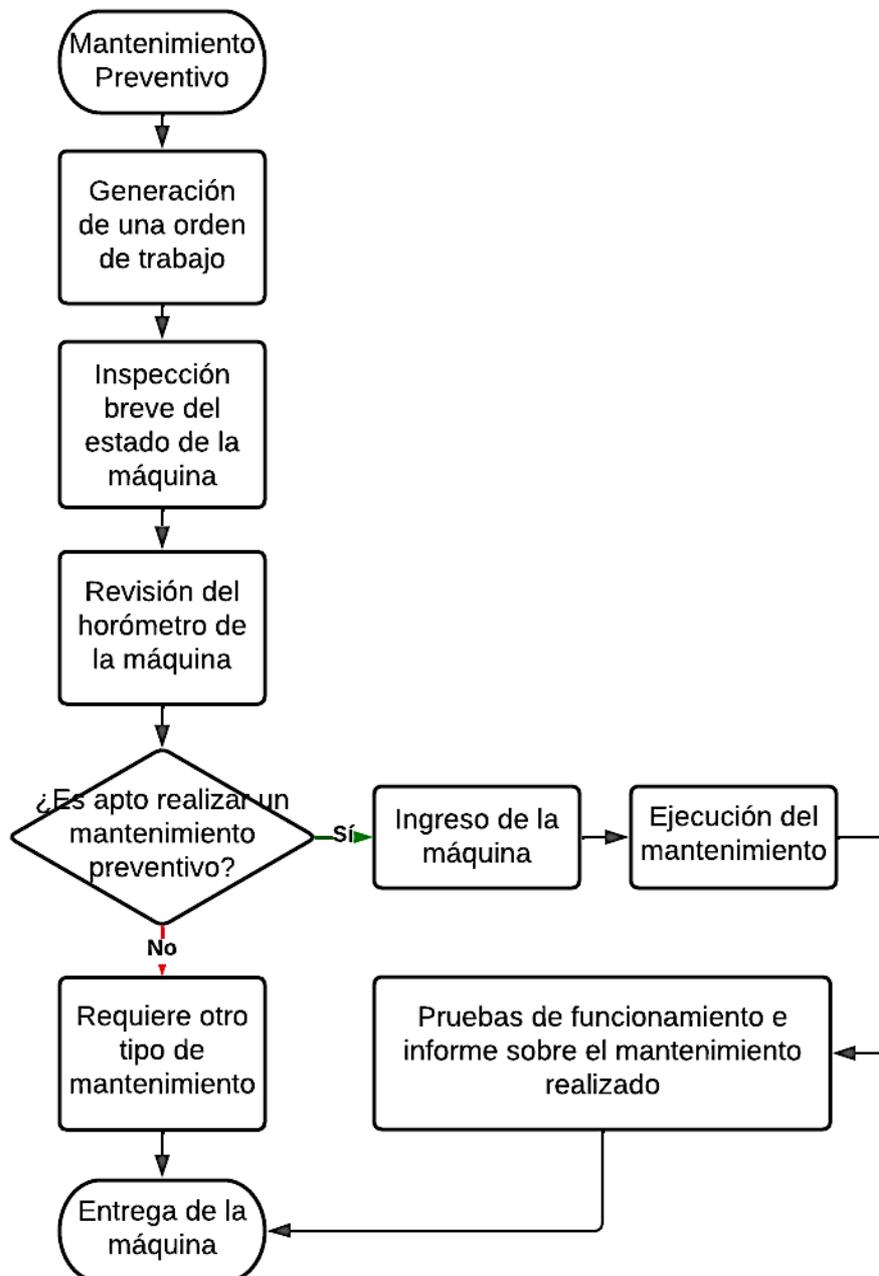
Para que el proceso de mantenimiento preventivo se pueda llevar a cabo, es necesario que la empresa, además de brindar capacitación constantemente a sus recursos humanos, en este caso a los trabajadores, también cuente con las herramientas y equipos necesarios que permitan ejecutar los mantenimientos preventivos que han sido programados previamente a las distintas máquinas.

4.4. Proceso del plan de mantenimiento preventivo

Para efecto de dar una óptima solución al problema existente en la empresa, se propone seguir el siguiente proceso para efectuar correctamente el mantenimiento preventivo en cada una de las máquinas, siempre y cuando estas lo requieran.

Mediante el siguiente diagrama de flujo, se muestran las actividades que se deben ejecutar para la correcta realización de un mantenimiento preventivo en el sistema hidráulico de la flota de maquinaria pesada existente en la empresa, tomando en consideración los elementos necesarios expuestos anteriormente.

Figura 3.15. Diagrama de flujo de las actividades a realizarse en un plan de mantenimiento preventivo



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

4.5. Diseño del plan de mantenimiento preventivo

Una vez realizada la inspección a cada una de las máquinas existentes en la empresa Fernández & Fernández Construc. se determinaron las fallas más comunes que se presentan en el sistema hidráulico de cada una de ellas y posteriormente de un exhaustivo análisis junto con los operarios de la empresa se realiza la propuesta de programación de un plan de mantenimiento de la siguiente manera:

Tabla 4.1. Plan de mantenimiento preventivo para una retroexcavadora.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: RETROEXCAVADORA						
TAREAS A REALIZARSE		INTERVALO EN HORAS				OBSERVACIONES
		500	1 500	2 500	3 000	
Inspecciones	Inspección de niveles de fluidos del depósito hidráulico.	X				Limpiar el filtro de separador de aire-aceite del depósito de aceite.
	Inspeccionar los pines y bocines de articulación.			X		
	Inspección de los filtros hidráulicos.	X				
	Inspección de las cañerías del sistema hidráulico.		X			
Cambios	Cambio de aceite del sistema hidráulico.		X			Revisar que no tenga fugas de aceite por el filtro.
	Cambio de los filtros del aceite hidráulico.		X			

	Cambio de las cañerías de la pluma.				X	
	Cambio de los retenedores de los cilindros hidráulicos				X	
	Cambio del kit de reparación de la bomba hidráulica.				X	
Lubricación	Cambio de los pines y bocines de la máquina.				X	Engrasar cada 20 horas de trabajo las articulaciones.
Revisión y/o Ajustes	Limpieza de todos los componentes del sistema hidráulico.	X				La presión de la bomba en buen estado va desde los 200 a 207 bar.
	Revisión de presión de la bomba hidráulica				X	
	Revisión de las válvulas hidráulicas			X		
	Revisión y ajuste de los mandos hidráulico			X		
Pruebas	Funcionamiento panel central	X				
	Funcionamiento del horómetro	X				
Varios	Cambio de filtro de combustible	-				Cambiar el filtro de combustible cada 250 horas de trabajo.
	Limpieza del filtro de aire	X				

	Revisión de la presión de los neumáticos	X				Antes de empezar la jornada laboral, revisar niveles de fluidos y presión de los neumáticos.
	Inspección de todo el sistema de luces	X				
	Cambio de cuchillas o uñas de las cucharas				X	

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 4.2. Programa de mantenimiento preventivo para una mini cargadora.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MINI CARGADORA						
TAREAS A REALIZARSE		INTERVALO EN HORAS				OBSERVACIONES
		500	1 500	2 000	3 000	
Inspecciones	Inspección de niveles de fluidos del depósito hidráulico.	X				Limpiar el filtro de separador de aire-aceite del depósito de aceite.
	Inspeccionar los pines y bocines de articulación.				X	
	Inspección de los filtros hidráulicos.			X		
	Inspección de las cañerías del sistema hidráulico.		X			
Cambios	Cambio de aceite del sistema hidráulico.		X			Revisar que no tenga fugas de aceite por el filtro.
	Cambio de los filtros del aceite hidráulico.		X			
	Cambio de las cañerías de la pala frontal.				X	
	Cambio de los retenedores de los cilindros hidráulicos				X	

	Cambio del kit de reparación de la bomba hidráulica.				X	
Lubricación	Cambio de todos los pines y bocines de la máquina.				X	Engrasar cada 20 horas de trabajo las articulaciones.
Revisión y/o Ajustes	Limpieza de todos los componentes del sistema hidráulico.	X				La presión de la bomba en buen estado va desde los 215 a 228 bar.
	Revisión de presión de la bomba hidráulica			X		
	Revisión de las válvulas hidráulicas			X		
	Revisión y ajuste de los mandos hidráulico		X			
Pruebas	Funcionamiento panel central	X				
	Funcionamiento del horómetro	X				
Varios	Reemplazar filtro de combustible	-				Cambiar el filtro de combustible cada 250 horas de trabajo.
	Limpieza del filtro de aire	-				
	Revisión de la presión de los neumáticos	X				Cambiar el filtro de aire cada 300 horas de trabajo.
	Inspección de todo el sistema de luces	X				

	Cambio de cuchillas o uñas de la cuchara				X	Antes de salir a la jornada laboral, revisar niveles de fluidos y presión de los neumáticos.
--	---	--	--	--	---	--

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 4.3. Programa de mantenimiento preventivo para una excavadora.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: EXCAVADORA						
TAREAS A REALIZARSE		INTERVALO EN HORAS				OBSERVACIONES
		500	2 000	3 000	5 000	
Inspecciones	Inspección de niveles de fluidos del depósito hidráulico.	X				Limpiar el filtro de separador de aire-aceite del depósito de aceite.
	Inspeccionar los pines y bocines de articulación.				X	
	Inspección de los filtros hidráulicos.		X			
	Inspección de las cañerías del sistema hidráulico.			X		
Cambios	Cambio de aceite del sistema hidráulico.		X			Revisar que no tenga fugas de aceite por el filtro.
	Cambio de los filtros del aceite hidráulico.		X			
	Cambio de las cañerías de la pluma.				X	
	Cambio de los retenedores de los cilindros hidráulicos				X	

	Cambio del kit de reparación de la bomba hidráulica.				X	
Lubricación	Cambio de los pines y bocinas de la máquina.				X	Engrasar cada 25 a 30 horas de trabajo las articulaciones.
Revisión y/o Ajustes	Limpieza de todos los componentes del sistema hidráulico.	X				La presión de la bomba en buen estado va desde los 335 a 340 bar.
	Revisión de presión de la bomba hidráulica				X	
	Revisión de las válvulas hidráulicas			X		
	Revisión y ajuste de los mandos			X		
Pruebas	Funcionamiento panel central	X				
	Funcionamiento del horómetro	X				
Varios	Reemplazar filtro de combustible	-				Cambiar el filtro de combustible cada 250 horas de trabajo.
	Limpieza del filtro de aire	X				
	Revisión de zapatas de oruga				X	Antes de salir a la jornada laboral, revisar niveles de fluidos.
	Inspección de todo el sistema de luces	X				
	Cambio de cuchillas o uñas de cuchara		X			

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Tabla 4.4. Programa de mantenimiento preventivo para una volqueta.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: VOLQUETA						
TAREAS A REALIZARSE		INTERVALO EN KILÓMETROS				OBSERVACIONES
		25 000	50 000	100 000	250 000	
Inspecciones	Inspección de niveles de fluidos del depósito hidráulico.	X				Limpiar el filtro de separador de aire-aceite del depósito de aceite
	Inspeccionar los pines y bocines de articulación.			X		
	Inspección de las cañerías del sistema hidráulico.		X			
Cambios	Cambio de aceite del sistema hidráulico.			X		
	Cambio de los retenedores del cilindro hidráulico				X	
	Cambio del kit de reparación de la bomba hidráulica				X	

Lubricación	Lubricación y engrase general de todos los pines y bocines	X				
Revisión y/o Ajustes	Limpeza de todos los componentes del sistema hidráulico.	X				Lavar la volqueta periódicamente y revisar si no hay fugas de aceites.
	Revisión de presión de la bomba hidráulica				X	
Varios	Limpeza del filtro de aire	X				
	Revisión de la presión de los neumáticos	X				
	Inspección de todo el sistema de luces	X				

Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

CONCLUSIONES

- La investigación permitió llegar a un análisis total del sistema hidráulico de la flota de maquinaria que tiene la empresa Fernández & Fernández Construc.
- De acuerdo al desarrollo del presente proyecto, se puede concluir que se tiene que purgar el aire que se encuentra presente en el sistema, después de haber realizado algún cambio de componente del sistema hidráulico.
- La mayoría de las máquinas de la empresa tienen un funcionamiento promedio del 98%, ya que, de acuerdo a las horas de trabajo que poseen de cada una de ellas, no presentan mayor desgaste en sus componentes, por lo que, un mantenimiento preventivo puede desarrollarse de una forma eficaz y eficiente.
- En las inspecciones físicas que se llevaron a cabo en la empresa Fernández & Fernández Construc. se pudo analizar el estado actual en el que se encuentran cada una de las máquinas, por consiguiente, se determinaron que las fallas leves son las cañerías en mal estado y las fallas más graves son las fugas de aceite por los retenedores de los pistones, con esto se podrá tener un mejor diagnóstico de la avería y así se dará una correcta solución al problema, logrando que la operatividad de la flota de maquinaria sea total.
- El trabajo de investigación fue desarrollado para que las máquinas no tengan paradas imprevistas y puedan cumplir con la jornada de trabajo sin ocasionar inconvenientes en su operatividad.
- Se concluye que es necesario tener un plan de mantenimiento para controlar cada máquina existente en la empresa, de acuerdo al trabajo al que sea sometida cada una de ellas.

RECOMENDACIONES

- Adquirir más herramientas y equipos especializados que sean útiles para realizar un adecuado mantenimiento de los diferentes componentes del sistema hidráulico.
- Tener mucha precaución cuando se efectúe un mantenimiento en el sistema hidráulico, ya que, el aceite llega a temperaturas muy elevadas y podría causar algún accidente.
- Capacitar a todo el personal de la empresa para poner en práctica todos los formatos de mantenimiento elaborados para el control de cada máquina.
- Ampliar y organizar la bodega donde se almacena los aceites, llantas, máquinas de limpieza y herramientas.
- Realizar una inspección visual general de la máquina antes y después de que esta se encuentre operativa.
- Se recomienda realizar periódicamente una limpieza general a toda la máquina, pero sobretodo a los componentes del sistema hidráulico para identificar si existe alguna fuga de aceite hidráulico por mal acople o rotura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Características del Mantenimiento Preventivo.* (s. f.). Recuperado 16 de enero de 2023, a partir de https://www.caracteristicasdel.com/negocios/caracteristicas_del_mantenimiento_preventivo.html
- Curva P-F: ¿Qué es y cómo usarla en mantenimiento? | Grupo ORS.* (s. f.). Recuperado 26 de diciembre de 2022, a partir de <https://grupoors.com.mx/2022/08/31/curva-p-f-que-es-y-como-usarla-en-mantenimiento/>
- Desgaste adhesivo - EcuRed.* (s. f.). Recuperado 16 de enero de 2023, a partir de https://www.ecured.cu/Desgaste_adhesivo
- Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador - Genealogía - FamilySearch Wiki.* (s. f.). Recuperado 17 de enero de 2023, a partir de https://www.familysearch.org/es/wiki/Distrito_Metropolitano_de_Quito,_Pichincha,_Ecuador_-_Genealog%C3%ADa
- Fatiga superficial - EcuRed.* (s. f.). Recuperado 16 de enero de 2023, a partir de https://www.ecured.cu/Fatiga_superficial
- Grajales, D. H. M., Ospina, C. M. G., & Tschiptschin, A. P. (2010). ESTUDIO DEL DESGASTE EROSIVO POR CAVITACIÓN DE UN ACERO AUSTENÍTICO DE ALTO NITRÓGENO APOYADO EN EL USO DE LA DIFRACCIÓN DE ELECTRONES RETROPROYECTADOS-EBSD. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 18(2), 235-243. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052010000200010>
- Hidráulica, Un mundo en aplicaciones - Maquinaria Carrán.* (s. f.). Recuperado 8 de diciembre de 2022, a partir de <https://www.maquinariacarran.cl/hidraulica-un-mundo-en-aplicaciones/>
- Madi Control S.L. - Componentes de los Sistemas Hidráulicos: Beneficios y ventajas de contar con un sistema hidráulico.* (s. f.). Recuperado 1 de enero de 2023, a partir de <https://www.madicontrol.com/componentes-sistemas-hidraulicos/>
- Mantenimiento preventivo.* (s. f.). Recuperado 16 de enero de 2023, a partir de <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1550>
- ¿Qué es el desgaste de maquinaria y cómo prevenirlo? - Antala Industria.* (s. f.). Recuperado 16 de enero de 2023, a partir de <https://www.antala.es/que-es-desgaste-maquinaria/>

- ¿Qué es el desgaste por corrosión y oxidación? Definición | Propiedades materiales.* (s. f.). Recuperado 16 de enero de 2023, a partir de <https://material-properties.org/es/que-es-el-desgaste-por-corrosion-y-oxidacion-definicion/>
- Qué es un sistema hidráulico, para qué sirve y cómo funciona.* (s. f.-a). Recuperado 26 de diciembre de 2022, a partir de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-hidraulico/>
- Qué es un sistema hidráulico, para qué sirve y cómo funciona.* (s. f.-b). Recuperado 16 de enero de 2023, a partir de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-hidraulico/>
- ¿Qué es un Sistema Hidráulico y cómo funciona? - BRR Binasa.* (s. f.). Recuperado 16 de enero de 2023, a partir de <https://brr.mx/que-es-un-sistema-hidraulico-y-como-funciona/>
- Rando ® HD-Continuación.* (s. f.).
- Salazar, J., Bonfils, A., & Legarreta, F. (s. f.). *EEST N° 1-SISTEMAS TECNOLOGICOS-3er año.*
- Tipos de desgaste en componentes del sistema hidráulico. - Gotoyard.* (s. f.). Recuperado 15 de diciembre de 2022, a partir de <https://gotoyard.com/tipos-de-desgaste-en-componentes-del-sistema-hidraulico/>
- TIPOS DE MANTENIMIENTO ¿CUÁNTOS Y CUÁLES SON?* (s. f.). Recuperado 16 de enero de 2023, a partir de <https://es.linkedin.com/pulse/tipos-de-mantenimiento-cu%C3%A1ntos-y-cu%C3%A1les-son-luis-felipe-sexto>

ANEXOS

Anexo 1. Inspección visual de excavadora Caterpillar 320C



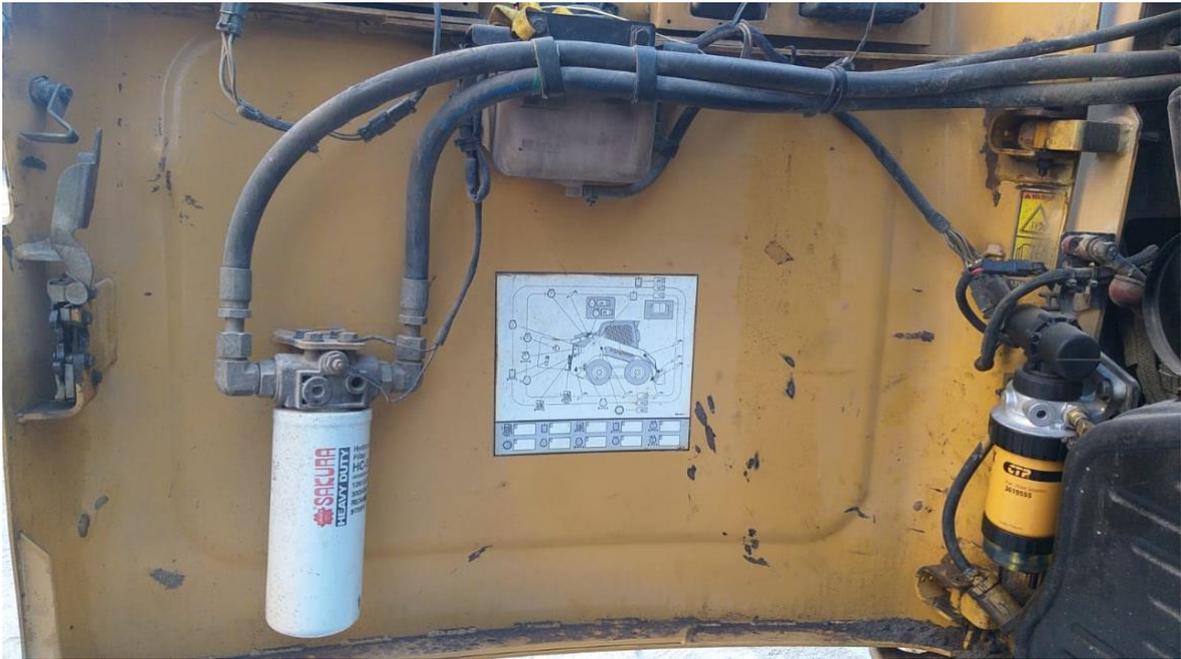
Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 2. Inspección visual de minicargadora Caterpillar 246C



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 3. Inspección visual de mini cargadora Caterpillar 246C



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 4. Inspección visual de retroexcavadora Case 580 N



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 5. Inspección visual de retroexcavadora Case 580 N



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 6. Inspección visual de retroexcavadora Case 580 N



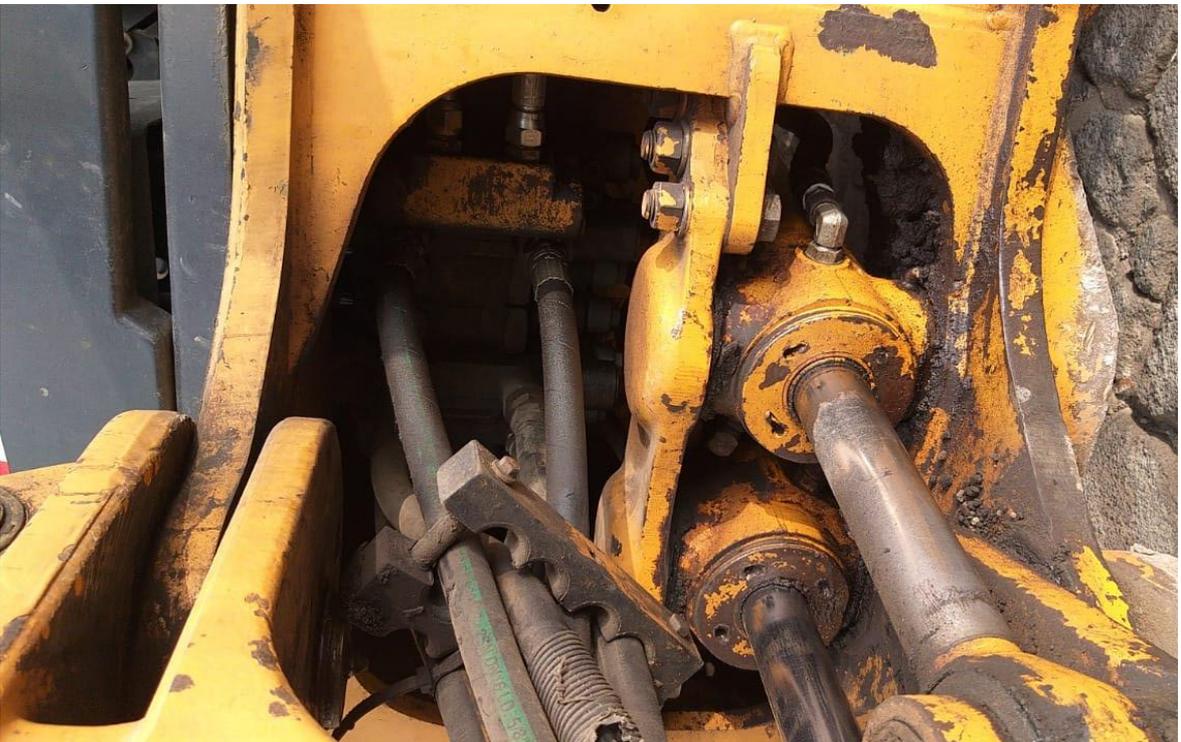
Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 7. Inspección visual de retroexcavadora Case 580 SUPER M



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 8. Inspección visual de retroexcavadora Case 580 SUPER M



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 9. Inspección visual de mini cargadora Bobcat S175



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 10. Inspección visual de mini cargadora Bobcat S175



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 11. Inspección visual de volqueta Hino GH



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo

Anexo 12. Inspección visual de excavadora Hyundai HXX220S



Fuente: Henry Paucar, Kevin Cobo