

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD DE LA MAQUINARIA PESADA DE LA
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSÉ DE
LOURDES, SAN IGNACIO, CAJAMARCA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

**Autores : Bach. Adael Arevalo Lizana
Bach. Joel Calle Chumacero**

**Asesor :Ing. Luis M. Llanos Sánchez
Ing. Pedro A. Saavedra Suárez**

JAÉN – PERÚ, NOVIEMBRE DE 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 18 de noviembre del año 2019, siendo las 17:20 horas, se reunieron los integrantes del jurado:

Presidente : **Mg. José Andrés Fernández Mera**

Secretario : **Mg. Mario Félix Olivera Aldana**

Vocal : **Dr. Deibi Eric García Campos**, para evaluar la Sustentación del Informe Final

- () Trabajo de investigación
(x) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

“Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San José de Lourdes, San Ignacio, Cajamarca”, presentado por el Bachiller **Adael Arevalo Lizana** y el Bachiller **Joel Calle Chumacero**, de la Carrera Profesional de **Ingeniería Mecánica y Eléctrica** de la Universidad Nacional de Jaén.

(x) Aprobar () Desaprobar (x) Unanimidad () Mayoría


Con la siguiente mención:

- | | | |
|---|------------|------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| <input checked="" type="radio"/> d) Regular | 13 | (13) |
| e) Desaprobado | 12 o menos | () |

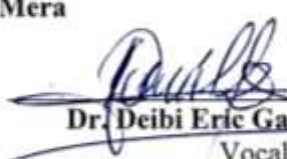
Siendo las 18:40 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Mg. José Andrés Fernández Mera
Presidente



Mg. Mario Félix Olivera Aldana
Secretario



Dr. Deibi Eric García Campos
Vocal

DEDICATORIA

Esta tesis se lo dedico a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí y por darme salud para lograr mis objetivos.

A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional que me brindaron y por darnos la fuerza que nos motivó a superarnos, permitiendo que logre culminar mi carrera profesional y todo este trabajo ha sido gracias a ellos.

Adael Arevalo lizana

Esta tesis se lo dedico a mis padres, a mis hermanos, a Dios por darme la salud y por regalarme la vida.

A todos los docentes quienes día a día con sus experiencias y conocimientos hicieron que aprendamos cosas nuevas, gracias por inculcar una cultura humanística.

Joel Calle Chumacero

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de Jaén, a toda la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, a todos los catedráticos, quienes con sus enseñanzas de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesionales, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Al mismo tiempo a la Municipalidad de San José de Lourdes por brindarnos todas las facilidades para la realización de este proyecto de tesis.

Por otro lado, a los asesores el Ing. Luis M. Llanos Sánchez e Ing. Pedro A. Saavedra Suárez, por su valiosa colaboración y apoyo durante la realización de esta investigación y a todas las personas que de alguna manera contribuyeron para la feliz culminación de este proyecto.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	13
II.	OBJETIVOS	16
2.1.	Objetivo General	16
2.2.	Objetivos específicos	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1.	Objeto de estudio	17
3.2.	Materiales	17
3.1.1.	Equipos	17
3.1.2.	Software	17
3.1.3.	Material de Campo	17
3.1.4.	Materiales de oficina	17
3.3.	Metodología	17
3.1.5.	Diagnóstico del estado situacional.	20
3.1.6.	Analizar el nivel de criticidad de cada uno de los equipos más críticos	21
3.1.7.	Determinación de los parámetros estadísticos	22
3.1.8.	Determinación de la confiabilidad según sistemas o subsistemas de los equipos más críticos	23
3.1.9.	Determinar el análisis económico de las maquinas más criticas	25
3.1.10.	Propuesta de las actividades de mantenimiento	31
IV.	RESULTADOS	33
4.1.	Diagnóstico del estado actual de la maquinaria	33
4.1.1.	Evaluación problemática de los equipos	34
4.1.2.	Proceso administrativo	35
4.1.3.	Análisis de los mantenimientos desarrollados	35
4.2.	Evaluación de la criticidad de los equipos	40

4.2.1.	Criticidad general de las maquinas	40
4.2.2.	Criticidad especifica por maquina	44
4.3.	Evaluación de la confiabilidad de los sistemas críticos por máquina, basada en el historial de fallas.....	51
4.3.1.	Cálculo de confiabilidad para el cargador frontal Komatsu WA-180.....	51
4.3.2.	Cálculo de confiabilidad para el cargador frontal Komatsu WA-200.....	58
4.3.3.	Cálculo de confiabilidad para el tractor sobre oruga CAT D7G.	61
4.3.4.	Cálculo de confiabilidad para la motoniveladora CAT -120K.....	64
4.3.5.	Cálculo de confiabilidad para la motoniveladora KOMATSU GD-511A	66
4.4.	Evaluación económica y financiero.	69
4.4.1.	Análisis de costo totales	70
4.4.2.	Análisis de costos del cargador frontal Komatsu WA-180.	71
4.4.3.	Análisis de costos Cargador Frontal Komatsu WA-200	87
4.4.4.	Análisis de costos Motoniveladora Caterpillar 120K.....	93
4.4.5.	Análisis de costos Motoniveladora Komatsu GD-511A	99
4.4.6.	Análisis de costos Tractor sobre Oruga Caterpillar D7G	106
4.4.7.	Análisis de costos Tractor sobre Oruga Caterpillar D7G; Error! Marcador no definido.	
4.5.	Elaborar de la propuesta del plan de mantenimiento	119
4.5.1.	Programa de mantenimiento	119
V.	DISCUSIÓN.....	142
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	144
6.1.	Conclusiones.....	144
6.2.	Recomendaciones	145
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	147
VIII.	ANEXOS	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estrategias de mantenimiento.....	32
Tabla 2 Frecuencia de la estrategia de mantenimiento.....	33
Tabla 3 Tipo de acción asociada a la estrategia de mantenimiento.....	33
Tabla 4 Estrategia de mantenimiento según nivel de criticidad	33
Tabla 5 Descripción de equipos operativos.....	35
Tabla 6 Clasificación de criticidad-característica crítica.....	42
Tabla 7 Clasificación de criticidad-característica importante	42
Tabla 8 Clasificación de criticidad-característica importante	43
Tabla 9 criticidad de las máquinas, etapa de vida	44
Tabla 10 Condiciones de criticidad de los equipos	456
Tabla 11 Evaluación de criticidad el cargador frontal Komatsù WA-180	467
Tabla 12 Evaluación de criticidad cargador Komatsù WA-200.....	48
Tabla 13 Evaluación de criticidad Motoniveladora CAT 120K.....	489
Tabla 14 Evaluación de criticidad de Motoniveladora Komatsù GD-511A	50
Tabla 15 Evaluación de Criticidad del Tractor Sobre Orugas CAT D7G.....	51
Tabla 16 Registro de fallas sistema hidráulico Cargador Frontal Komatsù WA-180.....	52
Tabla 17 Valores obtenidos mediante weibull-Sistema Hidráulico	53
Tabla 18 Valores de los Parámetros para el sistema hidráulico Cargador Frontal Komatsù WA-180	54
Tabla 19 Valores de confiabilidad y fallos mediante Weibull (horas) - Sistema Hidráulico	54
Tabla 20 Valores de confiabilidad y fallos mediante Weibull (Fallos)-Sistema Hidráulico.....	55
Tabla 21 Registro de fallas sistema eléctrico Cargador Frontal Komatsù WA-180	556
Tabla 22 Valores de los Parámetros para el sistema eléctrico Cargador Frontal Komatsù WA-180	556
Tabla 23 Valores obtenidos mediante weibull -sistema Eléctrico Cargador Frontal Komatsù WA-180.....	567
Tabla 24 Valores de Confiabilidad y Fallos Mediante Weibull (horas) –Sistema Eléctrico	57
Tabla 25 Registro de fallas sistema de inyección Cargador Frontal Komatsù WA-200... ..	589
Tabla 26 Valores obtenidos mediante Weibull-Sistema de Inyección	589

Tabla 27 Valores de los Parámetros para el sistema inyección Cargador Frontal Komatsu WA-200	60
Tabla 28 Valores de confiabilidad y fallos mediante Weibull (Horas) –Sistema de inyección.....	60
Tabla 29 Registro de fallas sistema hidráulico del tractor sobre oruga CAT D7G	62
Tabla 30 Valores obtenidos mediante weibull-sistema hidráulico	62
Tabla 31 Valores de los Parámetros para el sistema hidráulico del tractor sobre oruga CAT D7G	63
Tabla 32 Valores de confiabilidad y fallos mediante Weibull (horas) –Sistema Eléctrico .	63
Tabla 33 Registro de fallas del sistema no suspendido de la Motoniveladora CAT-120K.	65
Tabla 34 Valores de los Parámetros para el sistema no suspendido de la Motoniveladora CAT-120K.....	65
Tabla 35 Valores e confiabilidad y fallos mediante Weibull- Sistema de no Suspensión	656
Tabla 36 Registro de fallas del sistema giratorio de la tornamesa de la Motoniveladora Komatsú GD-511A.....	667
Tabla 37 Valores obtenidos mediante Weibull- Sistema de rotación de la Tornamesa	678
Tabla 38 Valores de los parámetros para el sistema giratorio de la tornamesa de la Motoniveladora Komatsú G-511A	678
Tabla 39 Valores de confiabilidad y fallos mediante Weibull- Sistema giratorio de la tornamesa.....	689
Tabla 40 Costos ejecutados y horas trabajadas correspondientes enero - diciembre del 2018	71
Tabla 41 Costos ejecutados y horas trabajadas desde los meses enero - agosto del 2019 ..	71
Tabla 42 Coeficiente de mantenimiento	756
Tabla 43 Costos unitarios de consumibles aceites, grasa, filtros.....	778
Tabla 44 Costos unitarios de Consumibles aceites, grasa, filtros.....	844
Tabla 45 Costo mantenimiento de cargador frontal komatsú WA-180 proyectada en 10 años se considera como ingreso	85
Tabla 46 Costo mantenimiento de cargador frontal nuevo proyectado en 10 años se considera como egreso.....	866
Tabla 47 Costos flujos de caja para determinar el VAR y TIR.....	866
Tabla 48 Costos unitarios de consumibles aceites, grasa, filtros.....	92

Tabla 49 Costos unitarios de consumibles aceites, grasa, filtros Motoniveladora Caterpillar 120K	988
Tabla 50 Consumibles aceites, filtros, grasas de la Motonivelado Komatsú GD-511A ...	104
Tabla 51 Evaluación de costos unitarios Tractor sobre orugas CAT D7G	11110
Tabla 52 Costo mantenimiento del tractor sobre oruga Caterpillar D7 proyectada en 10 años se considera como ingreso	1186
Tabla 53 Costo mantenimiento de cargador frontal nuevo proyectado en 10 años se considera como egreso.....	1186
Tabla 54 Costos flujos de caja para determinar el VAN y TIR.....	1197
Tabla 55 Actividades de mantenimiento	1208
Tabla 56 Designación de funciones	1208
Tabla 57 Programación de mantenimiento para Cargador Frontal.....	1219
Tabla 58 Programación de mantenimiento para Motoniveladora	12523
Tabla 59 Programación de mantenimiento para Tractor sobre Oruga CAT D7G.....	1297

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases de la investigación.....	20
Figura 2. Requerimiento de maquinaria enero - setiembre 2018	21
Figura 3. Matriz de criticidad	22
Figura 4. Vida útil de los materiales.....	25
Figura 5. Procedimiento de servicios y compras-Requerimientos	356
Figura 6. Procedimiento de servicios o compras.....	356
<i>Figura 7. Análisis de los tipos de mantenimientos</i>	<i>367</i>
<i>Figura 8. Mantenimiento preventivo cambio de filtros – Cargador frontal Komatsú WA-180</i>	<i>367</i>
<i>Figura 9. Mantenimiento Preventivo cambio de filtro de aire - Motoniveladora Caterpillar 120K</i>	<i>378</i>
<i>Figura 10. Mantenimiento Preventivo cambio de filtro de aire-Motoniveladora Caterpillar 120K</i>	<i>389</i>
<i>Figura 11. Falla en el codo de tubería de aire, funcionando a altas temperatura.....</i>	<i>389</i>
<i>Figura 12. Falla en el codo de tubería de aire, funcionando a altas temperatura.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 13. Mantenimiento Correctivo de Motoniveladora Komatsu GD-551A.....</i>	<i>40</i>
Figura 14. Mantenimiento Correctivo Tractor Sobre Oruga CAT D7G	41
Figura 15. Grafica weibull sistema hidráulico.....	55
<i>Figura 16. Grafica Weibull Sistema Eléctrico cargador frontal WA-180</i>	<i>58</i>
Figura 17. Grafica Weibull Sistema de inyección cargador frontal WA-200	61
Figura 18. Grafica Weibull Sistema hidráulico tractor sobre oruga CAT D7G.....	64
Figura 19. Grafica Weibull Sistema hidráulico tractor sobre oruga CAT D7G	656
Figura 20. Grafica Weibull Sistema giratorio de la tornamesa Motoniveladora Komatsú GD-511A	689
Figura 21. Orden de trabajo.....	13634
Figura 22. Orden de trabajos externos.....	13735
Figura 23. Orden de repuestos	1386
Figura 24. Ficha del historial de fallas	1397
Figura 25. Ficha de ingreso al almacén	1408
Figura 26. Ficha de control del consumo de combustible	1419

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se propone un mantenimiento basado en RCM, para la gestión de mantenimiento en la maquinaria pesada perteneciente a la municipalidad distrital de San José de Lourdes. Con el propósito de mantenerla en óptimas condiciones de operatividad, se realiza esta investigación, que inicia con el diagnóstico de la situación actual mediante la revisión de documentos, entrevistas y visitas a campo, proseguimos con el análisis de criticidad de equipos, basado en 5 aspectos que lo veremos en la tabla 13, de igual forma obtenemos los parámetros estadísticos con la ayuda del software Excel, posteriormente determinaremos la confiabilidad de los equipos más críticos, utilizando el método weibull, para complementar el aspecto técnico, este lo contrastaremos con el análisis económico para ver los costos de la maquinaria más crítica, concluyendo con la propuesta del plan de mantenimiento aplicando la filosofía del RCM. Por consiguiente se logra máquinas confiables, listas para entregar un trabajo; durante un periodo de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. Procurando que su vida útil sea la máxima posible al mínimo costo de operación, por otra parte el ahorro en tiempo y dinero, hacen que la maquinaria llegue a más lugares, forjando el anhelado desarrollo en este distrito. Como resultado de esta investigación se obtiene que: la confiabilidad disminuye considerablemente con el transcurso del tiempo, de este modo hemos encontrado que el sistema menos confiable es el hidráulico del cargador frontal Komatsu WA-180, con un total de 54.5455 horas de vida media; el más confiable es el de inyección del cargador frontal komatsu WA-200, haciendo un total de 178 horas de vida media. En la evaluación de costos arroja que el cargador frontal komatsu WA-180, no es rentable mantenerlo en servicio, este al momento de invertir un sol se estaría perdiendo S/ 0.41.

Palabras claves: Mantenimiento, Confiabilidad, Criticidad, RCM.

ABSTRACT

This thesis work proposes a maintenance based on RCM, for the management of maintenance in heavy machinery belonging to the district municipality of San José de Lourdes. With the purpose of keeping it in optimal operating conditions, this investigation is carried out, which begins with the diagnosis of the current situation by reviewing documents, interviews and field visits, we continue with the analysis of equipment criticality, based on 5 aspects that we will see in table 13, in the same way we obtain the statistical parameters with the help of Excel software, later we will determine the reliability of the most critical equipment, using the weibull method, to complement the technical aspect, this we will contrast it with the economic analysis to see the most critical machinery costs, concluding with the maintenance plan proposal applying the RCM philosophy. Consequently, reliable machines are achieved, ready to deliver a job; for a pre-established period, under standard operating conditions. Seeking that its useful life is the maximum possible at the minimum cost of operation, on the other hand the saving in time and money, make the machinery reach more places, forging the desired development in this district. As a result of this investigation it is obtained that: the reliability diminishes considerably with the course of the time, in this way we have found that the less reliable system is the hydraulics of the frontal loader Komatsú WA-180, with a total of 54.5455 hours of half-life; The most reliable is the injection of the Komatsu WA-200 front loader, making a total of 178 hours of half-life. In the evaluation of costs, the Komatsu WA-180 front loader shows that it is not profitable to keep it in service, at the time of investing a sun it would be losing S / 0.41.

Keywords: Maintenance, Reliability, Criticality, RCM.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mantenimiento ha cambiado quizás mayor que cualquier otra disciplina, estos cambios se deben principalmente a que los diseños de las maquinas son complejas y requieren nuevos métodos de mantenimiento, las empresas privadas como la minería ya están adoptando métodos de mantenimiento como el RCM.

El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) según Rodríguez (2016) define que “es una filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema” (p.30).

En el RCM también tenemos que ver con la confiabilidad según Montenegro (2017) define que “es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar durante un periodo determinado, bajo condiciones específicas” (p.28).

El presente trabajo de investigación se realizó en la Municipalidad Distrital de San José de Lourdes, entidad dedicada a promover el desarrollo local. La maquinaria adquirida es usada en diferentes obras como: Mantenimientos periódicos (carreteras y caminos), apoyos comunales, infraestructura, etc. En tiempo de lluvias se producen deslizamientos de tierra, inundaciones, es por ello que la maquinaria pesada juega un rol muy importante, para ello se requiere que se encuentre operativa y confiable, disponible cuando se presenten estas emergencias para la reconstrucción de las zonas afectadas.

La Municipalidad Distrital de San José de Lourdes, tiene un área de maquinaria y equipos que carece de un plan de mantenimiento, el mantenimiento que se realiza es debido a la circunstancias; esto quiere decir que los mantenimientos no son planificados, utilizándose de esa manera mantenimientos correctivos no planificados; sin tareas definidas, no se tiene en cuenta las recomendaciones del fabricante.

Todo esto origina fallas en la maquinaria, los repuestos o accesorios para reparar la maquinaria no se encuentran disponibles; hay que pedirlos a los proveedores que tardan más de 20 días en llegar causando la paralización de la maquinaria ocasionando grandes pérdidas y elevación de costos.

En ese sentido, el presente proyecto se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo será un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San José de Lourdes?

Para dar respuesta a esta interrogante se plantea la siguiente hipótesis: con un plan de mantenimiento se mejoraría la confiabilidad de la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San José de Lourdes. Debido a ello genera una gran importancia de estudio, esto permitirá detectar fallas más relevantes, de los componentes. Para dar solución a esta problemática se inicia con el estudio de parámetros de mantenimiento y confiabilidad; este está relacionado con los fallos, obtenido en función al tiempo de vida de los elementos.

Los parámetros de mantenimientos nos permiten determinar en qué periodo de tiempo esas fallas van a tomar relevancia; en consecuencia la planificación será en un tiempo prudente, evitando al máximo las demoras por reparación. Proporcionando una mayor disponibilidad en la maquinaria.

Como antecedentes a esta investigación podemos hacer referencia a Salas (2012) su estudio indica que es necesario controlar y evaluar el desempeño de todos los activos en la municipalidad para homogenizar un plan de mantenimiento del municipio, esto es sumamente importante para que las actividades no se acumulen en algunas semanas. Es importante plantear un propósito para el seguimiento y control de los indicadores de gestión, para esta sea eficaz y permita tomar acciones anticipadas y cumplir con el propósito planificado.

García & María(2007) que en su tesis señala que un plan de mantenimiento preventivo adecuadamente diseñado, debe tener como soporte catálogos según el fabricante, manuales técnicos, manuales de mantenimiento, recomendaciones establecidos por el fabricante u otras fuentes de información veraz; con la finalidad de disminuir las acciones de mantenimiento correctivo y de esta manera asegurar la disponibilidad y funcionabilidad de la maquinaria o equipos, de esta forma se logran las exigencias de la industria internacional establecidos en los estándares de calidad.

Diestra, Esquiviel, & Guevara (2017) que en su tesis manifiestan que el plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, que se ajuste a la necesidad operacionales de la empresa. Primeramente se realiza un diagnóstico situacional de las maquinas con mayor uso, recolectando información referente al tipo de mantenimiento que se realiza actualmente; características y funcionamiento de las máquinas que realizan una función del contexto operacional.

Contreras (2016) se basó en la aplicación del RCM que superó el target mínimo de 81% de la disponibilidad mecánica, mejorando un 7.9% la disponibilidad mecánica del promedio máximo antes de la aplicación el RCM con respecto al promedio mínimo después de la aplicación del RCM. Expone las fallas críticas y a la importancia de mejorar el estudio de la criticidad de los equipos para incrementar la vida útil de componentes mayores y menores.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la maquinaria pesada de la Municipalidad distrital de San José de Lourdes, San Ignacio, Cajamarca.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del estado situacional de la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San José de Lourdes.
- Analizar el nivel de criticidad de cada una de las fallas identificadas en los equipos más críticos.
- Determinar los parámetros estadísticos del mantenimiento en función de las fallas de la maquinaria pesada.
- Determinar la confiabilidad en función de los equipos más críticos.
- Determinar el análisis económico de las maquinas más críticas.
- Diseñar las actividades de mantenimiento de la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San José de Lourdes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Objeto de estudio

El presente trabajo tuvo como objeto de estudio a la maquinaria pesada, administrada por la municipalidad distrital de San José de Lourdes, dedicada a promover el desarrollo de los habitantes que la componen, provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca. Cuya dirección departamento de Cajamarca. Cuya dirección fiscal en el jirón Tacna N° 104.

3.2. Materiales

Para lograr nuestros objetivos de este trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

3.1.1. Equipos

Laptop

Casco

Cámara fotográfica

Calculadora

3.1.2. Software

Software Statgraphics XVII.2

Microsoft Word 2016

Microsoft Excel 2016

Mendeley Desktop

3.1.3. Material de Campo

Lapiceros

Equipo de Protección Personal (EPP)

Libreta de apuntes

3.1.4. Materiales de oficina

Libros

Internet

Impresora

3.3. Metodología.

La investigación descriptiva. Rodríguez (2016) define: “es una forma de describir e interpretar la naturaleza de los fenómenos, trabajando directamente sobre realidades

y hechos y sus características fundamentales, recolectando la información necesaria”. Esta investigación se hizo del tipo descriptivo debido a que se podrá describir, registrar, examinar, analizar e interpretar las actividades que se llevan a cabo en la unidad de mantenimiento de los equipos pesados de la Municipalidad Distrital de San José de Lourdes. Con la finalidad de llevar a cabo la gestión del mantenimiento óptimo y confiable.

a. Población

Maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San José de Lourdes

b. Muestra

Flota de 10 máquinas pesadas de la municipalidad distrital de San José de Lourdes. La población y la muestra coinciden pues corresponde con el 100 % de la maquinaria de la municipalidad.

c. Variable

- **Variable independiente**

Plan de mantenimiento de la maquinaria pesada.

- **Variable dependiente**

Confiabilidad de la maquinaria pesada en la municipalidad distrital de San José de Lourdes.

d. Tipo de investigación

Descriptivo porque vamos a describir, registrar, examinar, analizar e interpretar las actividades que se llevan a cabo en la unidad de mantenimiento de los equipos pesados de la Municipalidad Distrital de San José de Lourdes.

e. Diseño de la investigación

No experimental debido a que no hay manipulación de la variable independiente; simplemente se procedió a realizar observaciones de las situaciones y fallas de los diferentes sistemas que componen las máquinas pesadas de la municipalidad distrital de San José de Lourdes.

La metodología utilizada para la investigación del plan de mantenimiento aplicando la metodología del RCM, para la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San José de Lourdes, para efectuar los objetivos planteados será preciso comprender las siguientes fases:

- Diagnóstico de la situación actual.

- Analizar el nivel de criticidad de cada uno de las fallas de la maquinaria y sus sistemas.
- Determinación de los parámetros estadísticos según las fallas de la maquinaria pesada.
- Determinación de la confiabilidad según sistemas o subsistemas más críticos.
- Determinar el análisis económico de las maquinas más críticas.
- Propuesta las actividades del mantenimiento.

En la siguiente figura se observa las fases para la realización de esta investigación.

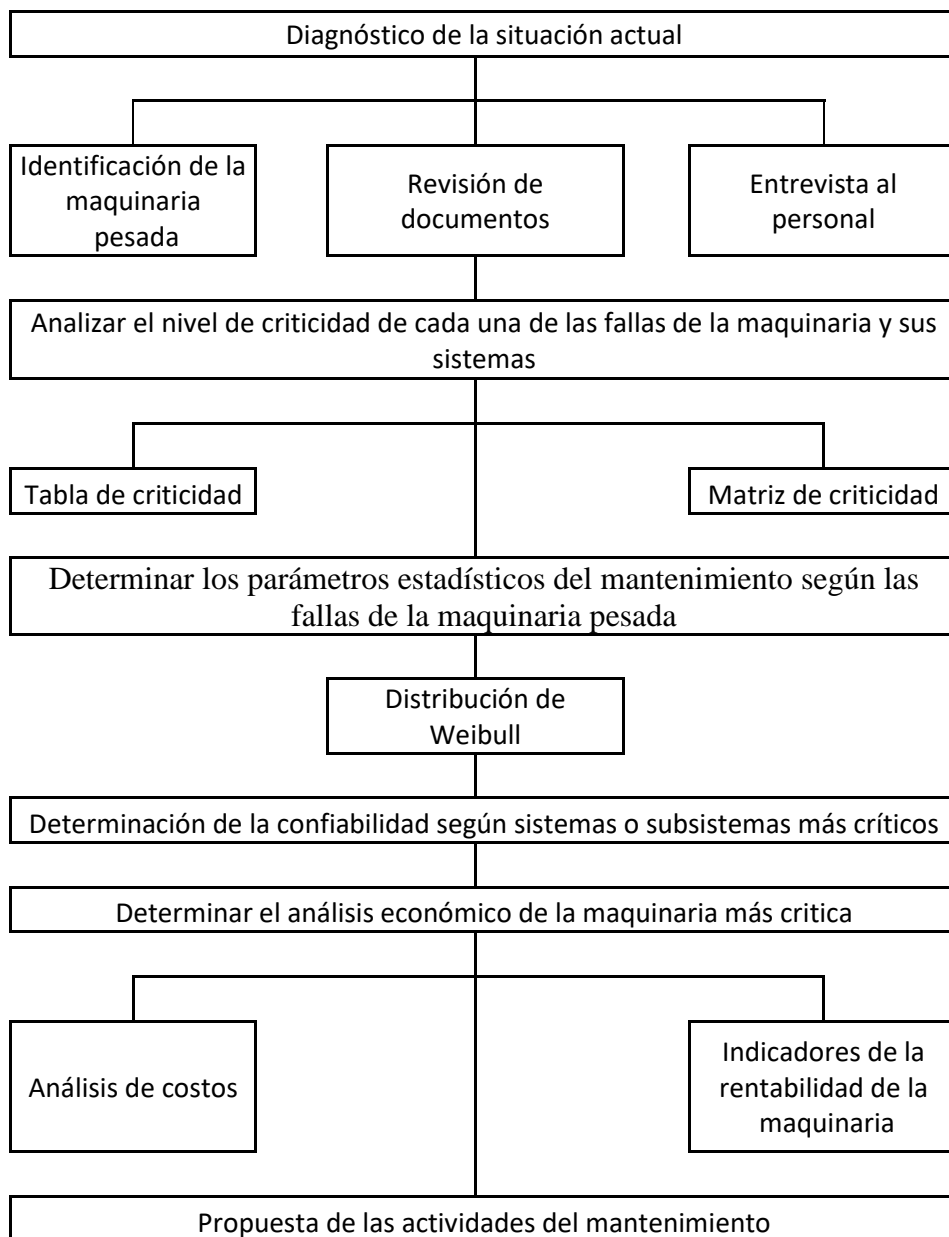


Figura 1. Fases de la investigación

3.1.5. Diagnóstico del estado situacional.

3.1.5.1. Identificación de la maquinaria pesada

Acá identificamos el poll de maquinaria pesada con los que cuenta la Municipalidad Distrital de San José de Lourdes. En la tabla 5 se presenta toda la maquinaria pesada.

3.1.5.2. Revisión de documentos

La municipalidad de San José de Lourdes posee información en archivadores del control de la maquinaria pesada, el cual serán proporcionadas mediante copias para luego almacenarlo en los registros de Excel para su análisis.



Figura 2. Requerimiento de maquinaria enero - setiembre 2018

Fuente. Data Municipalidad de San José de Lourdes

3.1.5.3. Entrevista al personal

Se realizará entrevista al jefe de maquinaria pesada, equipo técnico y operadores de la maquinaria pesada, para obtener testimonios, opiniones, considerando la experiencia de cada operador; con ello se localiza el estado actual del mantenimiento y condiciones de la maquinaria pesada para conocer la problemática del mantenimiento.

3.1.6. Analizar el nivel de criticidad de cada una de las fallas de la maquinaria y sus sistemas

El análisis de la criticidad es una herramienta que nos va a permitir establecer los niveles jerárquicos de la maquinaria pesada más importante, con la finalidad de optimizar su funcionamiento mediante la mejora de su mantenimiento. El análisis de criticidad lo evaluaremos de la siguiente manera:

- Tabla de Criticidad

Los factores de cada uno de los criterios empleados para obtención de la criticidad; al ser evaluados por la teoría del riesgo, se presentan en la tabla 10. Labra (2018), nos especifica que:“esta metodología propuesta, es una herramienta bastante sencilla que está basada en la teoría del Riesgo”.Lo cual se encontrara de la siguiente manera:

Riesgo : Frecuencia x Consecuencia

Frecuencia : Numero de fallas en un tiempo determinado

Consecuencia :((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos Mtto. + Impacto SAH)

- Matriz de criticidad

La matriz de criticidad nos permite jerarquizar los sistemas en tres áreas lo cual mostraremos a continuación:

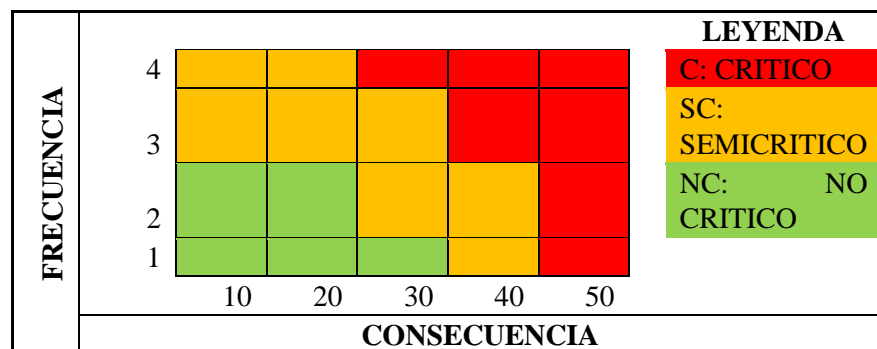


Figura 3. Matriz de criticidad

Fuente. Labra (2018)

3.1.7. Determinación de los parámetros estadísticos del mantenimiento según las fallas de la maquinaria pesada

Para hablar de la determinación de los parámetros primero tenemos que comprender la distribución de Weibull que hablaremos a continuación.

– Distribución de Weibull

Según Labra (2018), manifiesta que: “Esta distribución de Weibull permitirá estudiar la distribución de fallos de un componente clave de seguridad que nos va pretender controlar y que a través de un registro de fallos observamos que éstos varían a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso” (p.56).

Es una distribución de probabilidad continúa en la cual nos permite determinar los tiempos entre las fallas, por ende es una herramienta muy utilizada en el campo de la confiabilidad; está básicamente dividido en tres factores claves para la matematización de la confiabilidad. Estos se pueden conocer como los tres parámetros esenciales que pueden estar representados con cualquier letra griega, sin embargo se debe tener en cuenta la congruencia con las fórmulas que se aplicara posteriormente:

Forma (β): Designa la función densidad de la probabilidad; esta determina en qué momento de vida se encuentra el equipo, siendo relacionada con la curva de la bañera, hay tres elementos que son característicos en cada zona de falla; teniendo los siguientes valores:

$\beta < 1$: la tasa de fallo va hacer la curva decreciente, por lo tanto se va localizar en la zona de mortalidad infantil.

$\beta = 1$: la tasa de fallo va hacer constante, por lo tanto se va localizar en la zona de la vida útil

$\beta > 1$: la tasa de fallos va ser la curva creciente, por lo tanto va estar en la zona de desgaste o envejecimiento.

Escala (η): Conocido como vida característica, manifestando con exactitud la edad típicamente en donde debería ocurrir la falla, esta edad es muy importante, indicando que al trabajar esa cantidad de horas estaría asumiendo un riesgo de 63,21%, dado que la suma de la confiabilidad hasta esa edad es 36.79%. Es la extensión de la distribución a lo largo, del eje de los tiempos.

Posesión (γ): Es conocido como la vida libre de fallas, en el tiempo podría tener este sistema o equipo una confiabilidad de 100% por ende no debería tener fallos sobre ese tiempo, este parámetro define el punto de Partida u origen de la distribución.

Para estimar los parámetros de la distribución de Weibull, podemos recurrir a diferentes métodos que pueden ser analíticos o gráficos, estos métodos se pueden calcular de forma manual; sobre todo los gráficos. Pero normalmente se usan para desarrollar este método; modelos matemáticos, implementados en software informáticos.

De los dos métodos mencionados, el analítico genera una mejor aproximación de los parámetros de la distribución de Weibull.

3.1.8. Determinación de la confiabilidad según sistemas o subsistemas de los equipos más críticos

Para poder lograr cumplir con el objetivo propuesto de la confiabilidad según los sistemas o subsistemas de los equipos más críticos lo realizaremos por medio del análisis de Weibull. La distribución viene dada por la siguiente manera:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (1)$$

Los parámetros característicos que vienen definido por la distribución Weibull, están compuesto de la siguiente manera:

- **Posesión (γ):** este parámetro define el punto de Partida u origen de la distribución.
- **Forma (β):** este parámetro define la forma de la distribución.
- **Escala (η):** este parámetro define la extensión de la distribución a lo largo del eje del tiempo.

La función distribución acumulativa de la distribución de Weibull, lo calcularemos de la siguiente manera:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (2)$$

Cuando $t - \gamma = \eta$, el valor de $F(t)$ es de 63.21% y la función acumulativa no depende de los valores que pueda tomar β . La función de confiabilidad está definida por:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (3)$$

Por lo con siguiente, la función de la confiabilidad de la distribución de Weibull viene dado por:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (4)$$

La respectiva función que nos permite calcular la tasa de riesgo (tasa instantánea de falla) está comprendido de la siguiente manera:

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (5)$$

Según (Labra, 2018) nos dice “de acuerdo a los valores que tomen el parámetro “ β ” la tasa de riesgo tendrá diferentes comportamientos según la curva de la bañera (p.76).

- $\beta < 1$: $h(t)$ Taza de fallos decrece, zona de mortalidad infantil
- $\beta = 1$: $h(t)$ Taza de fallos constante, Zona de vida característica
- $1.5 < \beta < 2.5$: Taza de fallos crece, Zona de fatiga
- $3 < \beta < 4$: Taza de fallos crece, Zona de desgaste

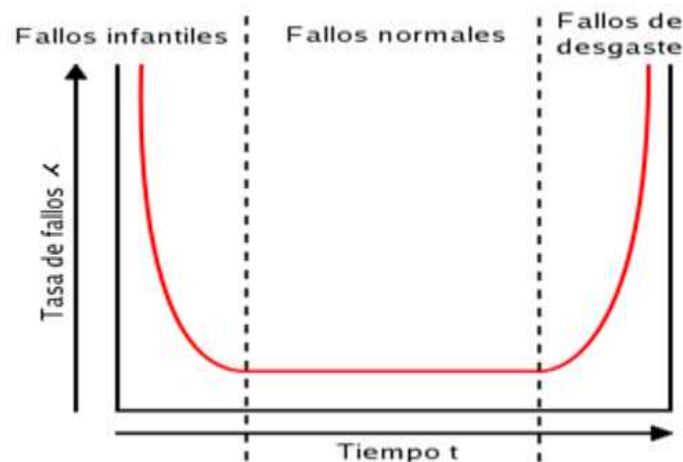


Figura 4. Vida útil de los materiales

Fuente. Espinoza, 2018, p.36

La característica en la confiabilidad es el tiempo medio entre fallas (MTBF), por lo cual se aplica a las unidades reparables de la siguiente manera:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt = \sum_1^n R(t)(t_j - t_{j-1}) \quad (6)$$

3.1.9. Determinar el análisis económico de las máquinas más críticas

3.1.9.1. Análisis de costos

a. Costos de operación

Se generan directamente por el trabajo del equipo y se incurre al trabajar la máquina. Tiene otro significado como aquel “costo o gasto” en que incurre las personas al comprar o alquilar un equipo (Salinas, 2016, p.30).

$$COP = \text{Costo de operación} + \text{Costo de posesión de equipo}$$

Los costos de operación engloban los siguientes:

- **Costos de operación del equipo**

Son todos los costos relacionados para poner a trabajar la máquina.

- **Combustible**

Se llama combustible a cualquier sustancia o material que, tras un proceso de combustión, es capaz de liberar energía potencial, que transforma en energía utilizable de diversos tipos químicos (Salinas, 2016).

$$C_c = \text{precio} * \text{consumo por hora} \quad (7)$$

Donde:

C_c : Consumo de combustible

- **Mantenimiento**

Son acciones que tienen como objetivo preservar un equipo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida (Salinas, 2016, p.11). El coeficiente de mantenimiento “Q” se encuentra en la tabla 41.

- **Neumático**

Se llama neumático a una pieza toroidal de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. (Salinas, 2016, p.12).

$$Cn = \frac{\text{cantidad de llantas} * \text{precio}}{\text{Tiempo de vida}} \quad (8)$$

Donde:

Cn: Costos del neumático

- **Reparaciones**

Es el conjunto de operaciones técnicas profesionales, que hacen sobre cualquier equipo o maquinaria para que cumpla adecuadamente con los propósitos sobre las cuales fue construida (Salinas, 2016, p.12).

$$Cmm = Q * Va(9)$$

Donde:

Cmm: Costos de mano de obra por mantenimiento

Q: Coeficiente de mantenimiento

Va: Valor de adquisición

- **Elemento de desgaste**

Son elementos que van entrar en contacto directo con el material a remover, son los responsables de transferir el poder al equipo del terreno y cortar, romper o desgarrar las diferentes superficies o material de trabajo (Salinas, 2016, p.13).

- **Salario de operador**

Se llama salario de operador al gasto realizado en la mano de obra para la producción y venta de productos o servicios (Salinas, 2016, p.13).

$$S = \frac{Sm}{Ht} \quad (10)$$

Donde:

S: Salario de operador

Sm: Sueldo mensual

Ht: Total de horas mensuales

- **Costos de posesión del equipo**

Son todos los costos relacionados con la adquisición de las maquinas.

- **Depreciación**

Es el valor del gasto que sufre la maquinaria, que tiene la empresa, pueden o no usarse en la elaboración de productos (Salinas, 2016, p.15).

$$D = \frac{Va - Vr}{Veu} \quad (11)$$

Donde:

D: Depreciación anual

Va: Valor de adquisición

Vr: Valor residual

Veu: Vida económica útil

- **Depreciación anual**

$$Da = \frac{Va - Vr}{N} \quad (12)$$

Donde:

Da: Depreciación anual

N: Números de años

- **Depreciación horaria**

Para calcular la depreciación horaria, se asume que una máquina labora 2000 horas por año.

$$Dh = \frac{Va - Vr}{Nh} \quad (13)$$

Donde:

Dh: Depreciación horaria

Nh: Número de horas trabajadas en un año

- **Interés**

Es el pago que se efectúa por los intereses generados por los préstamos que se hacen para capital de trabajo o para equipos o máquina (Salinas, 2016, p.15).

$$I = \frac{\text{IMA} * (\% \text{ tasa anual})}{\text{N}^\circ \text{ hora anuales}} \quad (14)$$

Donde:

IMA: Interés media anual

- **Impuestos**

Son los tributos que a través de los cuales, se obtiene la mayoría de los ingresos públicos. (Salinas, 2016, p.116).

- **Seguro**

Es el contrato por el cual al asegurador se obliga, para resarcir un daño o cumplir la prestación convenida si ocurre un evento previsto, como puede ser un accidente o un incendio, entre otros (Salinas, 2016, p.16).

$$S. I. A = \frac{(\text{IMA}) * (\sum \text{tasas anuales})}{\text{N}^\circ \text{ horas anuales}} \quad (15)$$

Donde:

SIA: seguro, impuesto y almacenaje

- **Vida útil**

Es el tiempo de vida de la maquinaria.

$$H = \frac{N}{h} \quad (16)$$

Donde:

H: Tiempo de vida útil

N: Vida útil

h: Utilización de la maquinaria anualmente (2000h)

- Utilización por año (h)

Es la cantidad de horas de uso de la maquinaria al año, para realizar los cálculos se utilizará de 2112 horas, este valor está basado en la cantidad de horas de utilización de la máquina al año (Salinas, 2016, p.30).

Horas de trabajo/día = 8

Días de trabajo al mes = 22

Meses del año = 12

Horas año = 2112

- Costo de inversión

Es el valor en que puede traducirse como el costo del dinero invertido considerando la vida útil de la maquinaria (Salinas, 2016, p.30).

$$\text{Costo de inversion} = (N + 1) * VRN * TTA/2N \quad (17)$$

Donde:

N: Vida útil (años)

VRN: Valor de reposición a nuevo de la máquina.

TTA: Sumatoria de las tasas anuales (interés, seguros e impuestos)

3.1.9.2. Indicadores de rentabilidad de la maquinaria

Existen diferentes indicadores de la rentabilidad de la maquinaria, que son los más importantes lo siguiente:

- **El valor actual neto (VAN)**

Es un indicador que permite actualizar a un tiempo determinado unos valores futuros de flujo de caja, para el cual se realiza un descuento al momento actual mediante una tasa de interés. Esto permite evaluar las diferentes etapas de un proyecto a un único valor en el momento y poder tomar decisión. Para ello hay que tener en cuenta los siguientes parámetros: (Fiestas, 2011, p.57)

- ✓ VAN > 0: el proyecto de inversión permite conseguir ganancias y beneficios.
- ✓ VAN = 0: debe rechazarse la inversión al provocar pérdidas.

- ✓ VAN < 0: el proyecto de inversión no genera ni pérdidas ni beneficios, por lo que su ejecución provoca indiferencia.

Para calcular el VAN aplicaremos lo siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} \quad (18)$$

Donde:

Vt: El flujo de caja en cada periodo t.

n: Numero de periodos considerados.

K: Tasa de interés considerado.

- **La tasa interna de retorno (TIR)**

Es la tasa de interés con la cual el valor actual neto es igual a cero, es la tasa de interés o rentabilidad que genera un proyecto. En cuanto mayor sea el TIR respecto a la tasa de interés utilizada en el VAN quiere decir que el proyecto es más rentable que ahorrar este dinero en el banco (Fiestas, 2011, p.57).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (19)$$

Donde:

Ft: son los flujos de dinero en cada periodo “t”

I₀: es la inversión realizada en el momento inicial (t=0)

n: número de periodos de tiempo

- **La rentabilidad**

Es un indicador que no permite comparar cuanto más se está ganando respecto a lo que se ha invertido inicialmente (Fiestas, 2011, p.58).

$$\text{Rentabilidad} = \frac{VAN}{I_0} \quad (20)$$

Donde:

VAN: VAN neto del proyecto evaluado en el momento inicial

I₀: Inversión inicial del proyecto

- **El beneficio/costo (B/C)**

Es un indicador que nos va a permitir comparar cuanto más son los beneficios respecto a los costos que se han tenido de un proyecto (Fiestas, 2011, p.58).

$$\frac{B}{C} = \frac{VAN+I_0}{I_0} \quad (21)$$

3.1.10. Propuesta de las actividades de mantenimiento

3.1.10.1. Establecimiento de los criterios de mantenimiento

Las estrategias de mantenimiento que se aplicaran a la propuesta de mantenimiento, se diseñaran en función del equipo más críticos, en la siguiente tabla 1 se muestra las estrategias de mantenimiento.

Tabla 1
Estrategias de mantenimiento

Estrategia	Descripción
MPD	Mantenimiento Predictivo
MPV	Mantenimiento Preventivo
MC	Mantenimiento Correctivo

Fuente: Elaboración propia

Descripción de las estrategias del mantenimiento:

- ✓ Mantenimiento Predictivo (MPD): también llamado mantenimiento basado en condición, consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permiten identificar una falla antes que ocurra.
- ✓ Mantenimiento Preventivo (MPV): también llamado mantenimiento basado en tiempo, orientado a la restitución de condiciones normales de funcionamiento de un equipo producto del deterioro, desgaste o degradación y depende del tiempo de funcionamiento y de las condiciones de operación.
- ✓ Mantenimiento Correctivo (MC): también llamado trabajo a la rotura, consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que ha fallado, es la reparación de la falla, ocurre de urgencia o emergencia.

Para seguir con la estrategia de mantenimiento se hace necesario establecer la frecuencia de la estrategia, el tipo de acción asociada y nivel de criticidad. Que la tabla 2 se muestra la frecuencia de la estrategia del mantenimiento, la tabla 3 se muestra tipo de acción asociado a la estrategia de mantenimiento y la tabla 4 se muestra la estrategia de mantenimiento según nivel de criticidad.

Tabla 2
Frecuencia de la estrategia de mantenimiento

Frecuencia	Descripción
D	Diaria
S	Semanal
M	Mensual
A	Anual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3
Tipo de acción asociada a la estrategia de mantenimiento

Tipo de acción	Descripción
IVE	Inspección visual externa
IVI	Inspección visual internas
PF	Prueba funcional
CO	Chequeo operacional

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4
Estrategia de mantenimiento según nivel de criticidad

Nivel de criticidad	Descripción
C	Critico
SC	Semicritico
NC	No critico

Fuente: elaboración propia

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del estado actual de la maquinaria

La Municipalidad Distrital de San José de Lourdes es una entidad básica de gobierno, creada con la finalidad de administrar, organizar, y promover la participación de su población, generando desarrollo y mejores condiciones de vida. La sub gerencia de maquinaria y equipo, es la responsable de garantizar la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, operatividad de todos los equipos. Los mantenimientos correctivos son realizados por diferentes talleres, provenientes de la ciudad de Jaén o san Ignacio, los mantenimientos preventivos (cambios de aceites y filtros) son realizados por el personal de planta. Para la ejecución de los mantenimientos se emiten informes de los operadores al jefe de maquinaria, este realiza el requerimiento a la sub gerencia de abastecimiento cumpliendo así el procedimiento administrativo. Los mantenimientos imprevistos, conocidos como mantenimientos correctivos no planificados son los que más presupuesto se invierte. Actualmente en esta entidad cuenta con la siguiente maquinaria:

Tabla 5
Descripción de equipos operativos

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	AÑO FAB
1	1	Cargador sobre ruedas	Komatsù	WA-200	2016
2	1	Cargador sobre ruedas	Komatsù	WA-180	2001
3	1	Motoniveladora	Komatsù	GD-511A	2008
4	1	Motoniveladora	Caterpillar	120K	2016
5	1	Rodillo liso compactador	Caterpillar	CS56	2010
6	1	Rodillo liso compactador	Caterpillar	CS533E	2016
7	1	Retroexcavadora	Caterpillar	420F2	2016
8	1	Camión volquete	Volvo	NL10-340	2001
9	1	Camión volquete	Volvo	VM-310	2007
10	1	Tractor sobre oruga	Caterpillar	D7G	2004

Fuente: Elaboración propia

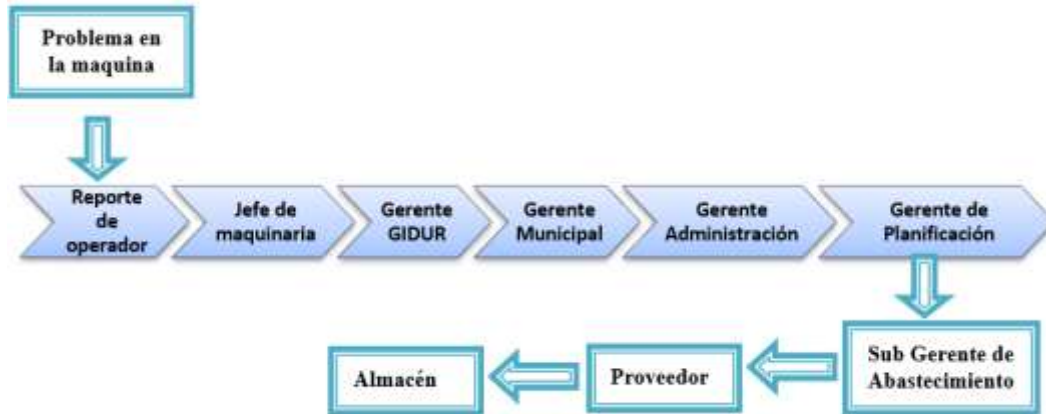
4.1.1. Evaluación problemática de los equipos

La sub gerencia de maquinaria y equipo responsable del mantenimiento y planificación de los mismos, es crítica ya que depende de esta el avance de trabajos programados, por la Gerencia de Infraestructura Desarrollo Urbano y Rural (GIDUR). Los indicadores de gestión; la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y operatividad, no son tomados en cuenta, no existe un control de horas programadas para el mantenimiento, debido a esto los mantenimientos se realizan cuando ya se dio la falla, generando paradas inmediatas y sobre costos imposibilitando terminar a tiempo los trabajos programados por la GIDUR.

No cuenta con un taller de maestranza para dar solución a las diferentes fallas mecánicas; se contrata a terceros estos cobran por cada salida costos elevados justificados por: la geografía, tiempo que se demora en llegar a dichos lugares y el tiempo que se demoran en pagarles. Los repuestos solicitados por la sub gerencia de maquinaria y equipos, demoran en llegar desde que se hace el requerimiento hasta que llega almacén un promedio de hasta unos 20 días.

Proceso administrativo

Los documentos de gestión que se utiliza para la compra de un repuesto o adquirir los servicios de un mecánico.



a. Requerimientos

Figura 5. Procedimiento de servicios y compras-Requerimientos

Fuentes: Elaboración propia

b. Conformidad de servicio o compra

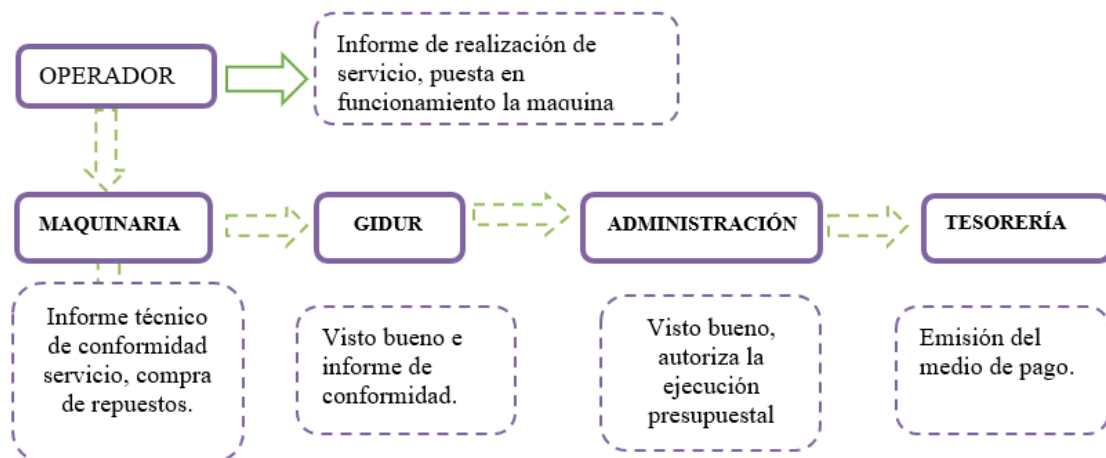


Figura 6. Procedimiento de servicios o compras

Fuente. Elaboración propia

4.1.2. Análisis de los mantenimientos desarrollados

Los mantenimientos en su gran mayoría destacan los no planificados, trayendo consigo grandes pérdidas, H/M paralizadas, descontento de la población por trabajos inconclusos, carreteras en mal estado.

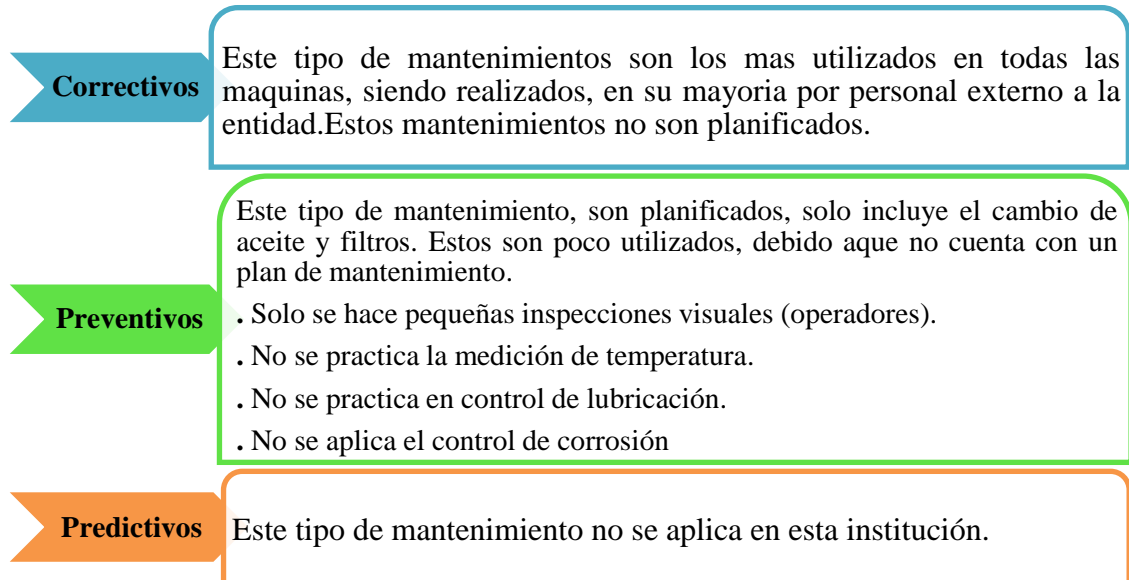


Figura 7. Análisis de los tipos de mantenimientos

Fuente. Elaboración propia

- En la siguiente figura observamos el cambio de aceite SAE 25w50 y filtros de aceite, motor; se realizan cada 250 horas trabajadas. En todas las maquinas.



*Figura 8. Mantenimiento preventivo cambio de filtros – Cargador frontal
Komatsú WA-180*

Fuente: Municipalidad Distrital San José de Lourdes

- En la siguiente figura se observa El cambio de filtros de aire en todas las maquinas se realiza cada 500 horas trabajadas.



Figura 9. Mantenimiento Preventivo cambio de filtro de aire - Motoniveladora Caterpillar 120K

Fuente: Municipalidad Distrital San José de Lourdes

- En la siguiente imagen hablaremos del problema al momento de realizar el cambio de filtro en esta máquina nos demuestra que el filtro ha sufrido un exceso de contaminación, revisando en campo nos dimos cuenta que el codo de tubería de aire, pieza que une el turbo con el catalizador había sufrido falla imagen 11.



Figura 10. Mantenimiento Preventivo cambio de filtro de aire-
MotoniveladoraCaterpillar 120K

Fuente: Municipalidad Distrital San José de Lourdes

- En la siguiente imagen hablaremos del problema que surge después que existe un desgaste excesivo entre las uniones del codo de tubería de aire y el turbo compresor, sabiendo que es una zona de alta temperatura; habiendo soldado hasta en tres oportunidades, esto da entender que el material con el que soldó (AWS A5.1 / ASME-SFA 5.1-E701). Esta soldadura presenta los mejores niveles de resistencia a la tracción.
- La recomendación es realizar un estudio del material para hacer un rediseño de la pieza ya que es una falla que siempre se da en esta máquina.



Figura 11. Falla en el codo de tubería de aire, funcionando a altas temperatura

Fuente: Municipalidad Distrital San José de Lourdes

- En la siguiente figura observaremos el cambio del orvitrol.



Figura 12. Falla en el codo de tubería de aire, funcionando a altas temperatura

Fuente: Municipalidad Distrital San José de Lourdes

- En la siguiente figura observamos cambio de zapatas y bombines de freno.



Figura 13. Mantenimiento Correctivo de Motoniveladora Komatsu GD-551A

Fuente: Municipalidad Distrital San José de Lourdes

- En la siguiente figura observaremos la Falla en el sistema hidráulico-



Cambio de bombas hidráulicas

Figura 14. Mantenimiento Correctivo Tractor Sobre Oruga CAT D7G

Fuente: Municipalidad Distrital de San José de Lourdes

4.2. Evaluación de la criticidad de los equipos

El análisis de criticidad es de vital importancia ya que permite conocer la jerarquía de los equipos para priorizar y designar recursos con la finalidad mantener operativos en el mayor tiempo posible. La realidad de esta municipalidad es que cuenta con escasos recursos económicos, esto nos impulsa a poder darle la mayor importancia a los equipos más críticos, pero no dejando a su suerte los que menos pueden influir en la producción. A continuación, mostramos los resultados obtenidos aplicando el análisis de criticidad a la maquinaria pesada.

La categoría que suministremos a un equipo debe corresponder a la más alta que haya obtenido al valorar los 3 aspectos. En el caso descrito, el equipo resultaría Crítico (García, 2003, p.41).

4.2.1. Criticidad general de las maquinas

Los trabajos desarrollados por las 10 máquinas con las que cuenta esta comuna. Están organizados de la siguiente manera:

Frente de trabajo N° 01: Motoniveladora CAT 120K; Rodillo Liso Compactador CAT CS533E, Cargador Frontal WA-200, Camión volquete volvo VM-310, se complementa con 2 o 4 volquetes alquilados.

Frente de trabajo N° 02: Motoniveladora Komatsu GD-511A, Rodillo Liso Compactador CAT CS56, Retroexcavadora CAT 420F2, Cargador frontal WA-180, Camión Volquete Volvo NL10-340, se complementa con 2 o 4 volquetes alquilados.

Frente de trabajo N° 03: Tractor sobre oruga CAT D7G. Para poder analizar la criticidad se tendrá en cuenta el lugar de trabajo, productividad, la seguridad, mantenibilidad, y si existe una maquina sustituto.

Tabla 6
Clasificación de criticidad-característica crítica

ESTADO DE PRIORIZACIÓN	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	VALOR
CRITICO	Puede originar accidente muy grave	10
	Necesita revisiones periódicas frecuentes(mensuales)	8
	Ha producido accidentes en el pasado	5
	PRODUCCIÓN	VALOR
	Su parada afecta gravemente al plan de producción.	10
	Su parada hace que el frente de trabajo pare.	10
	MANTENIMIENTO	VALOR
	Alto coste de reparación en caso de avería.	10
	Averías muy frecuentes.	7
	Consume una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales)	5
	SUSTITUTO	VALOR
	SI	1
NO	2	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7
Clasificación de criticidad-característica prescindibles

ESTADO DE PRIORIZACIÓN	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	VALOR
	Tiene pocas probabilidades que falle	2
	Poca influencia en seguridad	2
	PRODUCCIÓN	VALOR
	No tiene un gran porcentaje en la producción.	5
PRESCINDIBLE	MANTENIMIENTO	VALOR
	su costo de mantenimiento es bajo	5
	SUSTITUTO	VALOR
	SI	1
	NO	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8
Clasificación de criticidad-característica importante

ESTADO DE PRIORIZACIÓN	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	VALOR
	Necesita revisiones periódicas anuales	4
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.	3
	PRODUCCIÓN	VALOR
	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar considerablemente al plan de producción)	5
	MANTENIMIENTO	VALOR
IMPORTANTE	Su costo de mantenimiento es medio.	5
	SUSTITUTO	VALOR
	SI	1
	NO	2

Fuente: Elaboración propia

- En la siguiente tabla 9 con análisis de criticidad, sabemos que maquinas son las más críticas en los tres frentes de trabajo, de esto se obtiene como resultado 5 máquinas críticas, las que a continuación describiremos la criticidad por sistemas o sub sistema.

Tabla 9
criticidad de las máquinas, etapa de vida

MAQUINA	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PRODUCCIÓN	MANTENIMIENTO	SUSTITUTO	TOTAL	CRITICIDAD	ETAPA DE VIDA
TRACTOR SOBRE ORUGAS CAT D7G	10	10	10	2	60	CRITICO	FINAL
MOTONIVELADORA KOMATSU GD-511A	8	10	10	2	56	CRITICO	FINAL
MOTONIVELADORA CAT 120K	5	10	10	2	50	CRITICO	MEDIO
CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA-200	4	10	10	2	48	CRITICO	MEDIO
CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA-180	10	2	10	2	44	CRITICO	FINAL
RETROEXCAVADORA CAT 420F2	5	10	5	2	40	IMPORTANTE	MEDIO
CAMIÓN VOLQUETE VOLVO VM-310	8	5	7	2	40	IMPORTANTE	FINAL
CAMIÓN VOLQUETE VOLVO NL10-340	8	5	5	2	36	PRESCINDIBLE	FINAL
RODILLO COMPACTADOR CAT CS533E	4	5	5	2	28	PRESCINDIBLE	MEDIO
RODILLO COMPACTADOR CAT CS56	3	5	5	2	26	PRESCINDIBLE	MEDIO

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Criticidad específica por maquina

Para realizar el análisis de criticidad de las partes que han fallado durante el periodo de 19 meses que comprende este estudio. Se realizará mediante la metodología desarrollada por la consultoría inglesa “The woodhouse partnership limited”, también se le conoce como “factores ponderados basados en el riesgo”.

- ✓ $\text{Riesgo} = \text{frecuencia} * \text{consecuencia}$, o de la siguiente forma
 - ✓ $\text{criticidad total} = \text{frecuencia} * \text{consecuencia}$
 - ✓ $\text{Consecuencia} = ((\text{impacto operacional} * \text{flexibilidad}) + \text{costo mantenimiento} + \text{impacto SAH})$
 - Frecuencia: Rango de fallas en un tiempo determinado; consideramos las fallas que han sufrido los diversos sistemas.
 - Consecuencia: se analizan en grupos bajo consenso; consideramos las consecuencias intrínsecas desarrolladas por cada sistema.
- Al final de la evaluación será el más crítico quien tenga la mayor cantidad de puntaje, y lo contrario será el menos crítico.

Tabla 10
Condiciones de criticidad de los equipos

CONDICIONES DE EVALUACIÓN DE CRITICIDAD EQUIPOS			
FRECUENCIA DE FALLAS		COSTOS DE MANTENIMIENTO	
Mayor 4 fallas/año	4	Mayor a S/1000.00	2
Promedio 2 a 4 fallas/año	3	Inferior a S/1000.00	1
Buena 1 a 2 falla/año	2		
Excelentes menores de 1 falla/año	1		
IMPACTO OPERACIONAL		IMPACTO EN SHA	
Parada inmediata	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a agentes externos de la organización	8
Repercusión en costos operacionales	8	Afecta el ambiente instalaciones	7
Impacto en niveles de producción	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera ningún efecto significativo sobre la operación y producción	1	Provoca daños menores (ambiente seguridad)	3
		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
		No producen lesión	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL			
No existe opción de repuestos			4
Hay opción de repuestos compartido			2
Función de repuestos disponible			1

Fuente: Labra (2018)

- Se muestra en la tabla 11 de los elementos, sub sistemas que se analizó durante el periodo de estudio. El periodo comprendió aproximadamente 19 meses.

Tabla 11
Evaluación de criticidad el cargador frontal Komatsu WA-180

SISTEMA/SUB SISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTO POR MANTENIMIENTO	IMPACTO DE SEGURIDAD	CONSECUENCIA	TOTAL	ESTADO
Sistema Eléctrico	4	10	2	1	7	28	112	críticos
Sistema Hidráulico	2	10	4	2	8	50	100	críticos
Sistema de dirección	2	10	4	2	8	50	100	Semi crítico
Sistema de encendido	4	10	2	1	1	22	88	semi critico
Sistema de inyección	3	10	2	1	7	28	84	semi critico
Neumáticos	3	10	2	2	1	23	69	semi critico
Transmisión	2	10	2	1	1	22	44	semi critico
Cucharón	1	10	2	1	5	26	26	semi critico
Sellos y empaquetaduras	1	4	4	2	1	19	19	semi critico
Válvula central	2	1	2	1	1	4	8	no critico
Enfriador de aceite	2	1	2	1	1	4	8	no critico

Fuente: Elaboración propia

- En la tabla 12 observamos que tenemos un sub sistemas críticos, que es el sistema de inyección en el cargador frontal Komatsú WA-200.

Tabla 12
Evaluación de criticidad cargador Komatsú WA-200

SISTEMA/SUB SISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTO POR MANTENIMIENTO	IMPACTO DE SEGURIDAD	CONSECUENCIA	TOTAL	NIVEL DE CRITICIDAD
Sistema de Inyección	4	10	4	1	1	42	168	críticos
Neumáticos	4	10	1	1	3	14	56	semi critico
Enfriamiento	2	10	2	2	3	25	50	semi critico
Mangueras hidráulicas	2	10	2	1	3	24	48	semi critico
Sensores	1	10	4	2	3	45	45	semi critico
Cucharón	4	4	2	1	1	10	40	no críticos
Sistema de encendido	2	4	2	1	1	10	20	no críticos

Fuente: Elaboración propia

- En la tabla 13 observamos que tenemos un sistema crítico, sistema no suspendido, esto comprende llantas, rodajes, cámaras, pernos.

Tabla 23
Evaluación de criticidad Motoniveladora CAT 120K

SISTEMA/ SUB SISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTO POR MANTENIMIENTO	IMPACTO DE SEGURIDAD	CONSECUENCIA	TOTAL	NIVEL DE CRITICIDAD
Sistema no Suspendido	4	10	2	1	3	24	96	crítico
Sistema estructural	2	4	4	1	7	24	48	semi crítico
Sistema de arranque	1	8	4	1	3	36	36	semi crítico
enfriamiento	1	8	4	1	3	36	36	semi crítico
Sistema eléctrico	1	10	2	2	3	25	25	no crítico
mangueras hidráulicas	1	10	2	1	3	24	24	no crítico
filtros	2	4	2	1	3	12	24	no crítico

Fuente: Elaboración propia

➤ En la tabla 14 Observamos que para esta máquina existe un sistema crítico, sistema giratorio de la tornamesa.

Tabla 34

Evaluación de criticidad de Motoniveladora Komatsu GD-511A

SISTEMA/SUB SISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTO POR MANTENIMIENTO	IMPACTO DE SEGURIDAD	CONSECUENCIA	TOTAL	NIVEL DE CRITICIDAD
Sistema Giratorio de la tornamesa	4	10	4	2	7	49	196	critico
Sistema de desgarre y corte	4	10	4	2	3	45	180	semi critico
Neumáticos	4	10	2	1	7	28	112	semi critico
Frenos	2	10	4	2	3	45	90	semi critico
Ripper	4	4	2	2	3	13	52	semi critico
Luces	3	4	2	1	1	10	30	no crítico
Radiador	1	10	2	2	5	27	27	no critico
Sistema Estructural	1	1	1	2	3	6	6	no critico

Fuente: Elaboración propia

➤ En la tabla 15 Observamos que para esta máquina existe un sistema crítico, sistema hidráulico.

Tabla 45
Evaluación de Criticidad del Tractor Sobre Orugas CAT D7G

SISTEMA/SUB SISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTO POR MANTENIMIENTO	IMPACTO DE SEGURIDAD	CONSECUENCIA	TOTAL	NIVEL DE CRITICIDAD
Sistema hidráulico	4	10	4	2	3	45	180	critico
sistema de transmisión	2	8	4	2	5	39	78	semi critico
Sistema de desgarrar y corte	4	8	2	2	3	21	84	semi critico
Sistema eléctrico	3	4	2	1	3	12	36	semi critico
sellos y empaques	3	4	2	1	3	12	36	semi critico
sistema de encendido	2	4	2	2	3	13	26	no critico
refrigeración	2	4	2	1	3	12	24	no critico

Fuente: Elaboración propia

4.3. Evaluación de la confiabilidad de los sistemas críticos por máquina, basada en el historial de fallas

Determinar los indicadores consta por medir cada uno de ellos, para posteriormente poder controlar los efectos y consecuencias. La confiabilidad es un parámetro que mide lo seguro que es una maquina al momento de realizar su trabajo.

4.3.1. Cálculo de confiabilidad para el cargador frontal Komatsù WA-180

Para el cargador frontal Komatsù WA-180, tenemos dos sistemas críticos; Sistema Eléctrico, Sistema Hidráulico, para lograr obtener la confiabilidad total del sistema analizado seguiremos el siguiente procedimiento.

- Data histórica de los fallos ocurridos en el sistema analizado (hodómetro).
- Análisis estadístico de las variables.
- Análisis estadístico de los parámetros de la función de weibull.
- Análisis de resultados.
- Obtención de la confiabilidad.

Tabla 56

Registro de fallas sistema hidráulico Cargador Frontal Komatsù WA-180

Nº	SISTEMA HIDRAULICO	FALLO	HODOMETRO(Km)
1	Cilindros de inclinación	1	16550
2	Bomba implementos	1	16620
3	Mangueras hidráulica cilindro de levante izquierdo	1	16655
4	Válvula de control principal	1	16730
5	Enfriador de aceite	1	16810
6	Filtro de drenaje bomba de implementos	1	16870
7	Mangueras hidráulica cilindro de levante retorno	1	16930
8	Filtro de aceite hidráulico	1	16945
9	Válvula de alivio principal	1	16975
10	válvula de control principal	1	17010
11	Mangueras hidráulica cilindro de volteo derecho	1	17035
12	Mangueras hidráulica cilindro de volteo izquierdo	1	17150

Fuente: Elaboración propia

Para calcular las variables estadísticas tenemos las siguientes formulas:

➤ Fórmula para la mediana: $x = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(T_i)}{N}$ (22)

➤ Fórmula para la varianza: $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(T_i) - x)^2$ (23)

➤ Fórmula para la desviación estándar: $s = \sqrt{s^2}$ (24)

Hay que tener en cuenta que se debe ordenar el tiempo entre fallas de operación desde el menor número hasta el mayor de estos, se realizó en la hoja Excel. Para lograr finalmente encontrar la mediana, la varianza y desviación estándar.

Tabla 17
Valores obtenidos mediante weibull-Sistema Hidráulico

N	T(i)	ln(ti)	(ln(ti)-x) ²	N	T(i)	ln(ti)	(ln(ti)-x) ²
1	15	2.7080502	1.29792134	7	60	4.09434456	0.06102424
2	25	3.21887582	0.39493417	8	70	4.24849524	0.16094662
3	30	3.40119738	0.19901978	9	75	4.31748811	0.22106397
4	35	3.55534806	0.08524394	10	80	4.38202664	0.28591792
5	35	3.55534806	0.08524394	11	115	4.74493213	0.80571883
6	60	4.09434456	0.06102424	TOTAL		42.3204508	3.65805899

Fuente: Elaboración propia

Los valores generados para los parámetros de la función weibull, se representan por las siguientes formulas.

Fórmula para la variable: $\alpha = e^{x + \frac{0.5772}{\beta}}$ (25)

Fórmula para la variable: $\beta = \frac{\pi}{s\sqrt{6}}$ (26)

Tabla 18
 Valores de los Parámetros para el sistema hidráulico Cargador Frontal
 Komatsu WA-180

Valores Estadísticas		Valores Weibull	
x	3.8473137	β	2.1205519
s ²	0.3658059	α	61.523099
s	0.6048189	γ	0

Fuente: Elaboración Propia

En este caso el γ es 0 porque se usa en un tiempo determinado, el valor β es mayor que uno entonces quiere decir que la vida útil de este sistema se encuentra en su etapa terminal, zona de alto desgaste.

Para obtener la confiabilidad F(t), fallos R(t), aplicamos las formula 2 y la fórmula 4, que está en el apartado de la metodología en el inciso 3.3.4:

$$F(T) = 1 - R(t) \quad (2)$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\alpha} \right)^\beta \right] \quad (4)$$

Tabla 19
 Valores de confiabilidad y fallos mediante Weibull (horas) - Sistema Hidráulico

HRS	FALLOS F(T)	CONFIABILIDAD R(T)	HRS	FALLOS F(T)	CONFIABILIDAD R(T)
15	4.89%	95.11%	55	54.55%	45.45%
20	8.82%	91.18%	60	61.26%	38.74%
25	13.77%	86.23%	65	67.49%	32.51%
30	19.59%	80.41%	70	73.15%	26.85%
35	26.09%	73.91%	80	82.54%	17.46%
40	33.06%	66.94%	85	86.26%	13.74%
45	40.26%	59.74%	110	96.76%	3.24%
50	47.49%	52.51%	120	98.38%	1.62%

Fuente: Elaboración propia

Tiempo para que falle un determinado porcentaje de la muestra

$$TF = \alpha [-\ln (1 - p)]^{\frac{1}{\beta}} \quad (27)$$

TF=tiempo para que falle, p=porcentaje de falla

Tabla60
 Valores de confiabilidad y fallos mediante Weibull (Fallos)-Sistema
 Hidráulico

FALLO F(T)	CONFIABILIDAD R(T)	HRS	FALLO F(T)	CONFIABILIDAD R(T)	HRS
10.00%	90.00%	21.2890937	50.00%	50.00%	51.7577525
20.00%	80.00%	30.3281993	55.00%	45.00%	55.3293329
25.00%	75.00%	34.1880876	60.00%	40.00%	59.0383262
30.00%	70.00%	37.8356318	65.00%	35.00%	62.9500172
35.00%	65.00%	41.3583788	70.00%	30.00%	67.1513949
40.00%	60.00%	44.8194766	75.00%	25.00%	71.7684782
45.00%	55.00%	48.2703168			

Fuente: Elaboración propia

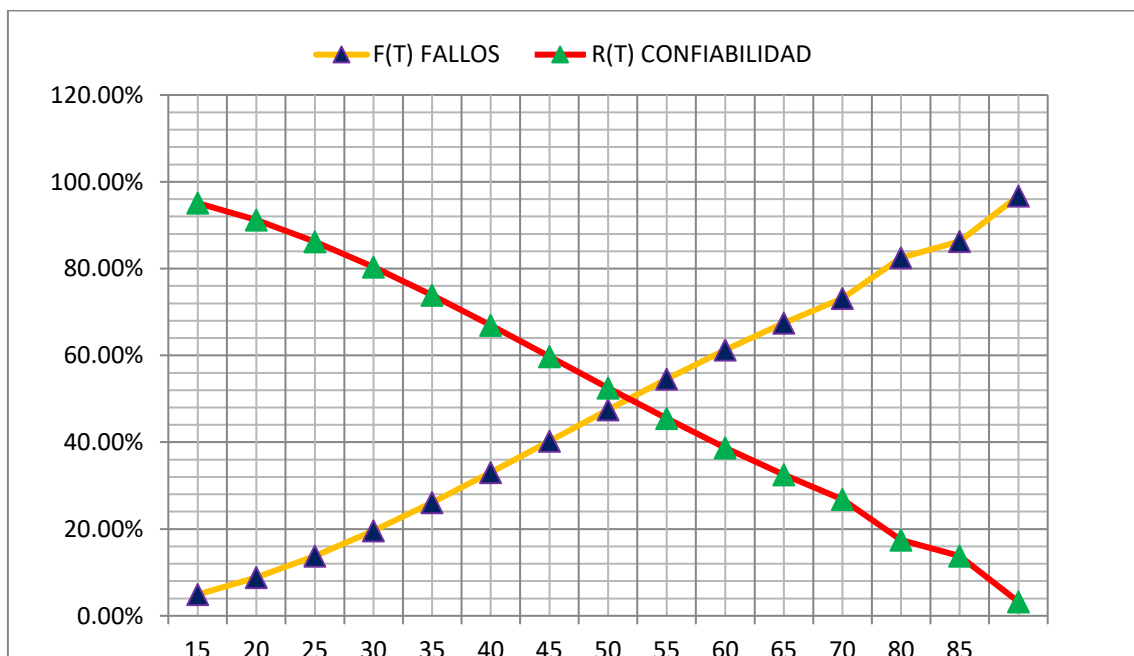


Figura 15. Grafica weibull sistema hidráulico

Fuente: Elaboración propia

Para lograr obtener el tiempo medio de supervivencia del sistema hidráulico cargador Frontal Komatsú WA-180, utilizaremos el programa STATGRAPHICS, ingresando los datos de tiempo nos da como resultado 54.5455 horas, esto quiere decir que con este tiempo logra tener una confiabilidad de 46.08%.al interpretar este resultado nos podemos dar cuenta que es una máquina que siempre va a fallar de

cualquier modo (sistema hidráulico), su ciclo de vida está en la etapa final.

Su confiabilidad ha disminuido en más del 50%. Proseguimos de la misma forma para el sistema eléctrico.

Tabla 71

Registro de fallas sistema eléctrico Cargador Frontal Komatsu WA-180

SISTEMA ELECTRICO	FALLO	HODOMETRO	SISTEMA ELECTRICO	FALLO	HODOMETRO
Batería	1	16490	Electro válvulas	1	16910
Alternador	1	16550	Motor de arranque	1	16945
Cables	1	16590	Electroválvula	1	17030
Fusible de transmisión	1	16640	Diodos	1	17085
Fusible de luces	1	16730	Cables	1	17100
Batería	1	16840	Alternador	1	17145

Fuente: Elaboración propia

Los valores generados para los parámetros de la función weibull, utilizando las fórmulas empleadas anteriormente, apoyándonos en hojas de Excel.

Tabla 82

Valores de los Parámetros para el sistema eléctrico Cargador Frontal Komatsu WA-180

Valores Estadísticas		Valores Weibull	
x	3.9694616	β	2.3394094
s ²	0.3005634	α	67.769012
s	0.5482366	γ	0

Fuente: Elaboración propia

En este caso el γ es 0 porque se usa en un tiempo determinado, el valor β es mayor que uno entonces quiere decir que la vida útil de este sistema se encuentra en su etapa terminal, zona de alto desgaste. Para obtener la confiabilidad R (t), fallos F (t), utilizaremos las fórmulas que anteriormente se utilizaron, apoyándonos del Excel.

Tabla 93
 Valores obtenidos mediante weibull -sistema Eléctrico Cargador Frontal
 Komatsu WA-180

N	T(i)	Ln(ti)	(Ln(ti)-x) ²	N	T(i)	Ln(ti)	(Ln(ti)-x) ²
1	15	2.7080502	1.59115869	7	60	4.09434456	0.01559576
2	35	3.55534806	0.17149001	8	70	4.24849524	0.07785978
3	40	3.68887945	0.07872634	9	85	4.44265126	0.22390846
4	45	3.80666249	0.02650355	10	90	4.49980967	0.28126909
5	50	3.91202301	0.00329919	11	110	4.70048037	0.53438845
6	55	4.00733319	0.00143426	TOTAL		43.6640775	3.00563357

Fuente: Elaboración propia

Tabla 104
 Valores de Confiabilidad y Fallos Mediante Weibull (horas) –Sistema Eléctrico

H(T)	FALLOS F(T)	CONFIABILIDAD R(T)	H(T)	FALLOS F(T)	CONFIABILIDAD R(T)
10	1.13%	98.87%	45	31.87%	68.13%
15	2.89%	97.11%	50	38.80%	61.20%
20	5.59%	94.41%	60	52.86%	47.14%
25	9.25%	90.75%	80	77.11%	22.89%
30	13.81%	86.19%	90	85.66%	14.34%
35	19.20%	80.80%	100	91.67%	8.33%
40	25.27%	74.73%	120	97.78%	2.22%

Fuente: Elaboración propia

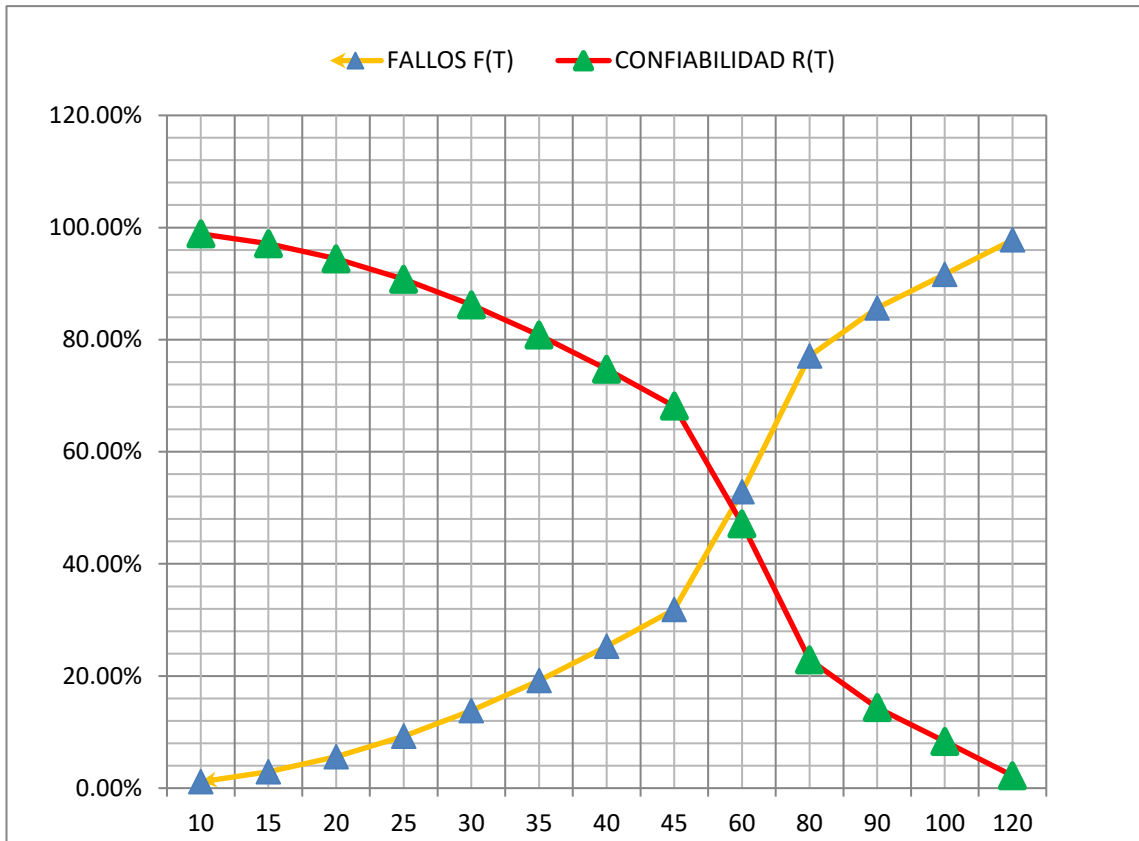


Figura 16. Grafica Weibull Sistema Eléctrico cargador frontal WA-180

Fuente: Elaboración propia

Para lograr obtener el tiempo medio de supervivencia del sistema hidráulico cargador Frontal Komatsú WA-180, utilizaremos el programa STATGRAPHICS, ingresando los datos de tiempo nos da como resultado 59.5455 horas, esto quiere decir que con este tiempo logra tener una confiabilidad de 47.77% al interpretar este resultado nos podemos dar cuenta que es una máquina que siempre va a fallar de cualquier modo (sistema eléctrico), su ciclo de vida está en la etapa final. Su confiabilidad ha disminuido en más del 50%.

4.3.2. Cálculo de confiabilidad para el cargador frontal Komatsu WA-200

Tabla 115

Registro de fallas sistema de inyección Cargador Frontal Komatsu WA-200

SISTEMA DE INYECCIÓN	FALLO	HODOMETRO
Filtro de combustible	1	1500
Tanque de combustible	1	1515
Sensor de presión ambiental	1	1565
Sensores aceleración	1	1715
Válvula de control de presión	1	1915
Sensor B de velocidad de traslado	1	2125
Sensor presión de aceite	1	2375
Sensor de presión de combustible	1	2685
Inyectores	1	2705
Interruptor de validación de ralentí	1	3150
Bombas de combustible	1	3280

Fuente: Elaboración propia

Tabla 126

Valores obtenidos mediante Weibull-Sistema de Inyección

N	T(i)	ln(ti)	(ln(ti)-x) ²	N	T(i)	ln(ti)	(ln(ti)-x) ²
1	15	2.7080502	4.16772454	6	200	5.29831737	0.30114479
2	20	2.99573227	3.07587929	7	210	5.34710753	0.35707409
3	50	3.91202301	0.70145274	8	250	5.52146092	0.59584529
4	130	4.86753445	0.01392015	9	310	5.7365723	0.97421151
5	150	5.01063529	0.06816513	10	445	6.09807428	1.81851568
6	200	5.29831737	0.30114479	TOTAL		47.4955076	12.0739332

Fuente: Elaboración propia

Los valores generados para los parámetros de la función weibull, utilizando las fórmulas empleadas anteriormente, apoyándonos en hojas de Excel.

Tabla 27
 Valores de los Parámetros para el sistema inyección Cargador Frontal
 Komatsu WA-200

Valores Estadísticos		Valores Weibull	
x	4.749550762	β	1.1073148
s²	1.341548136	α	194.5387
s	1.15825219	γ	0

Fuente.Elaboración propia.

En este caso el γ es 0 porque se usa en un tiempo determinado, el valor β es mayor o igual que uno entonces quiere decir que la vida útil de este sistema se encuentra en su etapa media, del ciclo de vida.

Para obtener la confiabilidad R (t), fallos F (t), utilizaremos las fórmulas que anteriormente se utilizaron, apoyándonos del Excel.

Tabla 28
 Valores de confiabilidad y fallos mediante Weibull (Horas) –Sistema de inyección

HRS	F(T)	R(T)	HRS	FALLOS	CONFIABILIDAD
	FALLOS	CONFIABILIDAD		F(T)	R(T)
20	0.07737993	92.26%	250	73.29%	26.71%
50	0.19920397	80.08%	270.	76.32%	23.68%
			5		
80	0.31190335	68.81%	280	77.61%	22.39%
120	0.44327099	55.67%	290	78.90%	21.10%
150	0.52755723	47.24%	300	80.12%	19.88%
178	0.59598466	40.40%	320	82.36%	17.64%
180	0.60051745	39.95%	340	84.36%	15.64%
249.5	0.73212359	26.79%	360	86.15%	13.85%
			380	87.74%	12.26%

Fuente: Elaboración propia

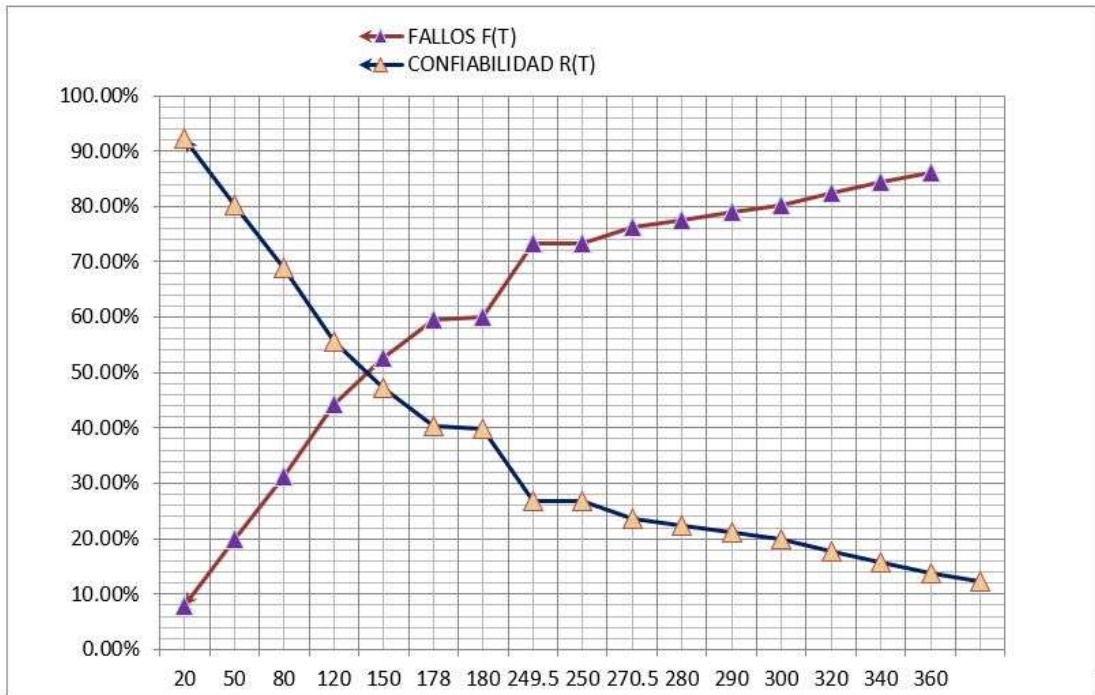


Figura 17. Grafica Weibull Sistema de inyección cargador frontal WA-200

Fuente: Elaboración propia

Para lograr obtener el tiempo medio de supervivencia del sistema inyección cargador Frontal Komatsú WA-200, utilizaremos el programa STATGRAPHICS, ingresando los datos de tiempo nos da como resultado 178.0 horas, esto quiere decir que con este tiempo logra tener una confiabilidad de 40.40% al interpretar este resultado, contrastando el año de fabricación 2016, revisando el manual nos indica que a partir de las 2000 horas de operación, el mantenimiento de inyectores y bomba de inyección se le ha dado a partir de los 2700 cuando su confiabilidad había disminuido en gran parte.

4.3.3. Cálculo de confiabilidad para el tractor sobre oruga CAT D7G.

Tabla 29

Registro de fallas sistema hidráulico del tractor sobre oruga CAT D7G

SISTEMA HIDRAULICO	FALLO	HOROMETRO
Tanque hidráulico	1	14560
Bomba hidráulica	1	14615
Cilindro derecho de levante	1	14660
Bomba de recuperación	1	14720
Válvula principal de alivio	1	14745
Vástago del cilindro izquierdo	1	14843
Manguera de alta presión	1	14923
Filtro hidráulico	1	14988
Pre filtro hidráulico	1	15088
Válvula de control de presión	1	15288
Manguera de alta presión	1	15363

Fuente: Elaboración propia

Tabla 130

Valores obtenidos mediante weibull-sistema hidráulico

N	$F(i)$	$\ln(t_i)$	$(\ln(t_i)-x)^2$	N	T(i)	$\ln(t_i)$	$(\ln(t_i)-x)^2$
1	25	3.21887582	1.06106787	7	80	4.38202663	0.01770744
2	45	3.80666249	0.19562471	8	98	4.58496748	0.11290283
3	55	4.00733319	0.05838222	9	100	4.60517019	0.12688761
4	60	4.09434456	0.0239051	10	200	5.29831737	1.10115653
5	65	4.17438727	0.00556069	TOTAL	42.4895731	2.70789148	

e: Elaboración propia

Los valores generados para los parámetros de la función weibull, utilizando las fórmulas empleadas anteriormente, apoyándonos en hojas de Excel.

Tabla 141
 Valores de los Parámetros para el sistema hidráulico del tractor sobre oruga CAT D7G

Valores Estadísticos		Valores Weibull	
x	4.2489573	β	2.3381904
s ²	0.3008768	α	99.719916
s	0.5485224	γ	0

Fuente: Elaboración propia

En este caso el γ es 0 porque se usa en un tiempo determinado, el valor β es mayor o igual que uno entonces quiere decir que la vida útil de este sistema se encuentra en su etapa media, del ciclo de vida.

Para obtener la confiabilidad R (t), fallos F (t), utilizaremos las fórmulas que anteriormente se utilizaron, apoyándonos del Excel.

Tabla 152
 Valores de confiabilidad y fallos mediante Weibull (horas) –Sistema Eléctrico

HRS	FALLOS F(T)	CONFIABILIDAD R(T)	HRS	FALLOS F(T)	CONFIABILIDAD R(T)
15	1.52%	98.48%	85	58.66%	41.34%
25	4.93%	95.07%	90	63.56%	36.44%
35	10.50%	89.50%	95	68.20%	31.80%
45	18.10%	81.90%	100	72.52%	27.48%
50	22.54%	77.46%	120	86.17%	13.83%
65	37.61%	62.39%	135	92.61%	7.39%
75	48.27%	51.73%	145	95.40%	4.60%
80	53.54%	46.46%	150	96.43%	3.57%
			180	99.39%	0.61%

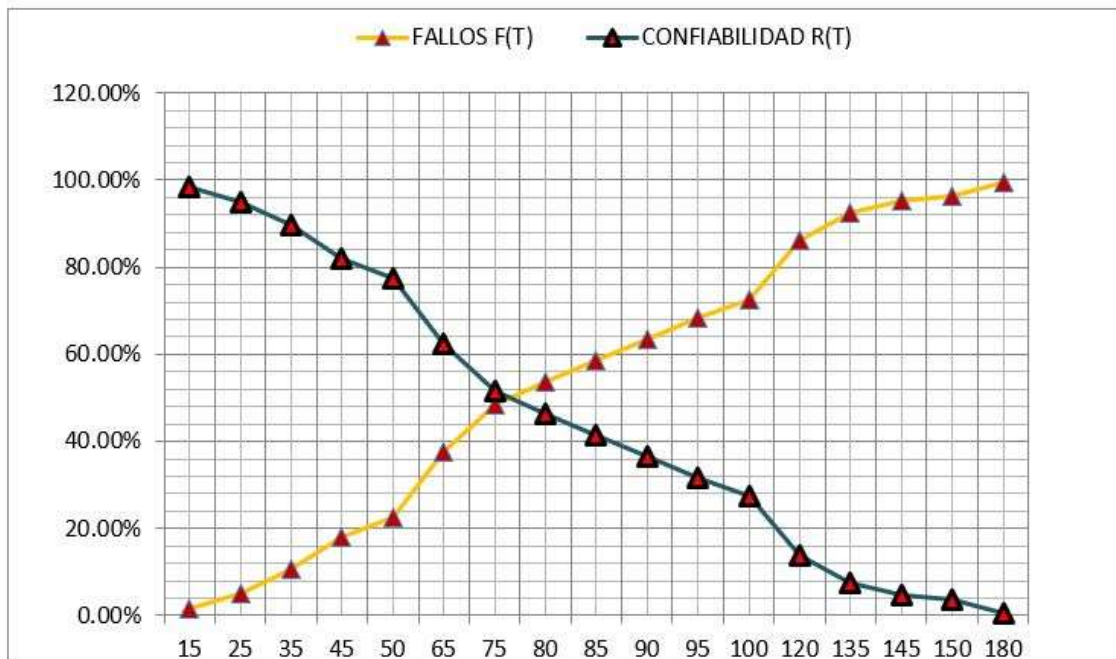


Figura 18. Grafica Weibull Sistema hidráulico tractor sobre oruga CAT D7G

Fuente: Elaboración propia

Para lograr obtener el tiempo medio de supervivencia del sistema hidráulico del tractor sobre orugas CAT D7G, utilizaremos el programa STATGRAPHICS, ingresando los datos de tiempo nos da como resultado 80.3 horas, esto quiere decir que con este tiempo logra tener una confiabilidad de 49.55% al interpretar este resultado, contrastando el año de fabricación 2008, revisando el manual nos indica que a partir de las 5000 horas de operación, la revisión del sistema hidráulico, esto incluye revisión de mangueras, bombas, tomar medidas de presión para verificar la presión efectiva que manda la bomba.

4.3.4. Cálculo de confiabilidad para la motoniveladora CAT -120K

Tabla 163

Registro de fallas del sistema no suspendido de la Motoniveladora CAT-120K

SISTEMA NO SUSPENDIDO	FALLO	HODOMETRO	SISTEMA NO SUSPENDIDO	FALLO	HODOMETRO
Neumáticos	1	1690	Perno de rueda	1	2279
Neumáticos	1	1786	Neumáticos	1	2389
Neumáticos	1	1818	Neumáticos	1	2582
Neumáticos	1	1888	Cámaras	1	2602
Tuercas de sujeción	1	1933	Neumáticos	1	2648
Perno	1	1970	Cámaras	1	2687
Neumáticos	1	2070	Neumáticos	1	2781
Cámaras	1	2159			
Llantas	1				

Fuente: Elaboración propia

Los valores generados para los parámetros de la función weibull, utilizando las fórmulas empleadas anteriormente, apoyándonos en hojas de Excel.

Tabla 174

Valores de los Parámetros para el sistema no suspendido de la Motoniveladora CAT-120K

Valores Estadísticos		Valores Weibull	
x	4.2489573	β	2.0399973
s ²	0.3008768	α	87.055661
s	0.5485224	γ	0

Fuente: Elaboración propia

En este caso el γ es 0 porque se usa en un tiempo determinado, el valor β es mayor o igual que uno entonces quiere decir que la vida útil del sistema de no suspensión está en etapa final, del ciclo de vida.

Para obtener la confiabilidad R (t), fallos F (t), utilizaremos las fórmulas que anteriormente se utilizaron, apoyándonos del Excel.

Tabla 185

Valores e confiabilidad y fallos mediante Weibull- Sistema de no Suspensión

HRS	FALLOS F(T)	CONFIABILIDAD R(T)	HRS	FALLOS F(T)	CONFIABILIDAD R(T)
20	4.85%	95.15%	90	65.71%	34.29%
25	7.55%	92.45%	95	69.73%	30.27%
45	22.91%	77.09%	100	73.47%	26.53%
55	32.42%	67.58%	120	85.41%	14.59%
60	37.37%	62.63%	130	89.63%	10.37%
65	42.36%	57.64%	150	95.19%	4.81%
72	49.28%	50.72%	160	96.86%	3.14%
77	54.09%	45.91%	170	98.01%	1.99%
85	61.42%	38.58%			

Fuente: Elaboración propia

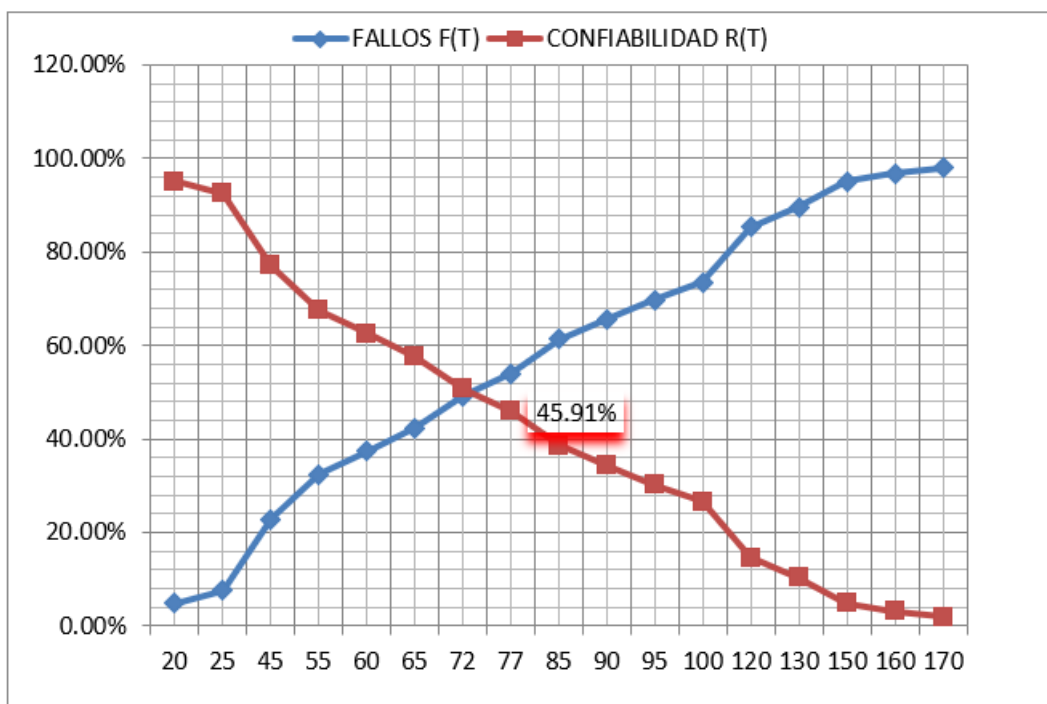


Figura 19. Grafica Weibull sistema de no suspensión motoniveladora CAT 120K

Fuente: Elaboración propia

Para lograr obtener el tiempo medio de supervivencia del sistema de no suspensión de la Motoniveladora CAT 120K , utilizaremos el programa STATGRAPHICS, ingresando los datos de tiempo entre falla nos da como resultado 77.9286 horas, esto quiere decir que con este tiempo logra tener una confiabilidad de 45.91% al interpretar este resultado, para poder paliar las horas maquinas perdidas al momento de romperse una llantas sucede que se demora entre 10 a 15 horas para ponerla operativa a la maquina haciendo suma de todas las paradas inesperadas que se realizan por rotura de una llanta es bastante las horas que se deja de producir, para dar solución a esta problemática se recomienda tener la llanta de repuesta en óptimas condiciones, se recomienda incrementar otra llanta de repuesto cuando se encuentre trabajando en lugares distante del taller será de una gran ayuda.

4.3.5. Cálculo de confiabilidad para la motoniveladora KOMATSÚ GD-511A

Tabla 196

Registro de fallas del sistema giratorio de la tornamesa de la Motoniveladora Komatsú GD-511A

SISTEMA DE ROTACIÓN DE LA TORNAMESA	FALLO	HOROMETRO	SISTEMA DE ROTACIÓN DE LA TORNAMESA	FALLO	HOROMETRO
Collar giratorio	1	7866	Bastidor articulado	1	8576.8
Estructura de soporte	1	7916	Cantonera	1	8717
Cuchilla de trabajo	1	7937.5	Pin de desplazado del circuito	1	9027
Barra de tiro	1	8028	Seguros deslizador de la cuchilla	1	9085
Anillo	1	8128	Deslizador de la cuchilla	1	9174
Pin central tornamesa	1	8498			

Fuente: Elaboración propia

Los valores generados para los parámetros de la función weibull, utilizando las fórmulas empleadas anteriormente, apoyándonos en hojas de Excel.

Tabla 37

Valores obtenidos mediante Weibull- Sistema de rotación de la Tornamesa

N	T(i)	ln(ti)	(ln(ti)-x) ²	N	T(i)	ln(ti)	(ln(ti)-x) ²
1	21.5	3.06805294	2.22582656	7	100	4.60517019	0.00204275
2	50	3.91202301	0.41983967	8	140.2	4.94306997	0.14676301
3	58	4.06044301	0.24953057	9	310	5.7365723	1.38438505
4	78.8	4.366913	0.03727231	10	370	5.91350301	1.83204249
5	89	4.48863637	0.00508897	TOTAL	45.5997336	6.30577511	
6	90.5	4.50534985	0.00298373				

Fuente: Elaboración propia

En este caso el γ es 0 porque se usa en un tiempo determinado, el valor β es mayor o igual que uno entonces quiere decir que la vida útil del sistema de no suspensión está en etapa intermedia del ciclo de vida.

Para obtener la confiabilidad R (t), fallos F (t), utilizaremos las fórmulas que anteriormente se utilizaron, apoyándonos del Excel.

Tabla 38

Valores de los parámetros para el sistema giratorio de la tornamesa de la Motoniveladora Komatsú G-511A

Valores Estadísticos		Valores Weibull	
x	4.5599734	β	1.5322381
s ²	0.7006417	α	139.28841
s	0.8370434	γ	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39
 Valores de confiabilidad y fallos mediante Weibull- Sistema giratorio de la tornamesa

HRS	FALLOS F(T)	CONFIABILIDAD R(T)	HRS	FALLOS F(T)	CONFIABILIDAD R(T)
20	0.04982514	0.950174861	85	0.37448601	0.62551399
25	0.06941609	0.930583913	90	0.40077956	0.59922044
45	0.1622727	0.837727297	95	0.42670746	0.57329254
55	0.2140035	0.785996498	100	0.45220251	0.54779749
60	0.2405386	0.759461398	120	0.54878697	0.45121303
65	0.26732091	0.732679088	130	0.59329032	0.40670968
72	0.30498419	0.695015811	150	0.67379063	0.32620937
77	0.33184898	0.668151023	160	0.70964603	0.29035397
			170	0.74257673	0.25742327

Fuente: Elaboración propia

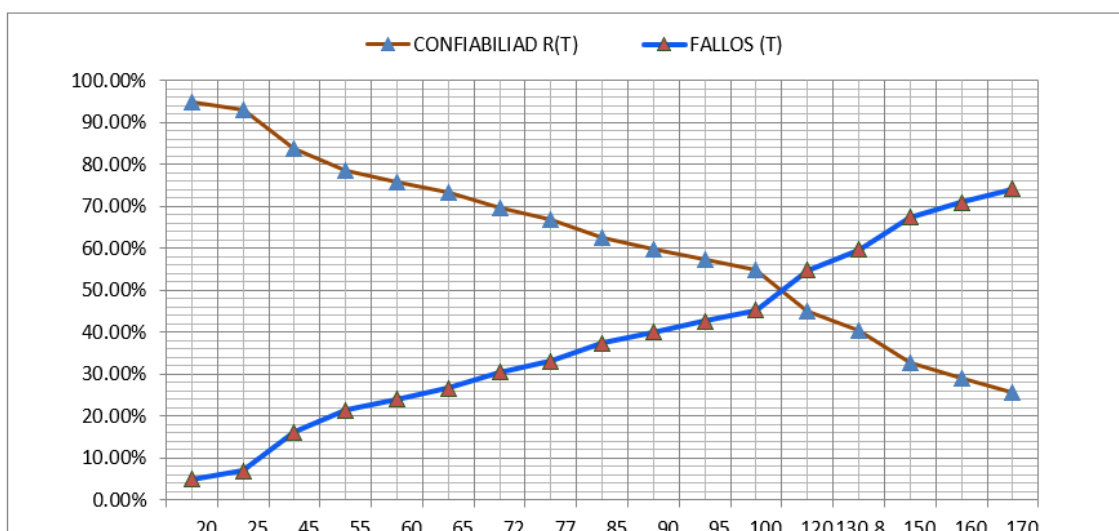


Figura 20. Grafica Weibull Sistema giratorio de la tornamesa Motoniveladora Komatsú GD-511A

Fuente: Elaboración propia

Para lograr obtener el tiempo medio de supervivencia del sistema giratorio de la tornamesa de la Motoniveladora Komatsú GD-511A, utilizaremos el programa STATGRAPHICS, ingresando los datos de tiempo entre falla nos da como resultado 130.8 horas, esto quiere decir que con este tiempo logra tener una confiabilidad de 40.33 % al interpretar este resultado, se hace indispensable tener en almacén los siguientes repuestos: Pin de desplazado del circuito, Pin del collar giratorio. Engranaje de la tornamesa, tornillos sin fin.

4.4. Evaluación económica y financiero.

El control de costos es limitante para el área encargada del Pool de maquinaria, esto resulta antagónico ya que; si no hay un control adecuado de los costos, difícilmente se podrá planificar los mantenimientos. Esta área no dispone de un presupuesto pre fijado es decir no cuenta con un formato donde indique cuanto es el presupuesto por maquina o por rubro ya sea por mantenimiento preventivo o mantenimiento correctivo.

Esta problemática acarrea grandes sobre costos, esto hace que el pago a los proveedores se prolongue de 6 hasta 7 meses, generando conflictos por falta de pago. Para mitigar esta problemática se realizará un análisis de costos actuales haciendo una comparación mantenimientos (correctivos y preventivos) y horas trabajadas, en seguida se realizará un análisis de inversión verificando si es rentable mantener en funcionamiento las máquinas que generan grandes inversiones debido al desgaste que poseen sus componentes.

4.4.1. Análisis de costo totales

Tabla 200
Costos ejecutados y horas trabajadas correspondientes enero - diciembre del 2018

DESCRIPCIÓN ENERO-DICIEMBRE 2018		GASTO			HORAS			
TIPO DE MAQUINA	MP	MC	TOTAL	H T	HLL R	HS M	TOTA L	
Cargador Komatsu WA-180	S/. 7,005.62	S/. 31,170.00	S/. 38,175.62	270	78	90	438	
Cargador Komatsu WA-200	S/. 6,374.60	S/. 12,840.00	S/. 19,214.60	650	50	75	775	
Motoniveladora Caterpillar 120K	S/. 2,116.00	S/. 6,579.00	S/. 8,695.00	550	30	45	625	
Motoniveladora Komatsu GD-511A	S/. 4,243.24	S/. 22,736.00	S/. 26,979.24	410	50	60	520	
Tractor Sobre Oruga CAT D7G	S/. 8,779.67	S/. 9,650.00	S/. 18,429.67	350	60	70	480	

Fuente: Municipalidad distrital de San José de Lourdes

Tabla 211
Costos ejecutados y horas trabajadas desde los meses enero - agosto del 2019

DESCRIPCIÓN ENERO-AGOSTO 2019		GASTO			HORAS			
TIPO DE MAQUINA	MP	MC	TOTAL	H T	HLL R	HSM	TOTAL	
Cargador Komatsu WA-180	S/. 9,691.70	S/. 41,670.00	S/. 51,361.70	380	95	75	550	
Cargador Komatsu WA-200	S/. 6,374.60	S/. 4,500.00	S/. 10,874.60	900	65	60	1025	
Motoniveladora Caterpillar 120K	S/. 4,731.51	S/. 3,220.00	S/. 7,951.51	800	10	20	830	
Motoniveladora Komatsu GD-511A	S/. 6,559.62	S/. 14,455.62	S/. 21,015.24	700	60	40	800	
Tractor Sobre Oruga CAT D7G	S/. 8,895.00	S/. 58,358.00	S/. 67,253.00	400	180	100	680	

Fuente: Municipalidad distrital de San José de Lourdes

Descripción de indicadores:

MP: Mantenimiento Preventivo.

MC: Mantenimiento correctivo.

HT: Horas trabajadas

HLLR: Horas que tarda en llegar el repuesto

HSM: Horas utilizadas en realizar el servicio de mantenimiento.

4.4.2. Análisis de costos del cargador frontal Komatsu WA-180.

Esta máquina por las constantes fallas y paradas no programadas, genera grandes sobre costos, existen dos alternativas para dar solución a esta problemática: lo primero que se realice un Over-Haul; lo segundo que se renueve, quiere decir que se reemplace por un nuevo. Después de realizar las comparaciones correspondientes entre estas dos alternativas, se eligiera la que menores costos en el tiempo genere.

3.1.10.2. Análisis de costos unitarios al realizar el Over-Haul.

Los costos de reparación de los sistemas que ya cumplieron su ciclo de vida y debido a ellos suceden las fallas. Consideramos que el costo de reposición asciende a S/ 250,000.00. El tiempo de vida útil es de 3 años equivalente a 6,000 horas. Este tiempo es la garantía que ofrecen las empresas que realizan estos trabajos.

A. Costo de posesión.

Costos fijos de tener una máquina o un motor durante todo su ciclo de vida útil. Estos Costos están: Relacionados con costos iniciales, financiación, impuestos; Siempre presentes, no los afecta el número de horas de uso de la máquina. (Corcia, 2013).

- **Descripción general.**

Valor de adquisición (Va)	S/250,000.00
Capacidad del Cucharón	1.2-1.7 m3
Potencia (HP)	109 HP
Vida económica útil (VEU)	3 años
Vida económica útil (Horas)	6,000
Valor residual (Vr)	$Vr=0.2*Va=S/.50,000.00$

- **Costo de la inversión media anual (IMA)**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor de adquisición (Va), vida económica útil (VEU).

$$IMA = \frac{Va*(VEU+1)}{2VEU} \quad (28)$$

$$IMA = \frac{250,000*(3+1)}{2(3)}$$

$$IMA = S/. 166,666.67 \text{ anuales}$$

- **Costo horario de depreciación (Dh)**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor residual (Va), vida económica útil (VEU) en horas anuales, valor residual (Vr).

$$Da = \frac{Va-Vr}{VEU} \quad (12)$$

Reemplazando tenemos:

$$Da = \frac{250,000-50,000}{3}$$

$$Da = 66,666.67/\text{anuales}$$

$$Dh = 66,666.67/2000$$

$$Dh = S/.33.33 \text{ hora}$$

- **Costos horarios de los intereses (I)**

Para realizar el cálculo del costo horario de los intereses se tiene en cuenta la tasa activa en moneda nacional (TAMN), del año 2018 que es del 14.37% emitido por la superintendencia de banca y seguros (SBS). Las variables que están involucradas son inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA * (\% \text{ tasa activa})}{N^{\circ} \text{ horas anuales}} \quad (14)$$

Reemplazando tenemos

$$I = \frac{166,666.67 * 0.1437}{2000}$$

$$I = S/. 11.97 \text{ hora}$$

- **Costo horario seguros, impuestos almacenaje (S.I.A.)**

Para la realización del siguiente, se asume las tasas promedias anual de seguros, impuestos, almacenaje de:

Seguros para maquinaria y equipos.	2.75%
Impuestos	1%
almacenaje	0.50%
Total	4.25%

Aplicamos la siguiente formula; teniendo como variables la inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{\text{IMA} * (\% \text{ tasa activa})}{\text{N}^\circ \text{ horas anuales}} \quad (14)$$

Reemplazando tenemos

$$I = \frac{166,666.67 * 0.0425}{2000}$$

$$I = S/.3.54 \text{ Hora}$$

- **Total, costo horario de posesión**

Costo horario de depreciación	S/33.33
Costo horario de impuesto	S/11.97
Costo horario de seguros, impuesto y almacenaje	S/3.54
Total, costo de posesión	S/48.84

B. Costo de operación

• Costo horario de los gastos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento según informe del ministerio de vivienda construcción y saneamiento estima un aproxima del 25% mano de obra y 75 % repuestos, esto varía según la complejidad del trabajo, la distancia donde se ubica la máquina.

Tabla 222

Coefficiente de mantenimiento

EQUIPO	Q
Tractores de oruga, cargadores frontales, moto traíllas	0.5 a 0.9
Motoniveladoras, excavadoras, tractores agrícolas, camiones aguateros	0.35 a 0.75
Volquetes	0.45 a 0.85
Compresoras	0.35 a 0.75
Compactadores vibratorios, compactadores neumáticos	0.40 a 0.80
Plantas de trituración, plantas de asfalto	0.25 a 0.45
Carro imprimador, distribuidor de agregados, escoba mecánica	0.25 a 0.45
Mezcladoras de hormigón, vibradoras, martillos neumáticos	0.30 a 0.70

Fuente: Ayllu (2007)

• Costos de mantenimiento

$$cmm = \text{coeficiente mantto} * Va$$

(9)

- ✓ Reemplazando tenemos.
- ✓ $cmm = 0.5 * 480,000.00$
- ✓ la selección del coeficiente de mantenimiento es de 0.5 debido que es un cargador frontal y los trabajos se dan en zonas de trabajo duro. De acuerdo a la curva de desgaste este se encuentra en la etapa inicial.
- ✓ " $cmm = S/.240,000.00$ "

• Costos mano de obra

Teniendo con variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

Aplicamos la fórmula:

$$cmo = \text{coeficiente mantenimiento} * cmm \quad (29)$$

- ✓ el coeficiente de mantenimiento es del 25%.
- ✓ Reemplazando tenemos que:

- ✓ $\text{cmo} = 0.25 * 240,000.00$
- ✓ $\text{cmo} = \text{S/} 45,000.00$
- ✓ Vida económica útil.
- ✓ $\text{cmo} = \frac{56,250.00}{6000}$
- ✓ $\text{cmo} = \text{S/} 9.375 \text{ hora}$

- **Costos de repuestos**

Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

- ✓ $\text{cmr} = 0.75 * 225,000.00$
- ✓ $\text{cmr} = \text{S/} 165,000.00$
- ✓ vida económica útil.
- ✓ $\text{cmr} = 165,000.00/6000$
- ✓ $\text{cmr} = \text{S/} 27.5 \text{ Hora}$

Tabla 233

Costos unitarios de consumibles aceites, grasa, filtros

DESCRIPCIÓN	UND O CODIGO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MTT 250 HORAS	COSTO MTT 500 HORAS	COSTO CONSUMIBLES CADA 50 HORAS	COSTO POR HORA
GRASA	Balde	1	S/ 330.43	S/ 165.23	S/ 330.43		S/ 0.66
CONSUMO DE ACEITE DE MOTOR SAE 15W40	Galones	10	S/ 70.00	S/ 700.00	S/ 700.00	S/. 140.00	S/ 1.40
CONSUMO DE ACEITE DE CAJA SAE 40	Galones	15	S/ 75.98		S/ 1,139.76	S/. 148.17	S/ 2.28
CONSUMO DE ACEITE HIDRAULICO SAE 10	Galones	20	S/ 87.93		S/ 1,758.68	S/. 184.66	S/ 3.52
CONSUMO DE ACEITE DE CORONA SAE 50	Galones	10	S/ 83.87		S/ 838.66	S/. 41.93	S/ 1.68
CONSUMO DE ACEITE TRASMISION SAE 30	Galones	15	S/ 85.00		S/ 1,275.00		S/ 2.55
CONSUMO DE REFRIGERANTE	Galones	10	S/ 98.80		S/ 494.00		S/ 0.99
FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	LF-3349	1	S/ 37.34	S/ 37.34	S/ 37.34		S/ 0.15
FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO	FF-5052	1	S/ 44.25	S/ 44.25	S/ 44.25		S/ 0.18
FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	FF-5053	1	S/ 48.69		S/ 48.69		S/ 0.10
FILTRO DE TRASMISION	714-07-2870	1	S/ 499.31		S/ 499.31		S/ 1.00
FILTRO ELEMENTO	07063-01054	1	S/ 126.98		S/ 126.98		S/ 0.25
FILTRO DE AIRE PRIMARIO	600-181-6730	1	S/ 656.62		S/ 656.62		S/ 1.31
FILTRO CAJA DE CAMBIOS	417-07-28713	1	S/ 860.00				S/ 0.86
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	600-181-6830	1	S/ 297.40		S/ 297.40		S/ 0.59
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	WF-2074	1	S/ 68.38		S/ 68.38		S/ 0.14
FILTRO HIDRAULICO		1	S/. 720.00				S/. 0.72
SUB TOTAL COSTO DE CONSUMIBLES (se suma el consumo por relleno de lubricantes)				S/ 946.82	S/ 8,247.12	S/. 514.76	S/. 28.67

Fuente: Elaboración propia

- **Costo horario de combustible**

El consumo de combustible (petróleo) es de 4.5 galones/hora, el precio que adquiere el insumo es de S/. 15.00 el galón.

✓ Costo de combustible: S/. 67.50 Hora

- **Costo horario de neumáticos**

La cantidad de neumáticos son 4, el costo por cada neumático es de S/. 5,769.00, cada neumático dura un total de 2000 horas.

✓ Costo horario de neumáticos:

$$\frac{5,769.00*4}{2000} = S/11.54$$

- **Costo horario del operador.**

El sueldo del operador es de S/. 2,000.00, se asume que trabaja un total de 8 horas diarias en un total de 25 días al mes. Haciendo un total de 200 horas.

✓ Costo horario del operador: S/. 10.00

- **Costo total de operación**

Costos mano de obra	S/.9.375
Costos repuestos	S/.27.50
Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros	S/.28.67
Costo horario de combustible	S/.67.50
Costo horario de neumáticos	S/.11.54
Total, costo horario de operación	S/. 144.585

3.1.10.3. Análisis de costos unitarios del cargador frontal nuevo

Los costos de las empresas que proveen de maquinaria pesada varían de acuerdo a la marca, el costo promedio que se asumirá es de S/.480,000. De acuerdo a lo estipulado por CAPECO el cargador sobre ruedas tiene una vida económica útil de 5 años equivalente a 10,000 horas.

A. Costo de posesión

➤ Descripción general

Valor de adquisición (Va)	S/. 480,000.00
➤ Capacidad del Cucharón	1.2-1.7 m ³
➤ Potencia (HP)	109 HP
➤ Vida económica útil (VEU)	5 años
➤ Vida económica útil (Horas)	10,000.00
➤ Valor residual (Vr)	Vr=0.2*Va=S/.96,000.00

e la inversión media anual (IMA)

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor de adquisición (Va), vida económica útil (VEU).

$$IMA = \frac{Va*(VEU+1)}{2VEU} \quad (28)$$

$$IMA = \frac{480,000*(5+1)}{2(5)}$$

$$IMA = S/. 288,000.00 \text{ anuales}$$

➤ Costo horario de depresión (Dh)

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor residual (Va), vida económica útil (VEU) en horas anuales, valor residual (Vr).

$$Da = \frac{Va-Vr}{VEU} \quad (12)$$

Reemplazando tenemos

$$Da = \frac{480,000-96,000}{5}$$

$$Da = 76,800/\text{hora}$$

$$Dh = 76,800/2000$$

$$Dh = S/.38.40 \text{ hora}$$

➤ **Costos horarios de los intereses (I)**

Para realizar el cálculo del costo horario de los intereses se tiene en cuenta la tasa activa en moneda nacional (TAMN), del año 2018 que es del 14.37% emitido por la superintendencia de banca y seguros(SBS). Las variables que están involucradas son inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA*(\% \text{ tasa activa})}{N^{\circ} \text{ horas anuales}}(14)$$

Reemplazando tenemos

$$I = \frac{288,000*0.1437}{2000}$$

$$I = S/. 20.6928 \text{ Hora}$$

➤ **Costo horario seguros, impuestos almacenaje (S.I.A)**

Para la realización del siguiente, se asume las tasas promedias anual de seguros, impuestos, almacenaje de:

Seguros para maquinaria y equipos.	2.75%
Impuestos	1%
Almacenaje	0.5%
Total	4.25%

i

camos la siguiente formula; teniendo como variables la inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA*(\% \text{ tasa activa})}{N^{\circ} \text{ horas anuales}}(14)$$

Reemplazando tenemos

$$I = \frac{288,000*0.0425}{2000}$$

$$I = S/ .6.12 \text{ Hora}$$

➤ **Total, costo horario de posesión**

- ✓ Costo horario de depresión S/.38.40
- ✓ Costo horario de impuestos S/.20.69
- ✓ Costo horario de seguros,

- ✓ Impuestos y almacenaje S/.6.12
- ✓ Total, costo de posesión S/.65.21

B. Costo de operación

➤ **Costo horario de los gastos de mantenimiento.**

Los costos de mantenimiento según informe del ministerio de vivienda construcción y saneamiento estima un aproximado del 25% mano de obra y 75 % repuestos, esto varía según la complejidad del trabajo, la distancia donde se ubica la máquina.

➤ **Costos de mantenimiento.**

$$cmm = \text{coeficiente mantto} * Va \quad (9)$$

Reemplazando tenemos

- ✓ $cmm = 0.5 * 480,000.00$

- ✓ la selección del coeficiente de mantenimiento es de 0.5 debido que es un cargador frontal y los trabajos se dan en zonas de trabajo duro. De acuerdo a la curva de desgaste este se encuentra en la etapa inicial.

- ✓ $cmm = S/. 240,000.00$

➤ **Costos mano de obra.**

Teniendo con variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

Aplicamos la fórmula:

$$cmo = \text{coeficiente mantenimiento} * cmm$$

(29)

- ✓ El coeficiente de mantenimiento es del 25%
- ✓ Reemplazando tenemos que:
- ✓ $cmo = 0.25 * 240,000.00$
- ✓ $cmo = S/. 45,000.00$
- ✓ Vida económica útil.
- ✓ $cmo = \frac{60,000}{10,000}$
- ✓ $cmo = S/. 6.00 \text{ Hora}$

➤ **Costos repuestos.**

Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

✓ $cmr = 0.75 * 240,000$

✓ $cmr = S/. 180,000.00$

✓ vida económica útil.

✓ $cmr = \frac{180,000}{10,000}$

✓ $cmr = S/. 18.00 \text{ Hora}$

➤ **Costo horario de combustible.**

El consumo de combustible (petróleo) es de 4 galones/hora, el precio que adquiere el insumo es de S/. 15.00 el galón.

✓ Costo de combustible: S/. 60 Hora

➤ **Costo horario de neumáticos.**

La cantidad de neumáticos son 4, el costo por cada neumático es de S/. 5,769.00, cada neumático dura un total de 2000 horas.

✓ Costo horario de neumáticos: $\frac{5,769.00 * 4}{2000} = S/. 11.54$

➤ **Costo horario del operador.**

El sueldo del operador es de S/. 2,000.00, se asume que trabaja un total de 8 horas diarias en un total de 25 días al mes. Haciendo un total de 200 horas.

✓ Costo horario del operador: S/. 10.00

➤ **Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros.**

Tabla 244

Costos unitarios de Consumibles aceites, grasa, filtros

DESCRIPCIÓN	UND O CODIGO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MTT0 250 HORAS	COSTO MTT500 HORAS	COSTO RELLENO LUBRICANTES CADA 50 HORAS	COSTO POR HORA
FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	6736-51-5142	1	S/. 158.70	S/. 158.70	S/. 317.40		S/. 0.63
FILTRO DE COMBUSTIBLE	600-319-3750	1	S/. 455.70	S/. 455.70	S/. 911.40		S/. 1.82
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	600-319-311-3620	1	S/. 477.60	S/. 477.60	S/. 716.40		S/. 1.43
FILTRO HIDRAULICO		1	S/. 400.00		S/. 400.00		S/. 0.80
FILTRO DE CAJA DE CAMBIOS	14113FSP	1	S/. 300.00		S/. 300.00		S/. 0.60
FILTRO DE AIRE PRIMARIO	P780522	1	S/. 197.80		S/. 197.80		S/. 0.40
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	P780523	1	S/. 90.00		S/. 90.00		S/. 0.18
ACEITE DE MOTOR SAE 15W40	Galones	10	S/. 70.00	S/. 700.00	S/. 700.00		S/. 1.40
ACEITE HIDRAULICO SAE10	Galones	20	S/. 87.93		S/. 1,758.68		S/. 3.52
REFRIGERANTE	Galones	10	S/. 85.00		S/. 850.00		S/. 1.70
ACEITE DE CAJA DE CAMBIOS SAE50	Galones	10	S/. 75.98		S/. 759.84		S/. 0.76
ACEITE DE CORONAS SAE50	Galones	10	S/. 83.87		S/. 838.66		S/. 0.84
SUB TOTAL CONSUMIBLES (Se añade el consumo de lubricantes, solo si está consumiendo)				S/1,792.00	S/. 7,840.18	S/. 0.00	S/. 14.08

Fuente: Elaboración propia

Costo total operación

Costos mano de obra	S/. 6.00
Costos repuestos	S/. 18.00
Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros	S/. 14.08
Costo horario de combustible	S/. 60.00
Costo horario de neumáticos	S/. 11.54
Total, costo horario de operación	S/. 109.62

Costo horario total

Costo operación=costo de operación + costo de posesión
 Costo operación(sin operador)=109.62+65.2128
Costo operación(sin operador) =174.8328
Costo operación(incluye operador)=184.8328

3.1.10.4. Análisis de rentabilidad y viabilidad Cargador Frontal Komatsú WA-180

Analizar los costos de los mantenimientos actuales, para luego descartar si es rentable mantener en servicios la maquina o es mejor renovarla. Concluimos con la determinación del VAN, TIR y verificando la tasa de retorno de la inversión.

Tabla 255

Costo mantenimiento de cargador frontal komatsú WA-180 proyectada en 10 años se considera como ingreso

AÑO	COSTO DE POSESIÓN	COSTO DE OPERACIÓN	ALQUILER DE MAQUINARIA	REPARACIONES	TOTAL
1	S/. 97,680.00	S/. 289,170.00		S/. 250,000.00	S/. 636,850.00
2	S/. 97,680.00	S/. 289,170.00			S/. 386,850.00
3	S/. 97,680.00	S/. 289,170.00			S/. 386,850.00
4	S/. 97,680.00	S/. 144,585.00	S/. 250,000.00		S/. 492,265.00
5	S/. 97,680.00		S/. 500,000.00		S/. 597,680.00
6	S/. 97,680.00		S/. 500,000.00		S/. 597,680.00
7	S/. 97,680.00		S/. 500,000.00		S/. 597,680.00
8	S/. 97,680.00		S/. 500,000.00		S/. 597,680.00
9	S/. 97,680.00		S/. 500,000.00		S/. 597,680.00
10	S/. 97,680.00		S/. 500,000.00		S/. 597,680.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 266
*Costo mantenimiento de cargador frontal nuevo proyectado en 10 años
se considera como egreso*

AÑO	COSTO DE POSESIÓN	COSTO DE OPERACIÓN	TOTAL
1	S/. 130,425.60	S/. 219,240.00	S/. 349,665.60
2	S/. 130,425.60	S/. 219,240.00	S/. 349,665.60
3	S/. 130,425.60	S/. 219,240.00	S/. 349,665.60
4	S/. 130,425.60	S/. 219,240.00	S/. 349,665.60
5	S/. 130,425.60	S/. 219,240.00	S/. 349,665.60
6	S/. 130,425.60	S/. 219,240.00	S/. 349,665.60
7	S/. 130,425.60	S/. 219,240.00	S/. 349,665.60
8	S/. 130,425.60	S/. 219,240.00	S/. 349,665.60
9	S/. 130,425.60	S/. 219,240.00	S/. 349,665.60
10	S/. 130,425.60	S/. 219,240.00	S/. 349,665.60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47
Costos flujos de caja para determinar el VAR y TIR

Año	Egresos		Ingresos	Flujo de caja
	Inversión	Costo de mtto		
0	S/. 480,000.00			-S/. 480,000.00
1		S/. 349,665.60	S/. 636,850.00	S/. 287,184.40
2		S/. 349,665.60	S/. 386,850.00	S/. 37,184.40
3		S/. 349,665.60	S/. 386,850.00	S/. 37,184.40
4		S/. 349,665.60	S/. 492,265.00	S/. 142,599.40
5		S/. 349,665.60	S/. 597,680.00	S/. 248,014.40
6		S/. 349,665.60	S/. 597,680.00	S/. 248,014.40
7		S/. 349,665.60	S/. 597,680.00	S/. 248,014.40
8		S/. 349,665.60	S/. 597,680.00	S/. 248,014.40
9		S/. 349,665.60	S/. 597,680.00	S/. 248,014.40
10		S/. 349,665.60	S/. 597,680.00	S/. 248,014.40

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar el cálculo respectivo esto genera como resultado:

VAN : S/. 674,910.98

TIR : 34%

RENTABILIDAD : S/. 0.41

Al resultar el VAN de S/674,910.98 es positivo, la inversión si es viable, complementando con el TIR que resulto un 34%, siendo mayor que la tasa de interés que provee el banco a la municipalidad que es del 10%, Concluimos que el mantener en servicio esta máquina resulta perjudicial ya que por cada S/. 1.00 que invierte estaría perdiendo S/. 0.41.

4.4.3. Análisis de costos Cargador Frontal Komatsú WA-200

El historial de mantenimiento y el año de fabricación demuestran que es una maquina nueva, considerándolo de acuerdo a la curva de la bañera se encontraría en etapa intermedia del ciclo de vida. El trabajo que realiza es continuo y no representa grandes tiempos en paradas no planificadas, para esto solo consideraremos el costo por hora de la máquina. Asumimos que el valor de rescate es S/. 550,000.00, siendo igual al valor de adquisición (Va).

A. Costo de posesión

➤ Descripción general

Valor de adquisición (Va)	S/. 550,000.00
Capacidad del Cucharón	1.7-2.4 m ³
Potencia (HP)	128 HP
Vida económica útil (VEU)	5 años
Vida económica útil (Horas)	10,000.00
Valor residual (Vr)	$V_r=0.2*V_a=S/.110,000.00$

➤ **Costo de la inversión media anual (IMA)**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor de adquisición (Va), vida económica útil (VEU)

$$IMA = \frac{Va*(VEU+1)}{2VEU} \quad (28)$$

$$IMA = \frac{550,000.00*(5+1)}{2(5)}$$

$$IMA = S/. 330,000.00 \text{ anuales}$$

➤ **Costo horario de depresión (Dh).**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor residual (Va), vida económica útil (VEU) en horas anuales, valor residual (Vr).

$$Da = \frac{Va-Vr}{VEU} \quad (12)$$

Reemplazando tenemos:

$$✓ \quad Da = \frac{550,000-110,000}{5}$$

$$✓ \quad Da = 107,800/\text{hora}$$

$$✓ \quad Dh = 107,800/2000$$

$$✓ \quad Dh = S/.53.9 \text{ hora}$$

➤ **Costo horario de intereses (I)**

Para realizar el cálculo del costo horario de los intereses se tiene en cuenta la tasa activa en moneda nacional (TAMN), del año 2018 que es del 14.37% emitido por la superintendencia de banca y seguros (SBS). Las variables que están involucradas son inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA*(\% \text{ tasa activa})}{N^\circ \text{ horas anuales}} \quad (14)$$

Reemplazando tenemos:

$$✓ \quad I = \frac{330,000.00*0.1437}{2000}$$

$$✓ \quad I = S/. 23.71 \text{ Hora}$$

➤ **Costo horario seguros, impuestos almacenaje (S.I.A)**

Para la realización del siguiente, se asume las tasas promedias anual de seguros, impuestos, almacenaje de:

Seguros para maquinaria y equipos	2.75%
Impuestos	1%
almacenaje	0.50%
Total	4.25%

Aplicamos la siguiente formula; teniendo como variables la inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA * (\% \text{ tasa activa})}{N^{\circ} \text{ horas anuales}} (14)$$

Reemplazando tenemos

$$\checkmark I = \frac{330,000.00 * 0.0425}{2000}$$

$$\checkmark I = S/.7.01 \text{ Hora}$$

➤ **Total, costo horario de posesión**

Costo horario de depresión	S/. 53.9
Costo horario de impuestos	S/. 23.71
Costos horarios de seguros, impuestos, almacenaje	S/. 7.01
Total, costo de posesión	S/. 84.62

B. Costo de operación

➤ **Costo horario de los gastos de mantenimiento**

Los costos de mantenimiento según informe del ministerio de vivienda construcción y saneamiento estima un aproxima del 25% mano de obra y 75 % repuestos, esto varía según la complejidad del trabajo, la distancia donde se ubica la máquina.

➤ **Costos de mantenimiento**

$$\text{cmm} = \text{coeficiente mantto} * \text{Va} \quad (9)$$

Reemplazando tenemos:

- ✓ $\text{cmm} = 0.6 * 550,000.00$
- ✓ la selección del coeficiente de mantenimiento es de 0.6 debido que es un cargador frontal y los trabajos se dan en zonas de trabajo duro. De acuerdo a la curva de desgaste este se encuentra en la etapa intermedia.
- ✓ $\text{cmm} = \text{S}/.330,000.00$

➤ **Costos mano de obra**

Teniendo con variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

Aplicamos la fórmula:

$$\text{cmo} = \text{coeficiente mantenimiento} * \text{cmm} \quad (29)$$

- ✓ El coeficiente de mantenimiento es del 25%
- ✓ Reemplazando tenemos que:
- ✓ $\text{cmo} = 0.25 * 330,000.00$
- ✓ $\text{cmo} = \text{S}/. 82,500.00$
- ✓ Vida económica útil.
- ✓ $\text{cmo} = \frac{82,500}{10,000}$
- ✓ $\text{cmo} = \text{S}/. 8.25 \text{ Hora}$

➤ **Costos repuestos**

Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

- ✓ $\text{cmr} = 0.75 * 330,000.00$
- ✓ $\text{cmr} = \text{S}/. 247,500.00$
- ✓ vida económica útil.
- ✓ $\text{cmr} = \frac{247,500.00}{10,000}$
- ✓ $\text{cmr} = \text{S}/. 24.75 \text{ Hora}$

➤ **Costo horario de combustible**

El consumo de combustible (petróleo) es de 4.6 galones/ hora, el precio que adquiere el insumo es de S/. 15.00 el galón.

✓ Costo de combustible: S/. 69 Hora

➤ **Costo horario de neumáticos**

La cantidad de neumáticos son 4, el costo por cada neumático es de S/. 5,769.00, cada neumático dura un total de 2000 horas.

✓ Costo horario de neumáticos: $\frac{5,769.00 * 4}{2000} = S/.11.54$

➤ **Costo horario del operador**

El sueldo del operador es de S/. 2,000.00, se asume que trabaja un total de 8 horas diarias en un total de 25 días al mes. Haciendo un total de 200 horas.

✓ Costo horario del operador: S/. 10.00

➤ **Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros**

Tabla 48

Costos unitarios de consumibles aceites, grasa, filtros cargador frontal Komatsu WA-200

DESCRIPCIÓN	UND O CODIGO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MTT 250 HORAS	COSTO MTT0500 HORAS	COSTO RELLENO LUBRICANTES CADA 50 HORAS	COSTO POR HORA	
FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	6736-51-5142	1	S/. 158.70	S/. 158.70	S/. 317.40		S/. 0.63	
FILTRO DE COMBUSTIBLE	600-319-3750	1	S/. 455.70	S/. 455.70	S/. 911.40		S/. 1.82	
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	600-319-311-3620	1	S/. 477.60	S/. 477.60	S/. 716.40		S/. 1.43	
FILTRO HIDRAULICO		1	S/. 400.00		S/. 400.00		S/. 0.80	
FILTRO DE CAJA DE CAMBIOS	14113FSP	1	S/. 300.00		S/. 300.00		S/. 0.60	
FILTRO DE AIRE PRIMARIO	P780522	1	S/. 197.80		S/. 197.80		S/. 0.40	
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	P780523	1	S/. 90.00		S/. 90.00		S/. 0.18	
ACEITE DE MOTOR SAE 15W40	Galones	10	S/. 70.00	S/. 700.00	S/. 700.00		S/. 1.40	
ACEITE HIDRAULICO SAE10	Galones	20	S/. 87.93		S/. 1,758.68		S/. 3.52	
REFRIGERANTE	Galones	10	S/. 85.00		S/. 850.00		S/. 1.70	
ACEITE DE CAJA DE CAMBIOS SAE50	Galones	10	S/. 75.98		S/. 759.84		S/. 0.76	
ACEITE DE CORONAS SAE50	Galones	10	S/. 83.87		S/. 838.66		S/. 0.84	
SUB TOTAL CONSUMIBLES (Se añade el consumo de lubricantes, solo si está consumiendo)					S/1,792.00	S/. 7,840.18	S/. 0.00	S/. 14.08

Fuente: Elaboración propia

Costo total operación		Costo horario total
Costos mano de obra	S/. 8.25	Costo operación=costo de operación + costo de posesión
Costos repuestos	S/. 24.75	Costo operación (sin operador) =127.62+84.62
Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros	S/. 14.08	Costo operación (sin operador) = S/. 212.24
Costo horario de combustible	S/. 69.00	Costo operación (incluye operador) = S/. 222.24
Costo horario de neumáticos	S/. 11.54	
Total, costo horario de operación	S/. 127.62	

4.4.4. Análisis de costos Motoniveladora Caterpillar 120K

El historial de mantenimiento y el año de fabricación demuestran que es una maquina nueva, considerándolo de acuerdo a la curva de la bañera se encontraría en etapa intermedia del ciclo de vida. El trabajo que realiza es continuo y no representa grandes tiempos en paradas no planificadas, para esto solo consideraremos el costo por hora de la máquina. Teniendo con valor residual de S/. 450,000.00 este equivalente al Va.

A. Costo de posesión

➤ Descripción general

Valor de adquisición (Va)	S/. 450,000.00
Ancho de vertedera	3.658 m
Potencia (HP)	125 HP
Vida económica útil (VEU)	5 años
Vida económica útil (Horas)	10,000.00
Valor residual (Vr)	$Vr=0.2*Va=S/.90,000.00$

➤ **Costo de la inversión media anual (IMA)**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor de adquisición (Va), vida económica útil (VEU).

$$\text{IMA} = \frac{V_a \cdot (\text{VEU} + 1)}{2 \cdot \text{VEU}} \quad (28)$$

$$\text{IMA} = \frac{450,000.00 \cdot (5 + 1)}{2(5)}$$

$$\text{IMA} = \text{S/. } 270,000.00 \text{ anuales}$$

➤ **Costo horario de depresión (Dh)**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor residual (Va), vida económica útil (VEU) en horas anuales, valor residual (Vr).

$$D_a = \frac{V_a - V_r}{\text{VEU}} \quad (12)$$

Reemplazando tenemos:

$$\checkmark D_a = \frac{450,000 - 90,000}{5}$$

$$\checkmark D_a = 72,000/\text{hora}$$

$$\checkmark D_h = 72,000/2000$$

$$\checkmark D_h = \text{S/. } 36.00 \text{ hora}$$

➤ **Costo horario de intereses (I)**

Para realizar el cálculo del costo horario de los intereses se tiene en cuenta la tasa activa en moneda nacional (TAMN), del año 2018 que es del 14.37% emitido por la superintendencia de banca y seguros (SBS). Las variables que están involucradas son inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA * (\% \text{ tasa activa})}{N^{\circ} \text{ horas anuales}} \quad (14)$$

Reemplazando tenemos:

✓ $I = \frac{270,000.00 * 0.1437}{2000}$

✓ $I = S/. 19.40 \text{ Hora}$

➤ **Costo horario seguros, impuestos almacenaje (S.I.A)**

Para la realización del siguiente, se asume las tasas promedias anual de seguros, impuestos, almacenaje de:

Seguros para maquinaria y equipos.	2.75%
Impuestos	1%
Almacenaje	0.5%
Total	4.25%

alicamos la siguiente formula 14; teniendo como variables la inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA * (\% \text{ tasa activa})}{N^{\circ} \text{ horas anuales}} \quad (14)$$

Reemplazando tenemos

✓ $I = \frac{270,000.00 * 0.0425}{2000}$

✓ $I = S/.5.74 \text{ Hora}$

➤ **Total, costo horario de posesión**

Costo horario de depresión	S/. 36.00
Costo horario de impuestos	S/. 19.40
Costos horarios de seguros, impuestos, almacenaje	S/. 5.74
Total, costo de posesión	S/. 61.14

B. Costo de operación

➤ **Costo horario de los gastos de mantenimiento**

Los costos de mantenimiento según informe del ministerio de vivienda construcción y saneamiento estima un aproxima del 25% mano de obra y 75 % repuestos, esto varía según la complejidad del trabajo, la distancia donde se ubica la máquina.

➤ **Costo por mantenimiento**

$$cmm = \text{coeficiente mantto} * Va \quad (9)$$

Reemplazando tenemos

✓ $cmm = 0.45 * 450,000.00$

✓ la selección del coeficiente de mantenimiento para motoniveladora es de 0.35 a 0.75, elegimos 0.45 por tener una vida intermedia de vida.

✓ $cmm = S/.202,500.00$

➤ **Costos de mano de obra**

Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

Aplicamos la fórmula 29:

$$cmo = \text{coeficiente mantenimiento} * cmm \quad (29)$$

✓ El coeficiente de mantenimiento es del 25%

✓ Reemplazando tenemos que:

✓ $cmo = 0.25 * 202,500.00$

✓ $cmo = S/. 50,625.00$

✓ Vida económica útil.

✓ $cmo = \frac{50,6250}{10,000}$

✓ $cmo = S/. 5.07$ Hora

➤ **Costos de repuestos**

✓ Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

✓ $cmr = 0.75 * 202,500.00$

✓ $cmr = S/. 151,875.00$

✓ vida económica útil

✓ $cmr = \frac{151,875.00}{10,000}$

✓ $cmr = S/. 15.19$ Hora

➤ **Costo horario de combustible**

El consumo de combustible (petróleo) es de 4.2 galones/ hora, el precio que adquiere el insumo es de S/. 15.00 el galón.

✓ Costo de combustible: S/. 63 hora

➤ **Costo horario de neumáticos**

La cantidad de neumáticos son 4, el costo por cada neumático es de S/. 5,769.00, cada neumático dura un total de 2000 horas.

✓ Costo horario de neumáticos: $\frac{5,769.00 * 4}{2000} = S/. 11.54$

➤ **Costo horario del operador**

El sueldo del operador es de S/. 2,000.00, se asume que trabaja un total de 8 horas diarias en un total de 25 días al mes. Haciendo un total de 200 horas.

✓ Costo horario del operador: S/. 10.00

➤ **Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros**

Tabla 49

Costos unitarios de consumibles aceites, grasa, filtros Motoniveladora Caterpillar 120K

DESCRIPCIÓN	UND O CODIGO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MTT 250 HORAS	COSTO MTT500 HORAS	COSTO RELLENO LUBRICANTES CADA 50 HORAS	COSTO POR HORA
FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	1R-1807	1	S/. 189.00	S/. 189.00	S/. 189.00		S/. 0.76
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0762	1	S/. 150.00	S/. 150.00	S/. 150.00		S/. 0.60
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	326-1644	1	S/. 120.00		S/. 120.00		S/. 0.24
FILTRO HIDRAULICO		1	S/. 450.00		S/. 450.00		S/. 0.90
FILTRO DE CAJA DE CAMBIOS	3030-070Z3	1	S/. 387.50		S/. 387.50		S/. 0.78
FILTRO DE AIRE PRIMARIO	245-6375	1	S/. 450.00		S/. 450.00		S/. 0.90
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	245-6376	1	S/. 220.00		S/. 220.00		S/. 0.44
ACEITE DE MOTOR SAE15W40	Galones	10	S/. 70.00	S/. 700.00	S/. 700.00	S/. 35.00	S/. 2.80
ACEITE HIDRAULICO SAE10	Galones	20	S/. 87.93		S/. 1,758.68		S/. 3.52
REFRIGERANTE	Galones	10	S/. 85.00		S/. 850.00		S/. 1.70
ACEITE DE TANDEM SAE50	Galones	35	S/. 75.98		S/. 2,659.44		S/. 5.32
ACEITE DE CAJA DE CAMBIOS SAE50	Galones	15	S/. 83.87		S/. 1,257.99		S/. 2.52
ACEITE TORNAMESA SAE90	Galones	5	S/. 84.00		S/. 84.00		S/. 0.34
SUB TOTAL CONSUMIBLES (Se añade el consumo de lubricantes, solo si está consumiendo)				S/1,039.00	S/. 9,276.61	S/. 35.00	S/. 21.50

Fuente: Elaboración propia

Costo total operación		Costo horario total
Costos mano de obra	S/. 5.07	Costo operación = costo de operación + costo de posesión
Costos repuestos	S/. 15.19	Costo operación(sin operador) =116.30+61.14
Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros	S/. 21.50	Costo operación (sin operador) = S/. 177.44
Costo horario de combustible	S/. 63.00	Costo operación (incluye operador) = S/. 187.44
Costo horario de neumáticos	S/. 11.54	
Total, costo horario de operación	S/. 116.30	

4.4.5. Análisis de costos Motoniveladora Komatsú GD-511A

Las horas trabajadas hacen un total de 10,000, el historial de mantenimiento demuestra que esta máquina ha sido reparada la caja de cambios en el año 2012, hasta la fecha no presenta mayores problemas con respecto a los sistemas hidráulicos, motor, sistema de encendido, sistema de implementos, teniendo como sistema crítico el sistema de giro de la tornamesa. Asumimos que el costo por hora de la máquina. Con un valor de rescate de $V_a = V_r = S/.180,000.00$.

A. Costo de posesión

➤ Descripción general

Valor de adquisición (V_a)	S/. 180,000.00
Ancho de vertedera	3.7m
Potencia (HP)	135 HP
Vida económica útil (VEU)	3 años
Vida económica útil (Horas)	6,000.00
Valor residual (V_r)	$V_r = 0.2 * V_a = S/.36,000.00$

➤ Costo de la inversión media anual (IMA)

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor de adquisición (V_a), vida económica útil (VEU).

$$IMA = \frac{V_a * (VEU + 1)}{2 * VEU} \quad (28)$$

$$IMA = \frac{180,000.00 * (3 + 1)}{2 * (3)}$$

$$IMA = S/. 120,000.00 \text{ anuales}$$

➤ **Costo horario de depresión (Dh)**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor residual (Va), vida económica útil (VEU) en horas anuales, valor residual (Vr).

$$Da = \frac{Va-Vr}{VEU} \quad (12)$$

Reemplazando tenemos

✓ $Da = \frac{180,000-36,000}{3}$

✓ $Da = 48,000/\text{hora}$

✓ $Dh = 48,000/2000$

✓ $Dh = S/.24.00 \text{ hora}$

➤ **Costo horario de intereses (I)**

Para realizar el cálculo del costo horario de los intereses se tiene en cuenta la tasa activa en moneda nacional (TAMN), del año 2018 que es del 14.37% emitido por la superintendencia de banca y seguros (SBS). Las variables que están involucradas son inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA*(\% \text{ tasa activa})}{N^\circ \text{ horas anuales}} \quad (14)$$

Reemplazando tenemos

✓ $I = \frac{120,000.00*0.1437}{2000}$

✓ $I = S/. 8.62 \text{ Hora}$

➤ **Costo horario seguros, impuestos almacenaje (S.I.A)**

Para la realización del siguiente, se asume las tasas promedias anual de seguros, impuestos, almacenaje de:

Seguros para maquinaria y equipos	2.75%
Impuestos	1%
Almacenaje	0.5%
Total	4.25%

Aplicamos la siguiente formula; teniendo como variables la inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{\text{IMA} * (\% \text{ tasa activa})}{\text{N}^\circ \text{ horas anuales}} \quad (14)$$

Reemplazando tenemos

$$\checkmark I = \frac{120,000.00 * 0.0425}{2000}$$

$$\checkmark I = S/.2.55 \text{ Hora}$$

➤ **Total, costo horario de posesión**

Costo horario de depresión	S/. 24.00
Costo horario de impuestos	S/. 8.62
Costos horarios de seguros, Impuestos, almacenaje	S/. 2.55
Total, costo de posesión	S/. 35.17

B. Costo de operación

➤ **Costo horario de los gastos de mantenimiento**

Los costos de mantenimiento según informe del ministerio de vivienda construcción y saneamiento estima un aproximado del 25% mano de obra y 75 % repuestos, esto varía según la complejidad del trabajo, la distancia donde se ubica la máquina.

➤ **Costos de mantenimiento**

$$\text{cmm} = \text{coeficiente mantto} * \text{Va} \quad (9)$$

Reemplazando tenemos.

$$\checkmark \text{cmm} = 0.75 * 180,000.00$$

✓ la selección del coeficiente de mantenimiento para motoniveladora es de 0.35 a 0.75, elegimos 0.75, debido que la máquina está en etapa final de vida.

$$\checkmark \text{cmm} = S/. 135,000.00$$

➤ **Costos mano de obra**

Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

Aplicamos la fórmula:

- ✓ $c_{mo} = \text{coeficiente mantenimiento} * c_{mm}$
- ✓ El coeficiente de mantenimiento es del 25%
- ✓ Reemplazando tenemos que:
- ✓ $c_{mo} = 0.25 * 135,000.00$
- ✓ $c_{mo} = S/. 33,750.00$
- ✓ Vida económica útil.
- ✓ $c_{mo} = \frac{33,750}{10,000}$
- ✓ $c_{mo} = S/. 3.38 \text{ Hora}$

➤ **Costos repuestos**

Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

- ✓ $c_{mr} = 0.75 * 135,000.00$
- ✓ $c_{mr} = S/. 101,250.00$
- ✓ vida económica útil.
- ✓ $c_{mr} = \frac{101,250.00}{10,000}$
- ✓ $c_{mr} = S/. 10.13 \text{ Hora}$

➤ **Costo horario de combustible**

El consumo de combustible (petróleo) es de 4.5 galones/ hora, el precio que adquiere el insumo es de S/. 15.00 el galón.

- ✓ Costo de combustible: S/. 67.5 Hora

➤ **Costo horario de neumáticos**

La cantidad de neumáticos son 4, el costo por cada neumático es de S/. 2,500.00, cada neumático dura un total de 2000 horas.

- ✓ Costo horario de neumáticos: $\frac{2,500.00 * 4}{2000} = S/. 5.00$

➤ **Costo horario del operador**

El sueldo del operador es de S/. 2,000.00, se asume que trabaja un total de 8 horas diarias en un total de 25 días al mes. Haciendo un total de 200 horas.

✓ Costo horario del operador: S/. 10.00

➤ **Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros**

Tabla 270

Consumibles aceites, filtros, grasas de la Motonivelado Komatsú GD-511A

DESCRIPCIÓN	UND O CODIGO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MTT 250 HORAS	COSTO MTT 500 HORAS	COSTO RELLENO LUBRICANTES CADA 50 HORAS	COSTO POR HORA
ENGRASE	Balde	1	S/66.09	S/. 165.23	S/165.23		S/0.33
CONSUMO DE ACEITE DE MOTOR SAE 15W40	Galones	10	S/70.00	S/. 700.00	S/700.00	S/. 126.00	S/1.40
FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	600-211-6242	1	S/134.67	S/. 134.67	S/134.67		S/0.27
FILTROS DE AIRE PRIMARIO	600-181-6740	1	S/326.54		S/326.54		S/0.65
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	600-181-6820	1	S/698.11		S/698.11		S/1.40
FILTRO HIDRAULICO	07063-01054	1	S/500.00		S/500.00		S/1.00
FILTRO DE CAJA DE CAMBIOS	235-49-13122	1	S/370.00		S/185.00		S/0.37
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	600-411-1140	1	S/455.85		S/455.85		S/0.91
FILTRO DE COMBUSTIBLE	600-311-6221	1	S/129.80	S/. 129.80	S/129.80		S/0.26
CONSUMO DE ACEITE DE CAJA SAE40	Galones	15	S/75.98		S/569.88	S/. 37.99	S/1.14
CONSUMO DE ACEITE HIDRAULICO SAE10	Galones	15	S/87.93		S/1,758.68	S/. 105.52	S/3.52
CONSUMO DE ACEITE DE TANDEM SAE50	Galones	20	S/83.87		S/1,677.32		S/3.35
CONSUMO DE REFRIGERANTE	Galones	10	S/85.00		S/850.00		S/1.70
SUB TOTAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (se suma el consumo por relleno de lubricantes)				S/1,129.70	S/. 8,151.08	S/. 269.51	S/. 21.69

Fuente: Elaboración propia

Costo total operación		Costo horario total
Costos mano de obra	S/. 3.38	Costo operación= costo de operación + costo de posesión
Costos repuestos	S/. 10.13	Costo operación (sin operador) =110.20+35.17
Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros	S/. 21.69	Costo operación (sin operador) = S/. 145.41
Costo horario de combustible	S/. 67.50	Costo operación (incluye operador) = S/. 159.41
Costo horario de neumáticos	S/. 7.50	
Total, costo horario de operación	S/. 110.20	

4.4.6. Análisis de costos Tractor sobre Oruga Caterpillar D7G

Las horas trabajadas hacen un total de 16,000, el historial de mantenimiento demuestra que esta máquina ha sido reparada la caja de cambios, convertidor, sistema hidráulico, en los años 2018 y 2019, sistema de rodamiento en el año 2016. En la actualidad está operativo, pero necesitando una primera reparación general del motor, reparación del sistema eléctrico y del sistema de inyección. Esto asciende a un valor de S/. 280,000.00. Para verificar la rentabilidad de la inversión, lo verificaremos haciendo una comparación entre la alternativa de invertir los S/. 280,000.00 o comprar una nueva.

3.1.10.5. Análisis de la primera alternativa reparación de motor del Tractor sobre Oruga Caterpillar D7G

a. Costo de posesión

- **Descripción general**

Valor de adquisición (Va)	S/.280,000.00
Long cuchilla	5.28 m
Potencia (HP)	200 HP
Vida económica útil (VEU)	5 años
Vida económica útil (Horas)	10000
Valor residual (Vr)	$V_r=0.2*V_a=S/.56,000.00$

- **Costo de la inversión media anual (IMA)**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor de adquisición (Va), vida económica útil (VEU).

$$IMA = \frac{Va*(VEU+1)}{2VEU} \quad (28)$$

$$IMA = \frac{280,000.00*(5+1)}{2(5)}$$

$$IMA = S/. 168,000.00 \text{ anuales}$$

- **Costo horario de depresión (Dh)**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor residual (Va), vida económica útil (VEU) en horas anuales, valor residual (Vr).

$$Da = \frac{Va-Vr}{VEU} \quad (12)$$

Reemplazando tenemos

$$✓ \quad Da = \frac{280,000-56,000}{5}$$

$$✓ \quad Da = 44,800/\text{hora}$$

$$✓ \quad Dh = 44,800/2000$$

$$✓ \quad Dh = S/. 22.40 \text{ hora}$$

- **Costo horario de intereses (I)**

Para realizar el cálculo del costo horario de los intereses se tiene en cuenta la tasa activa en moneda nacional (TAMN), del año 2018 que es del 14.37% emitido por la superintendencia de banca y seguros(SBS). Las variables que están involucradas son inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA*(\% \text{ tasa activa})}{N^{\circ} \text{ horas anuales}} \quad (14)$$

Reemplazando tenemos

$$✓ \quad I = \frac{168,000.00*0.1437}{2000}$$

$$✓ \quad I = S/. 12.07 \text{ Hora}$$

- **Costo horario seguros, impuestos almacenaje (S.I.A)**

Para la realización del siguiente, se asume las tasas promedias anual de seguros, impuestos, almacenaje de:

Seguros para maquinaria y equipos.	2.75%
Impuestos	1%
almacenaje	0.5%
Total	4.25%

Aplicamos la siguiente formula; teniendo como variables la inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA * (\% \text{ tasa activa})}{N^{\circ} \text{ horas anuales}} \quad (14)$$

Reemplazando tenemos

$$\checkmark I = \frac{120,000.00 * 0.0425}{2000}$$

$$\checkmark I = S/.3.57 \text{ Hora}$$

- **Total, costo horario de posesión**

Costo horario de depreciación	S/. 22.40
Costo horario de impuestos	S/. 12.62
Costos horarios de seguros, impuestos, almacenaje	S/. 3.57
Total, costo de posesión	S/. 38.59

b. Costo de operación

- **Costo horario de los gastos de mantenimiento**

Los costos de mantenimiento según informe del ministerio de vivienda construcción y saneamiento estima un aproxima del 25% mano de obra y 75 % repuestos, esto varia según la complejidad del trabajo, la distancia donde se ubica la maquina.

- **Costos de mantenimiento**

$$\text{cmm} = \text{coeficiente mantto} * \text{Va} \quad (9)$$

Reemplazando tenemos:

- ✓ $\text{cmm} = 0.9 * 280,000.00$

- ✓ La selección del coeficiente de mantenimiento para tractor sobre orugas es de 0.5 a 0.9, elegimos 0.9, debido que la maquina está en etapa final de vida.

- ✓ $\text{cmm} = \text{S/} . 252,000.00$

- **Costos mano de obra**

Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

Aplicamos la formula 29:

- ✓ $\text{cmo} = \text{coeficiente mantenimiento} * \text{cmm}$

- ✓ El coeficiente de mantenimiento es del 25%

- ✓ Reemplazando tenemos que

- ✓ $\text{cmo} = 0.25 * 252,000.00$

- ✓ $\text{cmo} = \text{S/} . 63,000.00$

- ✓ Vida económica útil.

- ✓ $\text{cmo} = \frac{63,000}{10,000}$

- ✓ $\text{cmo} = \text{S/} . 6.3 \text{ Hora}$

- **Costos repuestos**

Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

- ✓ $\text{cmr} = 0.75 * 252,000.00$

- ✓ $\text{cmr} = \text{S/} . 189,000.00$

- ✓ vida económica útil.

- ✓ $\text{cmr} = \frac{189,000.00}{10,000}$

- ✓ $\text{cmr} = \text{S/} . 18.90 \text{ Hora}$

- **Costo horario de combustible**

El consumo de combustible (petróleo) es de 5.8 galones/hora, el precio que adquiere el insumo es de S/. 15.00 el galón.

✓ Costo de combustible: S/. 87.00 Hora

- **Costo horario del sistema de rodamiento**

El costo de reparación del sistema de arrastre es de S/. 220,000.00, teniendo una duración de 10,000 horas.

✓ Costo horario de neumáticos: $\frac{220,000.00}{10,000.00} = S/.22.00$

- **Costo horario del operador.**

El sueldo del operador es de S/. 2,000.00, se asume que trabaja un total de 8 horas diarias en un total de 25 días al mes. Haciendo un total de 200 horas.

✓ Costo horario del operador: S/. 10.00

- Costo horario de consumibles, aceites, grasas, filtros del tractor sobre oruga Caterpillar D7G.

Tabla 281

Evaluación de costos unitarios Tractor sobre orugas CAT D7G

TRACTRO SOBRE ORUGAS CAT D7G/DESCRIPCIÓN	UND O CODIGO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MTT 250 HORAS	COSTO MTT 500 HORAS	COSTO RELLENO LUBRICANTES CADA 50 HORAS	COSTO POR HORA
FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	1R-0739	1	S/. 200.00	S/. 200.00	S/. 200.00		S/. 0.4
FILTRO DE AIRE PRIMARIO	4M-9334-61- 2502X	1	S/. 180.00		S/. 180.00		S/. 0.36
FILTROS DE AIRE SECUNDARIO	95-9972-61-250K	1	S/. 420.00		S/. 420.00		S/. 0.84
FILTRO HIDRAULICO	1R-0722	2	S/. 400.00		S/. 400.00		S/. 0.8
FILTRO DE CAJA DE CAMBIOS	1R-0741	1	S/. 480.00		S/. 480.00		S/. 0.48
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	129-0372	1	S/. 250.00		S/. 250.00		S/. 0.5
FILTRO DE COMBUSTIBLE	1R-0750	1	S/. 245.00	S/. 245.00	S/. 245.00		S/. 0.49
CONSUMO DE ACEITE DE CAJA SAE40	Galones	20	S/. 75.98		S/. 1,519.68		S/. 3.03936
CONSUMO DE ACEITE HIDRAULICO SAE10	Galones	25	S/. 87.93		S/. 2,198.35	S/. 131.90	S/. 4.3967
CONSUMO DE ACEITE MADOS DIRECCIONALES SAE50	Galones	15	S/. 83.87		S/. 1,257.99	S/. 100.64	S/. 2.51598
CONSUMO DE ACEITE MADOS FINALES SAE50	Galones	15	S/. 83.87		S/. 1,257.99	S/. 75.48	S/. 2.51598
CONSUMO DE ACEITE DE MOTOR SAE 15W40	Galones	10	S/. 89.00	S/. 890.00	S/. 890.00	S/. 142.40	S/. 1.78
CONSUMO DE REFRIGERANTE	Galones	10	S/. 85.00		S/. 850.00		S/. 1.7
SUB TOTAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Se añade el consumo de lubricantes por relleno)				S/1,335.00	S/. 10,149.01	S/. 450.42	S/. 28.83

Fuente: Elaboración propia

Costo total operación		Costo horario total
Costos mano de obra	S/. 6.3	Costo operación=costo de operación + costo de posesión
Costos repuestos	S/. 18.90	Costo operación (sin operador) =163.53+38.59
Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros	S/. 28.83	Costo operación (sin operador) = S/. 205.12
Costo horario de combustible	S/. 87.50	Costo operación (incluye operador) = S/. 215.12
Costo horario de neumáticos	S/. 22.00	
Total, costo horario de operación	S/. 163.53	

❖ **Análisis de la segunda alternativa compra de un nuevo Tractor sobre Oruga Caterpillar D7G**

a. Costo de posesión

➤ **Descripción general**

Valor de adquisición (Va)	S/. 890,000.00
Long cuchilla	5.28 m
Potencia (HP)	200 HP
Vida económica útil (VEU)	5 años
Vida económica útil (Horas)	10,000.00
Valor residual (Vr)	$V_r=0.2*V_a=S/.178,000.00$

➤ **Costo de la inversión media anual (IMA)**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor de adquisición (Va), vida económica útil (VEU).

$$IMA = \frac{V_a*(VEU+1)}{2VEU} \quad (28)$$

$$IMA = \frac{890,000.00*(5+1)}{2(5)}$$

$$IMA = S/. 534,000.00 \text{ anuales}$$

➤ **Costo horario de depresión (Dh)**

Se realiza el cálculo; teniendo como variables, valor residual (Va), vida económica útil (VEU) en horas anuales, valor residual (Vr).

$$Da = \frac{Va-Vr}{VEU} \quad (12)$$

Reemplazando tenemos:

$$\checkmark Da = \frac{890,000-178,000}{5}$$

$$\checkmark Da = 142,400/\text{hora}$$

$$\checkmark Dh = 142,400/2000$$

$$\checkmark Dh = S/.71.20 \text{ hora}$$

➤ **Costo horario de intereses (I)**

Para realizar el cálculo del costo horario de los intereses se tiene en cuenta la tasa activa en moneda nacional (TAMN), del año 2018 que es del 14.37% emitido por la superintendencia de banca y seguros(SBS). Las variables que están involucradas son inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA*(\% \text{ tasa activa})}{N^{\circ} \text{ horas anuales}} \quad (28)$$

Reemplazando tenemos

$$\checkmark I = \frac{534,000.00*0.1437}{2000}$$

$$\checkmark I = S/. 38.37 \text{ Hora}$$

➤ **Costo horario seguros, impuestos almacenaje (S.I.A)**

Para la realización del siguiente, se asume las tasas promedias

a

Seguros para maquinaria y equipos.	2.75%
Impuestos	1%
almacenaje	0.5%
Total	4.25%

de seguros, impuestos, almacenaje de:

Aplicamos la siguiente formula; teniendo como variables la inversión media anual (IMA), tasa activa de interés anual, horas anuales programadas para el trabajo.

$$I = \frac{IMA * (\% \text{ tasa activa})}{N^{\circ} \text{ horas anuales}} \quad (14)$$

Reemplazando tenemos

$$\checkmark I = \frac{534,000.00 * 0.0425}{2000}$$

$$\checkmark I = S/.11.35 \text{ Hora}$$

➤ **Total, costo horario de posesión**

Costo horario de depreciación	S/. 71.20
Costo horario de impuestos	S/. 38.37
Costos horarios de seguros, impuestos, almacenaje	S/. 11.35
Total, costo de posesión	S/. 159.51

b. Costo de operación

➤ **Costo horario de los gastos de mantenimiento**

Los costos de mantenimiento según informe del ministerio de vivienda construcción y saneamiento estima un aproximado del 25% mano de obra y 75 % repuestos, esto varía según la

complejidad del trabajo, la distancia donde se ubica la maquina.

- **Costos de mantenimiento:**

$$cmm = \text{coeficiente mantto} * Va \quad (9)$$

Reemplazando tenemos:

- ✓ $cmm = 0.5 * 890,000.00$
- ✓ la selección del coeficiente de mantenimiento para tractor sobre orugas es de 0.5 a 0.9, elegimos 0.9, debido que la maquina está en etapa final de vida.
- ✓ $cmm = S/. 445,000.00$

- **Costos mano de obra**

Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

Aplicamos la fórmula29:

- ✓ $cmo = \text{coeficiente mantenimiento} * cmm$
- ✓ el coeficiente de mantenimiento es del 25%
- ✓ Reemplazando tenemos que:
- ✓ $cmo = 0.25 * 445,000.00$
- ✓ $cmo = S/. 63,000.00$
- ✓ Vida económica útil.
- ✓ $cmo = \frac{112,250}{10,000}$
- ✓ $cmo = S/. 11.13 \text{ Hora}$

- **Costos repuestos**

Teniendo como variables, coeficiente de mantenimiento, costo de mantenimiento.

- ✓ $cmr = 0.75 * 445,000.00$
- ✓ $cmr = S/. 333,750.00$
- ✓ vida económica útil.
- ✓ $cmr = \frac{333,750.00}{10,000}$
- ✓ $cmr = S/. 33.38 \text{ Hora}$

➤ **Costo horario de combustible**

El consumo de combustible (petróleo) es de 5 galones/ hora, el precio que se adquiere el combustible es de S/. 15.00 el galón.

✓ Costo de combustible: S/. 75.00 Hora

➤ **Costo horario del sistema de rodamiento**

El costo de reparación del sistema de arrastre es de S/. 220,000.00, teniendo una duración de 10,000 horas.

✓ Costo horario de neumáticos: $\frac{220,000.00}{10,000.00} = S/.22.00$

➤ **Costo horario del operador**

El sueldo del operador es de S/. 2,000.00, se asume que trabaja un total de 8 horas diarias en un total de 25 días al mes. Haciendo un total de 200 horas.

✓ Costo horario del operador: S/. 10.00.

➤ **Costos de consumibles aceites, filtros, grasas.**

El costo total se especifica en el Cuadro N° 12: Evaluación de costos unitarios de consumibles del Tractor sobre orugas CAT D7G. Este asciende a un monto total de S/. 28.83.

Costo total operación

Costos mano de obra	S/. 11.13
Costos repuestos	S/. 33.38
Costo horario de consumibles, aceites, grasa, filtros	S/. 28.83
Costo horario de combustible	S/. 75.00
Costo horario del sistema de arrastre	S/. 22.00
Costo total operación	S/. 170.34

Costo horario total

Costo operación = costo de operación + costo de posesión

Costo operación (sin operador) = 170.34+159.51

Costo operación (sin operador) = S/. 329.85

Costo operación (incluye operador) = S/. 339.85

3.1.10.6. Análisis de rentabilidad y viabilidad del Tractor sobre Oruga Caterpillar D7G

Analizar los costos de los mantenimientos actuales, para luego descartar si es rentable mantener en servicios la maquina o es mejor renovarla. Concluimos con la determinación del VAN, TIR y verificando la tasa de retorno de la inversión.

Tabla 292
Costo mantenimiento del tractor sobre oruga Caterpillar D7 proyectada en 10 años se considera como ingreso

AÑO	COSTO DE POSESIÓN	COSTO DE OPERACIÓN	ALQUILER DE MAQUINARIA	REPARACIONES	TOTAL
1	S/. 77,180.00	S/. 327,060.00		S/. 280,000.00	S/. 684,240.00
2	S/. 77,180.00	S/. 327,060.00			S/. 404,240.00
3	S/. 77,180.00	S/. 327,060.00			S/. 404,240.00
4	S/. 77,180.00	S/. 163,530.00	S/. 250,000.00		S/. 490,710.00
5	S/. 77,180.00		S/. 500,000.00		S/. 577,180.00
6	S/. 77,180.00		S/. 500,000.00		S/. 577,180.00
7	S/. 77,180.00		S/. 500,000.00		S/. 577,180.00
8	S/. 77,180.00		S/. 500,000.00		S/. 577,180.00
9	S/. 77,180.00		S/. 500,000.00		S/. 577,180.00
10	S/. 77,180.00		S/. 500,000.00		S/. 577,180.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 303
Costo mantenimiento del tractor sobre oruga Caterpillar D7G nuevo proyectado en 10 años se considera como egreso

AÑO	COSTO DE POSESIÓN	COSTO DE OPERACIÓN	TOTAL
1	S/. 319,020.00	S/. 170,340.00	S/. 489,360.00
2	S/. 319,020.00	S/. 170,340.00	S/. 489,360.00
3	S/. 319,020.00	S/. 170,340.00	S/. 489,360.00
4	S/. 319,020.00	S/. 170,340.00	S/. 489,360.00
5	S/. 159,510.00	S/. 170,340.00	S/. 329,850.00
6	S/. 159,510.00	S/. 170,340.00	S/. 329,850.00
7	S/. 159,510.00	S/. 170,340.00	S/. 329,850.00
8	S/. 159,510.00	S/. 170,340.00	S/. 329,850.00
9	S/. 159,510.00	S/. 170,340.00	S/. 329,850.00
10	S/. 159,510.00	S/. 170,340.00	S/. 329,850.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 314
Costos flujos de caja para determinar el VAN y TIR

Año	Egresos		Ingresos	Flujo de caja
	Inversión	Costo de mtto		
0	S/. 890,000.00			-S/. 890,000.00
1		S/. 489,360.00	S/. 684,240.00	-S/. 85,120.00
2		S/. 489,360.00	S/. 404,240.00	-S/. 85,120.00
3		S/. 489,360.00	S/. 404,240.00	S/. 1,350.00
4		S/. 489,360.00	S/. 490,710.00	S/. 247,330.00
5		S/. 329,850.00	S/. 577,180.00	S/. 247,330.00
6		S/. 329,850.00	S/. 577,180.00	S/. 247,330.00
7		S/. 329,850.00	S/. 577,180.00	S/. 247,330.00
8		S/. 329,850.00	S/. 577,180.00	S/. 247,330.00
9		S/. 329,850.00	S/. 577,180.00	S/. 247,330.00
10		S/. 329,850.00	S/. 577,180.00	S/. 247,330.00

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar el cálculo respectivo esto genera como resultado:

VAN : S/. -110,480.36
TIR : 8%
RENTABILIDAD : -S/. 1.12

Al resultar el VAN de S/. -110,480.36 es negativo, la inversión no es viable, complementando con el TIR que resulto un 8%, siendo menor que la tasa de interés que provee el banco a la municipalidad que es del 10%. Concluimos que el mantener en servicio esta máquina resulta beneficiosa ya que por cada S/. 1.00 que invierte estaría ganando S/. 1.12. Esto quiere decir que la maquina está en buenas condiciones, lo recomendable es cumplir con el plan de mantenimiento que se detalla en este trabajo de investigación.

4.5. Elaborar de la propuesta del plan de mantenimiento

4.5.1. Programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento comprende la organización, planificación y designación de funciones a cada integrante. Esto involucra a que todo el personal que labora se encuentre debidamente capacitado, de esa

manera se estará lograr una gestión eficiente del mantenimiento, disminuyendo muy significativamente costos de producción, alargando la vida de los equipos pesados. La determinación de utilización de repuestos, indicándonos que insumo se cambiara con mayor o menor frecuencia, y cada cuanto tiempo es recomendable realizar dicho cambio. Por ello se realiza el siguiente plan.

3.1.10.7. Programa de mantenimiento por tipo de maquinas





Para podernos guiar sobre qué tipo de mantenimiento se debe ejecutar, se detalla las siguientes variables con sus respectivos significados.

Tabla 325
Actividades de mantenimiento

ACTIVIDAD	VARIABLE
Reparar	R
Cambiar	C
Drenar	D
Recoger	RC
Lubricar	L
Limpiar	LI
Verificar	V
Revisar y/o añadir	RA
Sustituir	S
Electricista	E
Calibración	CA
Inspeccionar	I
Medir el nivel de aceite, refrigerante	M

Fuente: Elaboración propia

Tabla 336
Designación de funciones

Tarea realizada por	Color
Operador	
Mecánico- Especialista maquinaria pesada	
Mecánico	
Trabajo realizado por personal externo; laboratorio; etc.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57
Programación de mantenimiento para Cargador Frontal

ITM	ACTIVIDAD A REALIZAR	PERIODO DE REALIZACIÓN										
		0	10	20	50	240	480	700	1000	2000	2500	4000
1	Aceite de transmisión, caja de cambios, diferenciales, mandos finales	M	M	M	M	M	C	C	C	C	RA	C
2	Aceite hidráulico	M	M	M	M	M	M	C	C	C	RA	C
3	Aceite motor	M	M	M	M	C	C	C	C	C	C	C
4	Cambiar filtro de aceite					C	C	C	C	C	C	C
5	Cambiar filtros de combustible					C	C	C	C	C	C	C
6	Chequear el nivel de electrolito de las baterías				RA	RA	RA	RA	C	C	RA	C
7	Chequear y ajustar todos los pernos de las bases de la transmisión					I	I	I	I	I	I	I
8	Chequear y reajustar los pernos que soportan las bases del motor							I	I	I	I	I
9	Cilindro maestro de frenos									I	R	I
10	Color, olor de los gases de escape	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
11	Sistema de Combustible	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA
12	Conexiones bornes de la batería	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
13	Desmontar y verificar el estado del alternador, si está en mal estado reemplácelo.									V;C	I;C	V;C
14	Desmontar y verificar el estado del motor de arranque, si está en mal estado reemplácelo									V;R	I	V;R
15	Desmontar, inspeccionar y reparar si es necesario los mandos finales									I	I	I
16	Desmante y compruebe en el banco el estado de los inyectores, presión de la bomba, si están en mal estado sustitúyalos.									I;S		I;S
17	Drenar el Agua y sedimentos del tanque de combustible, cedazo.					D	LI,D	LI,D	LI,D	LI,D	D;LI	LI,D
18	Drenar y limpiar el sistema de refrigeración								D	D	D	D
19	Enfriador de aceite hidráulico							LI	LI	LI	LI	LI

Fuente: Elaboración propia

ITM	ACTIVIDAD A REALIZAR	PERIODO DE REALIZACIÓN										
		0	10	20	50	240	480	700	1000	2000	2500	4000
20	Enfriador del condensador de aire acondicionado(si tuviera)								LI	LI	LI	LI
21	Engrasar las crucetas del cardan					L	L	L	L	L	L	L
22	Estado de frenos de parqueo	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
23	Estado de los frenos	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
24	Extintores manuales	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
25	Filtro de aire primario			LI	LI	LI	C	C	C	C	C	C
26	Filtro de aire secundario				LI	LI	C	C	C	C	LI	C
27	Filtro de caja de cambios						C	C	C			C
28	Filtro hidráulico						C	C	C			C
29	Filtro separador de agua del combustible		D	D	D	D	C	C	C	C	D	C
30	Fugas de aceite, refrigerante, combustible del motor	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
31	Holgura de válvulas							V	V	V;C	R	
32	Inspeccione el estado del pin central y de los bujes, si está en mal estado reemplazarlos.							I	I	I	I	I
33	Limpia el respiradero del cárter							LI	LI	LI	LI	LI
34	Limpia el respiradero del tanque hidráulico							LI	LI	LI	LI	LI
35	Líquido refrigerante	M	M	M	M	M	M	M	C	M		C
36	Lubricar los Cojinetes de bolas (central)						L	L	L	L	L	L
37	Lubricar los Cojinetes de oscilación del eje						L	L	L	L	L	L
38	Lubricar los cojinetes del cilindro de dirección.				L	L	L	L	L	L	L	L
39	Manguera de combustible								C	V	C	
40	Manguera de freno de servicio(si tuviese)							C	C	V	C	
41	Mangueras hidráulicas de los cilindros de dirección							V	C	V	C	

Fuente: Elaboración propia

ITM	ACTIVIDAD A REALIZAR	PERIODO DE REALIZACIÓN										
		0	10	20	50	240	480	700	1000	2000	2500	4000
42	Verificar estado de neumáticos			V	V	V	V	V	C	C	V	C
43	Partes móviles (crucetas, rotulas, etc.)		L	L	L	L	L	L	L	L	V	L
44	Pasador de la palanca de inclinación (1 punto)			L	L	L	L	L	L	L	L	L
45	Pasador de pivote del brazo de levantamiento (2 puntos)			L	L	L	L	L	L	L	L	L
46	Pasador del cilindro de la dirección(4 puntos)			L	L	L	L	L	L	L	L	L
47	Pasador del cilindro de levantamiento (4 puntos)			L	L	L	L	L	L	L	L	L
48	Pasador del cilindro de volteo (2puntos)			L	L	L	L	L	L	L	L	L
49	Post enfriador de aire por aire							LI	LI	LI	LI	
50	Radiador de refrigerante						LI	LI	LI	LI	LI	
51	Recoger muestras de aceite del motor, transmisión, sistema hidráulico para detectar el desgaste de los elementos										LAB	
52	Revisar /limpiar los contactores del sistema eléctrico de la maquina						V,LI	V,LI	V,LI	V;C	V;C	
53	Revisar el estado de la tapa del radiador						V	V	V	V	V	
54	Revisar la calibración de las válvulas de admisión y escape (si es necesario calibre)						CA	V	CA	CA	CA	
55	Revisar la compresión y realizar la prueba de fugas del motor de combustión									V	V	
56	Revisar y apretar si es necesario lo soportes de los ejes y transmisión						I	I	I	I	I	
57	Sistema de alumbrado (faros, cables)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
58	Tablero de indicadores estén funcionando correctamente	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
59	Tanque de lavaparabrisas				RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA
60	Termostato						V	V	C	V	C	
61	Tubería del filtro de aire y lugar donde se ubica el filtro de aire						LI	LI	LI	LI	LI	LI
62	Verificar desgaste de las chapas de biela y bancada											V

Fuente: Elaboración propia

ITM	ACTIVIDAD A REALIZAR	PERIODO DE REALIZACIÓN											
		0	10	20	50	240	480	700	1000	2000	2500	4000	
63	Verificar el ajuste de los pernos de la culata												V
64	Verificar el estado de las cuchillas y de la estructura del cucharón y si es necesario arreglar, verificar la estructura del brazo de levante, varillaje de inclinación.				V	V	R			R	V	R	
65	Verificar el estado de las poleas de la bomba de agua, alternador y cigüeñal, si están en mal estado reemplácelas								V	V;S	V;S	V;S	
66	Verificar el estado del dämpner (caucho ubicado en la polea del cigüeñal), si está en mal estado cámbielo									V,S		V,S	
67	Verificar el estado y reemplace si es necesario las bujías de precalentamiento							V,C	V,C	V,C	V	V,C	
68	Verificar estado y revisar el Juego axial del rotor del turbo cargador, si se encuentra en mal estado sustitúyalo.									V;S	I	V;S	
69	Verificar la correcta lubricación de los bujes, ejes y rodamientos							L	L	L	L	L	
70	Verificar la operación y buen estado de las pastillas de freno y de bloqueo y si es necesario sustitúyalas									V	C	V	C
71	Verificar la presión de aceite de la bomba hidráulica.												V
72	Verificar la presión de la bomba de aceite del motor												V
73	Verificar presión de aceite de la transmisión (con la maquina encendida)												V
74	Verificar que no existan fugas, cortes o fricción que provoquen la rotura de las mangueras hidráulicas de alta presión.					V	V	V	V	V	V	V	V
75	Verificar que no existan ruidos anormales en el motor	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
76	Freno de disco											V	V
77	La reparación de motor se da las 10000 Horas												

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58
Programación de mantenimiento para Motoniveladora

ITM	ACTIVIDAD A REALIZAR	PERIODO DE REALIZACIÓN EN HORAS										
		0	10	20	50	240	480	700	1000	2000	2500	4000
1	Aceite de transmisión, caja de cambios, diferenciales, mandos finales	RA	RA	RA	RA	RA	C	C	C	C	RA	C
2	Aceite de tándem				RA	RA	RA	C	C	C	RA	C
3	Aceite hidráulico	RA	RA	RA	RA	RA	RA	C	C	C	RA	C
4	Aceite motor	RA	RA	RA	RA	C	C	C	C	C	C	C
5	Barra de dirección					L	L	L	L	L	L	L
6	Cambiar filtro de aceite					C	C	C	C	C	C	C
7	Cambiar filtros de combustible					C	C	C	C	C	C	C
8	Chequear el nivel de electrolito de las baterías				RA	RA	RA	RA	RA	C	RA	C
9	Chequear y ajustar todos los pernos de las bases de la transmisión							I	I	I	C	I
10	Chequear y reajustar los pernos que soportan las bases del motor							I	I	I	I	I
11	Cilindro de articulación de la hoja					L	L	L	L	L	L	L
12	Cilindro de inclinación de las ruedas delanteras					L	L	L	L	L	L	L
13	Bomba de freno(si tuviese)								R	R	R	R
14	Zapatas de freno(si tuviese)								V	C	V	C
15	Mangueras de freno					V	V	V	C	C	C	C
16	Cilindro maestro de frenos(si tuviese)									C	V	C
17	Color, olor de los gases de escape	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
18	Sistema de combustible	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA
19	Conexiones bornes de las batería	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
20	Desmontar y verificar el estado del alternador, si está en mal estado reemplácelo.									V	V	V
21	Desmontar y verificar el estado del motor de arranque, si está en mal estado reemplácelo									V	V	V
22	Desmontar, inspeccionar y reparar si es necesario los mandos finales									I	I	I

23	Desmonte y compruebe en el banco el estado de los inyectores, presión de la bomba de alta presión, si están en mal estado sustitúyalos.								I		I
24	Drenar el agua y sedimentos del tanque de combustible, cedazo.		D	D	LI,D			LI,D	D;LI	LI,D	
25	Drenar y limpiar el sistema de refrigeración							D	D	D	D
26	Enfriador de aceite hidráulico						LI	LI	LI	LI	LI
27	Enfriador del condensador de aire acondicionado							LI	LI	LI	LI
28	Engrasar las crucetas del cardan			L	L	L	L	L	L	L	L
29	Esfera de barra de tracción		L	L	L	L	L	L	L	L	L
30	Esferas de los cilindros de elevación de la hoja		L	L	L	L	L	L	L	L	L
31	Esferas del cilindro de desplazamiento lateral		L	L	L	L	L	L	L	L	L
32	Estado de frenos de parqueo	V	V	V	V	V	V	V	C	V	C
33	Estado de los frenos	V	V	V	V	V	V	V	R	V	R
34	Estado de los neumáticos, presión	V	V	V	V	V	V	V	C	V	C
35	Extintores manuales	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
36	Extremidades de los cilindros de la articulación			L	L	L	L	L	L	L	L
37	Filtro de aire primario		LI	LI	LI	C	C	C	C	C	C
38	Filtro de aire secundario			LI	LI	C	C	C	C	LI	C
39	Filtro de caja de cambios						C	C	C		C
40	Filtro hidráulico						C	C	C		C
41	Filtro separador de agua del combustible		D	D	D	D	C	C	C	D	C
42	Freno de disco									V	V
43	Fugas de aceites, refrigerantes, combustible del motor	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
44	Holgura de válvulas de admisión y escape										R
45	Inspeccione el estado del pin central y de los bujes, si está en mal estado reemplazarlos.							I	I	I	I
46	Limpiar el respiradero del cárter							LI	LI	LI	LI
47	Limpiar el respiradero del tanque hidráulico							CA	V	CA	CA
48	Líquido refrigerante	RA	RA	RA	RA	RA	RA	RA	C	RA	C
49	Lubricar los Cojinetes de bolas (central)					L	L	L	L	L	L
50	Lubricar los Cojinetes de oscilación del eje					L	L	L	L	L	L

51	Lubricar los cojinetes del cilindro de dirección.	L	L	L	L	L	L	L	L
52	Manguera de combustible						C	V	C
53	Manguera de freno de servicio						C	C	V
54	Mangueras hidráulicas de los cilindros de dirección						V	C	V
55	Partes móviles (crucetas, rotulas, etc.)	L	L	L	L	L	L	C	C
56	Pasador de articulación del eje		L	L	L	C	C	C	C
57	Pasador de articulación de la hoja		L	L	L	C	C	C	C
58	Pasador de la palanca de inclinación (1 punto)	L	L	L	L	L	L	L	L
59	Pasador de oscilación del eje delantero		L	L	L	C	C	C	C
60	Pasador de pivote del brazo de levantamiento (2 puntos)	L	L	L	L	L	L	L	L
61	Pasador del cilindro de la dirección(4 puntos)	L	L	L	L	L	L	L	L
62	Pasador del eje delantero		L	L	L	C	C	C	C
63	Pasador del vástago del eje delantero		L	L	L	L	L	L	C
64	Pasador pivote		L	L	L	C	C	C	C
65	Post enfriador de aire por aire						LI	LI	LI
66	Radiador de refrigerante						LI	R	R
67	Recoger muestras de aceite del motor, transmisión, sistema hidráulico para detectar el desgaste de los elementos								LAB
68	Revisar /limpiar los contactores del sistema eléctrico de la maquina						V,LI	V,LI	V,LI
69	Revisar el estado de la tapa del radiador						V	V	V
70	Revisar la calibración de las válvulas de admisión y escape (si es necesario calibre)						CA	V	CA
71	Revisar la compresión y realizar la prueba de fugas del motor de combustión								I
72	Revisar y apretar si es necesario lo soportes de los ejes y transmisión						I	I	I
73	Rodamiento de la articulación	L	L	L	L	L	L	L	L
74	Rodamiento de las ruedas de los ejes de tándem				V	V	C	C	V
75	Sistema de alumbrado (faros, cables)	V	V	V	V	V	V	V	V
76	Tablero de indicadores estén funcionando correctamente	V	V	V	V	V	V	V	V
77	Tanque de lavaparabrisas			RA	RA	RA	RA	RA	RA
78	Termostato					V	V	C	V

79	Tubería del filtro de aire y lugar donde se ubica el filtro de aire							LI	LI	LI	LI	LI	LI
80	Válvula amortiguadora de sobrecarga tornamesa	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
81	Válvula de distribución hidráulica de la tornamesa	LI	LI	LI	LI	LI	LI	LI	LI	LI	LI	LI	LI
82	Verificar el ajuste de los pernos de la culata							V	V	V	V	V	V
83	Verificar el estado de las poleas de la bomba de agua, alternador y cigüeñal, si están en mal estado reemplácelas							V	V;S	V;S	V;S	V;S	V;S
84	Verificar el estado del dámper (caucho ubicado en la polea del cigüeñal), si está en mal estado cámbielo								V,S			V,S	V,S
85	Verificar el estado y reemplace si es necesario las bujías de precalentamiento							V,C	V,C	V,C	V	V,C	V,C
86	Verificar estado y revisar el Juego axial del rotor del turbo cargador, si se encuentra en mal estado sustitúyalo.								V;S	I		V;S	V;S
87	Verificar la operación y buen estado de las pastillas de freno y de bloqueo y si es necesario sustitúyalas							V	C	V	C	V	C
88	Verificar la presión de aceite de la bomba hidráulica.											V	V
89	Verificar la presión de la bomba de aceite del motor											V	V
90	Verificar perno y tuercas rotas en las llantas	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
91	Verificar que no existan fugas, cortes o fricción que provoquen la rotura de las mangueras hidráulicas de alta presión.							V	V	V	V	V	V
92	Verificar que no existan ruidos anormales en el motor	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59
Programación de mantenimiento para Tractor sobre Oruga CAT D7G

ITM	ACTIVIDAD A REALIZAR	PERIODO DE REALIZACIÓN EN HORAS										
		0	10	20	50	240	480	700	1000	2000	2500	4000
1	Aceite de transmisión, caja de cambios, diferenciales, mandos finales	M	M	M	M	M	C	C	C	C	M	C
2	Aceite hidráulico	M	M	M	M	M	M	C	C	C	M	C
3	Aceite motor	M	M	M	M	C	C	C	C	C	C	C
4	Cambiar filtro de aceite					C	C	C	C	C	C	C
5	Cambiar filtros de combustible					C	C	C	C	C	C	C
6	Chequear el nivel de electrolito de las baterías				M	M	M	M	RA	C	RA	C
7	Chequear y ajustar todos los pernos de las bases de la transmisión							I	I	I	C	I
8	Chequear y reajustar los pernos que soportan las bases del motor							I	I	I	I	I
9	Cilindro de articulación de la hoja					L	L	L	L	L	L	L
10	Zapatas de freno(si tuviese)								V	C	V	C
11	Mangueras de freno(si tuviese)					V	V	V	C	C	C	C
12	Cilindro maestro de frenos(si tuviese)									C	V	C
13	Color, olor de los gases de escape	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
14	Sistema de combustible	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
15	Conexiones bornes de las batería	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
16	Desmontar y verificar el estado del alternador, si está en mal estado reemplácelo.									V	V	V
17	Desmontar y verificar el estado del motor de arranque, si está en mal estado reemplácelo									V	V	V
18	Desmontar, inspeccionar y reparar si es necesario los mandos finales									I	I	I
19	Desmante y compruebe en el banco el estado de los inyectores, presión de la bomba de alta presión, si están en mal estado sustitúyalos.									I		I
20	Drenar el agua y sedimentos del tanque de combustible, cedazo.					D	D	LI,D		LI,D	D;LI	LI,D
21	Drenar y limpiar el sistema de refrigeración								D	D	D	D
22	Enfriador de aceite hidráulico							LI	LI	LI	LI	LI
23	Enfriador del condensador de aire acondicionado								LI	LI	LI	LI
24	Engrasar las crucetas del cardan	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L

25	Esfera de barra de tracción				L	L	L	L	L	L	L	L	
26	Esferas de los cilindros de elevación de la hoja				L	L	L	L	L	L	L	L	
27	Estado de frenos de parqueo	V	V	V	V	V	V	V	V	C	V	C	
28	Estado de los frenos	V	V	V	V	V	V	V	V	R	V	R	
29	Extintores manuales	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
30	Filtro de aire primario			LI	LI	LI	C	C	C	C	C	C	
31	Filtro de aire secundario				LI	LI	C	C	C	C	LI	C	
32	Filtro de caja de cambios							C	C	C		C	
33	Filtro hidráulico							C	C	C		C	
34	Filtro separador de agua del combustible		D	D	D	D	C	C	C	C	D	C	
35	Fugas de aceites, refrigerantes, combustible del motor	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
36	Holgura de válvulas de admisión y escape											R	
37	Inspeccione el estado del pin central y de los bujes, si está en mal estado reemplazarlos.							I	I	I	I	I	
38	Limpiar el respiradero del cárter							LI	LI	LI	LI	LI	
39	Limpiar el respiradero del tanque hidráulico							CA	V	CA	CA	CA	
40	Líquido refrigerante	M	M	M	M	M	M	M	C	M	C		
41	Lubricar los Cojinetes de bolas (central)						L	L	L	L	L	L	
42	Lubricar los Cojinetes de oscilación del eje						L	L	L	L	L	L	
43	Lubricar los cojinetes del cilindro de dirección.			L	L	L	L	L	L	L	L	L	
44	Manguera de combustible									C	V	C	
45	Manguera de freno de servicios(si tuviese)									C	C	V	C
46	Mangueras hidráulicas de los cilindros de dirección									V	C	V	C
47	Partes móviles (crucetas, rotulas, etc.)	L	L	L	L	L	L	L	L		C	C	
48	Pasador de articulación del eje				L	L	L	C	C	C	C	C	
49	Pasador de articulación de la hoja				L	L	L	C	C	C	C	C	
50	Pasador de oscilación del eje delantero				L	L	L	C	C	C	C	C	
51	Pasador del cilindro de la dirección(4 puntos)	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
52	Pasador del eje delantero				L	L	L	C	C	C	C	C	
53	Pasador del vástago del eje delantero				L	L	L	L	L	L	L	C	

54	Pasador pivote				L	L	L	C	C	C	C
55	Post enfriador de aire por aire							LI	LI	LI	LI
56	Radiador de refrigerante							LI	R	R	L
57	Recoger muestras de aceite del motor, transmisión, sistema hidráulico para detectar el desgaste de los elementos										LAB
58	Revisar /limpiar los contactores del sistema eléctrico de la maquina							V,LI	V,LI	V,LI	V;C
59	Revisar el estado de la tapa del radiador							V	V	V	V
60	Revisar la calibración de las válvulas de admisión y escape (si es necesario calibre)							CA	V	CA	CA
61	Revisar la compresión y realizar la prueba de fugas del motor de combustión										I
62	Revisar y apretar si es necesario lo soportes de los ejes y transmisión							I	I	I	I
63	Rodamiento de la articulación				L	L	L	L	L	L	L
64	Sistema de alumbrado (faros, cables)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
65	Tablero de indicadores estén funcionando correctamente	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
66	Termostato							V	V	C	V
67	Tubería del filtro de aire y lugar donde se ubica el filtro de aire							LI	LI	LI	LI
68	Válvula amortiguadora de sobrecarga tornamesa	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
69	Válvula de distribución hidráulica de la tornamesa	LI	LI	LI	LI	LI	LI	LI	LI	LI	LI
70	Verificar el ajuste de los pernos de la culata							V	V	V	V
71	Verificar el estado de las cuchillas y de la estructura del cucharón y si es necesario arreglar, verificar la estructura del brazo de levante, varillaje de inclinación.	V	V	R					R	V	R
72	Verificar el estado de las poleas de la bomba de agua, alternador y cigüeñal, si están en mal estado reemplácelas							V	V;S	V;S	V;S
73	Verificar el estado del dámper (caucho ubicado en la polea del cigüeñal), si está en mal estado cámbielo								V,S		V,S
74	Verificar el estado y reemplace si es necesario las bujías de precalentamiento							V,C	V,C	V,C	V
75	Verificar estado y revisar el Juego axial del rotor del turbo cargador, si se encuentra en mal estado sustitúyalo.									V;S	I
76	Verificar la presión de aceite de la bomba hidráulica.										V

77	Verificar la presión de la bomba de aceite del motor							V	V
78	Verificar que no existan fugas, cortes o fricción que provoquen la rotura de las mangueras hidráulicas de alta presión.			V	V	V	V	V	V
79	Verificar que no existan ruidos anormales en el motor	V	V	V	V			V	V
80	Revisar alineamiento, fugas, desgaste, daños o rajaduras en los cilindros hidráulicos. Si las hubiese repararlo			V	V	V	V	V	V
81	Fusibles del sistema eléctrico			V	V	V	V	V	V
82	Cojinetes de cilindro y varillaje del desgarrador			L	L	L	L	L	L
83	Cojinetes de apoyo al cilindro de la hoja topadora			L	L	L	L	L	L
84	Cojinete del bastidor de rodillos inferiores			L	L	L	L	L	L
85	Correas-alternador, ventilador y acondicionador de aire			I	I	I	I	I	I
86	Cojinetes de la polea del ventilador			L	L	L	L	L	L
87	Cadena del sistema de arrastre			V	V	V	V	V	V
88	Tirante de la hoja topadora			L	L	L	L	L	L
89	Revise la tensión de la oruga, esta se puede revisar viendo el cromado del telescopio; si esta estuviera más de 7.5 pulgadas es posible que la cadena este muy estirada. No tensione más allá de esa medida							R	R
90	Inspeccionar visualmente la cadena, si existen eslabones que estén por romperse, verificar si faltan tornillos o estén flojos en las zapatas.			V	V	I	I	I	I

Fuente: Elaboración propia

3.1.10.8. Gestión del talento humano

La calidad de servicio que se brinde al pueblo depende exclusivamente del personal que labora, esto hará que la imagen del burgomaestre se refleje en una loable gestión o simplemente pasar por desapercibido. En la actualidad más del 80% del personal que labora en el área de maquinaria y equipo es nombrado; esto involucra en su mayoría operadores, conductores y un personal técnico mecánico. La entidad municipal no tiene organizado un sistema de mantenimiento para la maquinaria pesada, recurriendo a contratar personal externo, solo cuando se requiera, este personal es seleccionado cumpliendo requisitos exclusivamente económicos más no técnicos. Esto trae como consecuencia que se castigue la eficiencia de las máquinas, ofreciendo un mantenimiento correctivo obsoleto y precario, manifestándose en la mala calidad de servicio que se brinda a la comunidad con máquinas que un día están bien y al siguiente están fallando de cualquier sistema.

La planificación eficiente de los mantenimientos, incluye no solo al área de maquinaria y equipo sino también al área de logística, jugándose una gran responsabilidad en las compras a tiempo, y con los materiales que cumplan las especificaciones técnicas que el área de maquinaria y equipos requiere. La decisión política es concluyente en esta toma de decisiones, distribuyendo eficientemente los presupuestos en base a resultados. La capacitación al personal empieza por el conocimiento especializado del Jefe de maquinaria y equipos, recomendando tenga como mínimo estudios en ingeniería del mantenimiento, no dejando de lado, el involucrar a todo el personal que está en contacto directo con las máquinas. La capacitación al personal técnico para que se realicen los mantenimientos programados propuestos en este plan de mantenimiento es vital, para esto se requiere contratar a personal experimentado para enseñar a desaprender o aprender las técnicas que han tenido grandes resultados en el mundo.

3.1.10.9. Gestión de repuestos y presupuesto

El sistema de adquisición de repuesto y servicios es lento, debido a que el proceso administrativo es burocrático, esto dificulta aún más seguir desarrollando los mantenimientos correctivos no programados. No existiendo en la actualidad una gestión de repuestos que presidan de una programación adecuada del mantenimiento. Las grandes dificultades surgen

por el retraso de la entrega de insumos, en reiteradas oportunidades el área de maquinaria y equipo se ha visto en la obligación de tener que paralizar las maquinas porque el mantenimiento preventivo, que es cambio de aceites y filtros se encontraban hasta en un 30% más de las horas permitidas por el fabricante, generando grandes pérdidas y retrasos en las obras.

Trabajar con el ciclo de mejora continua que consiste en planificar, hacer, verificar, actuar, generaría grandes ahorros y se cumpliría con los trabajos estipulados. Por otra parte, sin una gestión eficiente de repuestos, no es posible identificar las exigencias propias de las máquinas, generando pérdidas y afectando de manera directa a la comunidad quien en realidad es la que goza del servicio prestado por la maquinaria.

Cuando se habla de presupuesto, se debe especificar que para este caso el servicio es ofrecido a la comunidad y por lo tanto este no autoabastece de manera directa al banco de maquinaria y por ello se deben hacer solicitudes de presupuesto a la dependencia responsable, teniendo en cuenta que dicha solicitud debe satisfacer las necesidades de las maquinas durante un periodo de tiempo considerable, esto debe de programarse de un año para el siguiente.

3.1.10.10. Documentos de gestión

Tras conocer el tipo de mantenimiento con las cuales debemos trabajar al momento de realizar algún mantenimiento, es importante conocer los documentos y fichas que vamos a detallar para poder llevar un mejor control del mantenimiento para la maquinaria de la Municipalidad de San José de Lourdes.

a. Orden de trabajo

Una orden de trabajo es un documento escrito que el feje de maquinaria le entrega a la persona que corresponda y que contiene una descripción del trabajo que debe llevar a cabo el mantenimiento.

Una vez que se termina dicha actividad este documento va hacer revisado por el feje del taller quien está a cargo de cerciorarse que haya llevado de una forma correcta el mantenimiento.

Para luego ser entregado al asistente de gestión de mantenimiento para que dichos datos sean transcritos en el programa de mantenimiento, para que este documento se archivado y haya una garantía o respaldo para cada máquina que se le va hacer su mantenimiento.

		<p>“AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD”</p> <p>MUNICIPALIDAD DISTRITAL SAN JOSÉ DE LOURDES</p> <p>SAN IGNACIO – CAJAMARCA</p> <p>R.U.C. 20201842647</p>	
		<p>ORDEN DE TRABAJO</p>	
AL:			
DEL:			
ASUNTO:			
MAQUINA:	MODELO:	Nº DE ORDEN :	FECHA:
FALLA			
LISTA DE TAREAS			
REPARACIÓN			
OBSERVACIÓN			
REALIZO		REVISO	
FIRMA:		FIRMA:	
FECHA:		FECHA:	

Figura 21. Orden de trabajo

Fuente: Elaboración propia

b. Orden para trabajos externos

La orden para trabajos externos es un documento que será emitido cuando el trabajo de mantenimiento se realizara externamente que es solicitado por los mecánicos encargados del mantenimiento de la maquinaria. Dicha orden será firmada y aprobada por el jefe de maquinaria pesada.

 <p style="text-align: center;"> “AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD” MUNICIPALIDAD DISTRITAL SAN JOSÉ DE LOURDES SAN IGNACIO – CAJAMARCA R.U.C. 20201842647 </p> <p style="text-align: center;">ORDEN DE TRABAJOS EXTERNOS</p>			
MAQUINA: FECHA: DESTINO: N° DE ORDEN DE TRABAJO:			
ITEMS	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
ENCARGADO	AUTORIZA	RECIBE	
-----	-----	-----	
FIRMA	FIRMA	FIRMA	

Figura 22. Orden de trabajos externos

Fuente: Elaboración propia

e. Ficha de ingreso al almacén

Este documento nos permitirá llevar el respectivo control de los repuestos que ingresan al almacén, que son adquiridos por la municipalidad de los diferentes proveedores para realizar las actividades del mantenimiento.


	<p>“AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD” MUNICIPALIDAD DISTRITAL SAN JOSÉ DE LOURDES SAN IGNACIO – CAJAMARCA R.U.C. 20201842647</p>		
FICHA DE INGRESO AL ALMACEN			
FECHA:			
PROVEDOR:			
N° PEDIDO:			
COMPRA:			
DEVOLUCIÓN:			
ITEMS	CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
TOTAL			
OBSERVACIONES			
..... ENTREGA CONFORME	 RECIBIDO CONFORME	

Figura 25. Ficha de ingreso al almacén

Fuente: Elaboración propia

f. Ficha para el control del consumo de combustible

Este documento nos servirá para llevar el control de todo el combustible, para los respectivos trabajos, que son requeridos por los conductores de la maquinaria y es firmado por el feje de maquinaria.

 <p style="color: green; text-align: center;"> “AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD” MUNICIPALIDAD DISTRITAL SAN JOSÉ DE LOURDES SAN IGNACIO – CAJAMARCA R.U.C. 20201842647 </p> <p style="color: green; text-align: center; font-size: 1.2em;"> FICHA DE CONTROL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE </p>																							
FECHA:																							
ORDEN DE TRABAJO:																							
SOLICITANTE:																							
EQUIPO:																							
MODELO:																							
PLACA:																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">ITEMS</th> <th style="width: 40%;">DESCRIPCIÓN</th> <th style="width: 20%;">CANTIDAD</th> <th style="width: 25%;">CHOFER</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				ITEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CHOFER																
ITEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CHOFER																				
..... ENTREGA CONFORME	 RECIBIDO CONFORME																					

Figura 26. Ficha de control del consumo de combustible

Fuente. Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

La situación actual del mantenimiento en la municipalidad distrital de San José de Lourdes, hacen que los trabajos programados no se terminen en el tiempo establecido y muchas de las veces pasar como una estadística más de obras inconclusas; generado por una o más maquinas deterioradas; acarreando problemas sociales en la población beneficiaria. El proceso de implementación del plan de mantenimiento responde a la decisión y voluntad política del representante legal de la entidad propietaria de la maquinaria.

Los resultados obtenidos en esta investigación son determinantes en la forma con que se viene realizando los mantenimientos. Es claro que todo el poll de maquinaria necesita una planificación y monitoreo por parte del responsable del área; solo así se cumplirá los objetivos planteados, teniendo en cuenta las tareas de mantenimiento propuestas en esta investigación. Para la planificación del mantenimiento es indispensable que se base en el ciclo de mejora continua. La adquisición de repuestos, aceites, filtros y lubricantes , debe realizarse como mínimo a 100 horas antes para que al momento de cambiar dichos insumo, según lo planificado este se encuentre en almacén.

Esta investigación guarda relación con la realizada por Guerra& Oca (2018) demuestra que: “El índice de productividad total del equipamiento minero y de construcción cae entre el 44 % y el 51% al 6to año de explotación, lo que implica un empeoramiento de su régimen de trabajo al ser forzados a operar bajo condiciones extremas, poniendo de manifiesto la necesidad de adquirir maquinaria nueva por concepto de reemplazo o como complemento para alcanzar las productividades planificadas”.

Relacionando al cargador frontal komatsù WA-180 que tiene más de 16,000 horas de trabajo este fue adquirido por la municipalidad en el año 2001, el Tractor sobre orugas CAT D7G que tiene más de 15,000 horas de trabajo, y los dos volquetes que son del año 2001 y 2007 respectivamente, la motoniveladora komatsù GD-511A que es del año 2008. En todas estas máquinas se necesita una planificación especial cumpliendo dos aspectos muy importantes como es la parte técnica y la parte económica.

Es por ello que el cargador frontal komatsù WA-180 no es viable técnicamente ni económicamente; el resultado final es el cambio por una nueva. Fundamentándose en el tiempo de servicio y el gran desgaste que han sufrido los componentes, encontrándose

en etapa final, si se mantiene operativo se estaría perdiendo entre S/0.41 de inversión por cada sol invertido.

Esta investigación guarda relación con la investigación de Salas, R. (2012), en su tesis “Implementación de un proceso de mantenimiento sistematizado para la maquinaria liviana y pesada del municipio del Cantón Pujilí provincia de Cotopaxi” que indica que es necesario controlar y evaluar el desempeño de todos los activos en la municipalidad para homogenizar un plan de mantenimiento del municipio es de mucha ayuda para que no se acumulen las actividades en algunas semanas.

Para la ejecución del naciente plan de mantenimiento, cuyas condiciones iniciales es la capacitación a todo el personal involucrado directa o indirectamente; de tal forma que sean conscientes del rol que ejercen. Procediendo con la utilización de las tareas de mantenimiento cumpliendo a cabalidad lo estipulado.

De igual manera, tiene relación, con la investigación de García, J. y María, J. (2007) que en su tesis sobre “Plan de Mantenimiento Preventivo para PROACES” señala que un plan de mantenimiento preventivo adecuadamente diseñado, debe tener como soporte catálogos según el fabricante, manuales técnicos, manuales de mantenimiento, recomendaciones establecidos por el fabricante u otras fuentes de información veraz.

Para el diseño de las tareas de mantenimiento propuestas en este trabajo de investigación, se tuvo en cuenta los diferentes manuales del fabricante, ambiente de trabajo, operatividad y horas de trabajo de cada máquina. Con la finalidad de disminuir los fallos y paradas imprevistas, analizando el porqué de la falla, previniendo fallas funcionales y/o operacionales.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El diagnostico actual del mantenimiento que se le viene realizando a todo el poll de maquinaria: Esto da como resultado maquinas en mal estado, no hay ninguna actividad de prevención de fallas; no se cuenta con un plan de mantenimiento; tampoco existe un plan de contingencia contra accidentes y riegos en el trabajo, consecuencia de esto se han producido tres accidentes mortales. La contratación de personal para operar las diferentes maquinas se da solo por recomendación o amistad, dejando de lado el aspecto técnico y de operatividad; este personal no cuenta con la preparación necesaria que se requiere para la realización de dichos trabajos. Finalizando el diagnostico de mantenimiento; Proporciona que estos son correctivos en su gran mayoría, alejándose de los preventivos que solo se utiliza en cambio de aceite y filtros.
- La criticidad de los equipos evaluada mediante la teoría del riesgo orientándose en cinco aspectos da como resultado sistemas críticos de las siguientes maquinas: Sistema de inyección cargador frontal komatsú WA-200; sistema eléctrico y sistema hidráulico del cargador frontal komatsú WA-180; sistema no suspendido de la motoniveladora CAT 120K; sistema de translación de la tornameza de la motoniveladora komatsú GD-511A; por último el sistema hidráulico del tractor sobre orugas CAT D7G.
- Para la determinación de los parámetros estadísticos del mantenimiento, nos apoyamos en la teoría de weibull obteniendo como resultado: $\beta=2.12$, $\alpha=61.52$ en el sistema hidráulico y $\beta=2.33$, $\alpha=67.76$ sistema eléctrico cargador frontal komatsú WA-180; $\beta=1.10$, $\alpha=194.53$ del cargador frontal komatsú WA-200; $\beta=2.33$, $\alpha=99.71$ del tractor sobre orugas CAT D7G; $\beta=2.03$, $\alpha=87.05$ motoniveladora CAT 120K; $\beta=1.53$, $\alpha=139.28$ motoniveladora komatsú GD-511A.

- Como resultado de esta investigación se obtiene que: la confiabilidad disminuye considerablemente con el transcurso del tiempo, de este modo hemos encontrado que el sistema menos confiable es el hidráulico del cargador frontal Komatsú WA-180, con un total de 54.5455 horas de vida media; el más confiable es el de inyección del cargador frontal komatsú WA-200, haciendo un total de 178 horas de vida media.
- En la evaluación de costos arroja que el cargador frontal komatsú WA-180, no es rentable mantenerlo en servicio, este al momento de invertir un sol se estaría perdiendo S/ 0.41.
- Diseñar las actividades de mantenimiento de la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de San José de Lourdes.
- En la aplicación de la programación del plan de mantenimiento, existen actividades que mejoran la vida de las máquinas y cuyo único propósito es optimizar los trabajos desempeñados por las máquinas y sus tiempos de operación. Integrando a todo el personal involucrado, requiriendo un software para el control y programación del mantenimiento, a ello se suma la implementación de un taller de maestranza para la realización de dichas actividades.

6.2. Recomendaciones

- El almacenamiento del combustible se debe realizar a una temperatura permitida por el fabricante de combustible, bajo estrictas medidas de seguridad, este no debe estar en contacto con productos inflamables y contaminantes, como polvo, agua, fuego, etc. Para evitar que el combustible ingrese contaminado a los tanques de combustibles de las maquinas estas deberán tener un sistema de pre filtro y filtro de combustible, un tratamiento de limpieza al momento de ingresar a los tanques de combustibles. El gran problema de las maquinas radica en el sistema de inyección.
- Realizar la respectiva señalización del lugar de trabajo para poder identificar los lugares de riesgo y peligro, esto delimitara el transitar del personal sin correr riesgo alguno de sufrir accidentes laborales tanto de personas como de equipos o máquinas.

- Programar cursos o talleres de capacitación al personal involucrados en las tareas de mantenimiento para lograr mantener un alto nivel técnico de conocimiento y cumplir a cabalidad con las actividades de una manera eficiente.
- Realizar una distribución del personal apropiada de acuerdo a las habilidades y experiencia en las actividades de mantenimiento planificadas, con el fin de evitar la contratación excesiva del personal.
- Mantener una buena comunicación entre el área de mantenimiento, Gerencia de Infraestructura Desarrollo Urbano y Rural, y el área de logística para coordinar las diferentes actividades de mantenimiento y compra de insumos o repuestos, sin afectar la producción del avance de los trabajos programados.
- Asignar el presupuesto necesario de forma anual para la adquisición de los diferentes repuestos y accesorios que son empleados en las tareas de mantenimiento.
- Supervisar la ejecución del programa de mantenimiento propuesto, para llevar un control adecuado de cada una de las máquinas, obteniendo el máximo rendimiento de las mismas.
- Aplicar las tareas de mantenimiento diseñadas en este trabajo de investigación, estas aportan gran valor con el tiempo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Contreras, C. A. (2016). Plan de mantenimiento de equipos de movimiento de tierra por criticidad para tener maquinas disponibles en la municipalidad provincial de Yauli La Oroya. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1573>
- Diestra, J. P., Esquiviel, L., & Guevara, R. (02 de Julio de 2017). Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 1-10. Obtenido de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/530/505>
- Espinoza, C. F., & Quispe, F. (2018). Implementacion de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/1295>
- Fiestas, B. E. (2011). Ahorro energético en el sistema eléctrico de la Universidad de Piura - Campus Piura. (*Tesis de maestria*). Universidad de Piura, Piura, Perú. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1861/MAS_IME_007.pdf?sequence=1
- Labra, E. (2018). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para la maquinaria pesada para movimientos de tierra, de la Municipalidad Provincial de Canchis-Cuzco. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9824>
- Li, C., & Mescua, R. (2016). Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a una flota de camiones fuera de carretera en una mina de tajo abierto. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/619973>
- Llamba, W. S. (2014). Elaboración del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) de la Central Hidraulica ILLUCHI N°2. (*Tesis de*

- licenciatura*). Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8442>
- Mago, K. I. (2006). Diagnóstico de falla a los equipos pesados de la Gerencia de Materiales de la Empresa Orinoco S.C.S. (*Trabajo de investigación*). Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Guayana, Venezuela. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/diagnostico-fallas-equipos-pesados-orinoco-iron-scs/diagnostico-fallas-equipos-pesados-orinoco-iron-scs.pdf>.
 - Maldonado, H. M., & Sigüenza, L. A. (2012). Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1759>
 - Montenegro, G. W. (2017). Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para incrementar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la empresa chancadora del norte S.A.C. (*tesis de licenciatura*). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
 - Rodríguez, A. K. (2016). Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para maquinaria pesada de construcción. (*Tesis maestría*). Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
 - Salinas, R. (2016). Análisis de costos para disposición final del cargador frontal 924F en la Municipalidad de Pichari-Cusco. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Nacional del centro del Perú, Huancayo, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1564>
 - Tasilla, S. F. (2016). "Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la empresa TECNOLDHER en Cajamarca. (*Tesis de licenciatura*). Universidad César Vallejo, Cajamarca, Perú. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/10088>

VIII. ANEXOS

Anexo I: Costos proyecto de adquisición de maquinaria municipalidad distrital de San José de Lourdes.

Costos de Inversión

Costos de inversión de la alternativa seleccionada (a precios de mercado y sociales)

Cuadro N°18 Costos de Inversión ALTERNATIVA 01

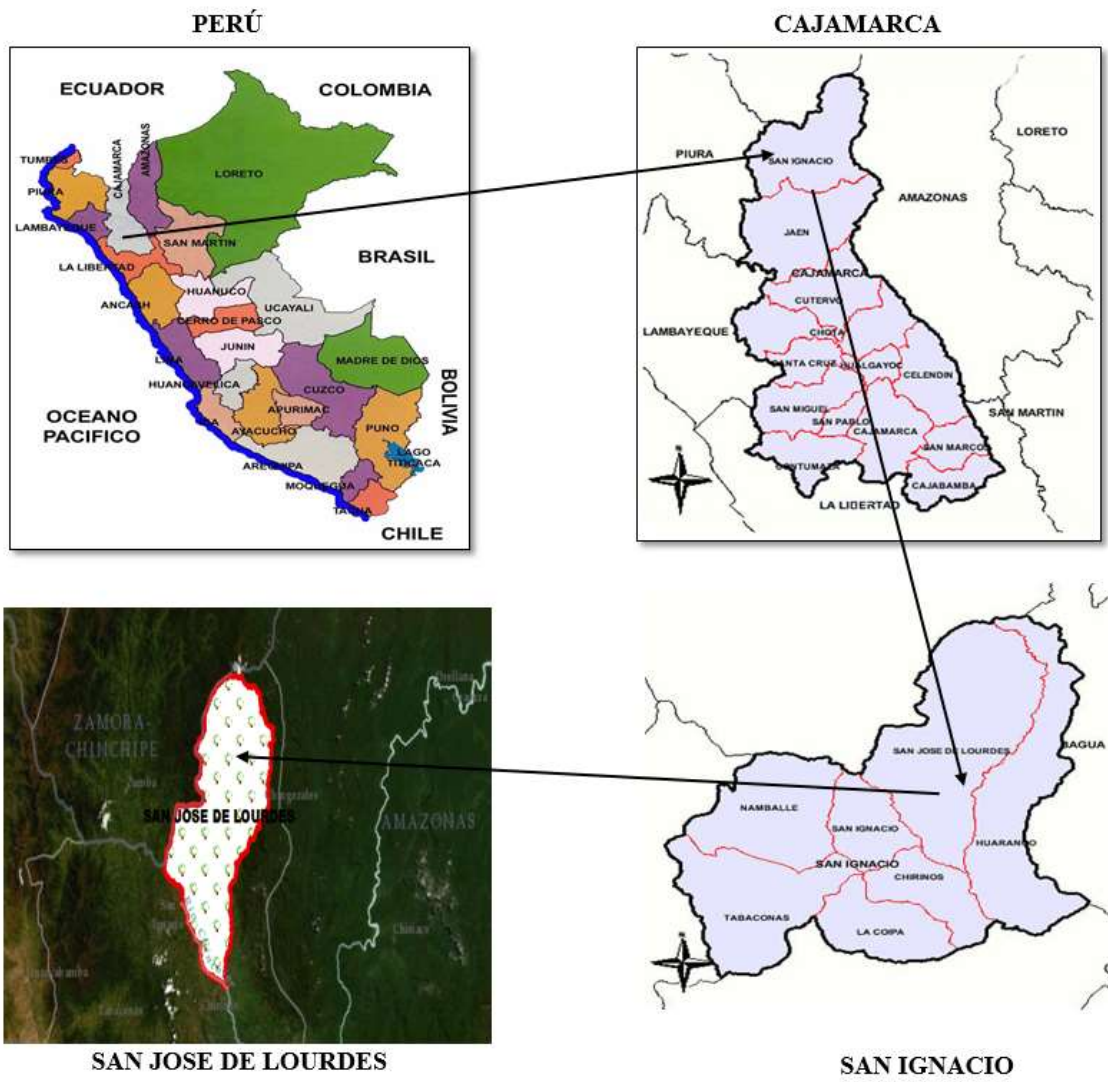
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	PRECIO	PARCIAL
1.00	A.-ESTUDIOS DEFINITIVOS				32,210.48
1.01	Expediente Técnico	Und	1.00	32,210.48	32,210.48
2.00	ADQUISICIONES				
2.01	Compra de Camión Volquete (15 m3)	Und	2.00	417,360.00	834,720.00
2.02	Compra de cargador frontal sobre ruedas 128 hp	Und	1.00	869,939.13	869,939.13
2.03	Compra Retroexcavadora (420F BRAZO EXTENSIBLE EXTENSIBLE / CAB. A/C)	Und	1.00	468,802.20	468,802.20
2.04	Compra de Motoniveladora 125hp - 145hp	Und	1.00	923,434.39	923,434.39
2.05	Compra de camioneta 4*4 doble cabina	Und	1.00	120,652.00	120,652.00
3.00	CAPACITACIONES				
3.01	Capacitaciones	Glb	1.00	3,500.00	3,500.00
TOTAL COSTO DIRECTO					3,221,047.72
TOTAL DE INVERSION					3,221,047.72

T/C 3.23 (Abril 2015)

18% IGV INCLUIDO EN COSTOS DIRECTOS

Fuente: proyecto de adquisición Municipalidad distrital de San José de Lourdes

Anexo 2. Ubicación geográfica



Fuente: Google Map

Anexo 3. Especificaciones técnicas delcargador sobre ruelas komastu WA-180



CARGADOR SOBRE RUEDAS KOMATSU WA-180	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	Cargador sobre ruedas
Año	2001
Marca	Komatsu
Modelo	WA 180
MOTOR	
Aspiración	Turboalimentación
Número de cilindros	6
Cilindrada	5.9 L - 360 pulgadas ³
Desplazamiento total del pistón	4.46 (L) 4,460 (CC)
Potencia total	95.45 kW (128 HP)/2400 rpm
Velocidad media	2400 rpm
Sistema de combustible	Inyección directa
Torsión máximo	417 Nm (42.5kgm)/1600 rpm
Tipo de dirección	KL
PESO	
Peso de operación	9,434 kg (20, 800 lb)
DIMENSIONES	
Capacidad del cucharón	1.7 m ³
Anchura entre neumáticos	2310 mm
Altura hasta la parte superior de la cabina	3095 mm
LLANTAS	
Tamaño	17.5 R25
Carga de neumático delantero	3435 kgf - (7574 lb)
Carga de neumático trasero	5265 kgf - (11609 lb)
CAPACIDADES DE FLUIDOS Y LUBRICANTES	
Motor	22 L – 5.81 gal
Caja de transmisión	28 L – 7.4 gal
Sistema hidráulico	80 L – 21.1 gal
Eje (delantero/trasero)	14 L – 3.7 gal
Sistema de enfriamiento	21.5 L – 5.68 gal
Tanque de combustible	170 L – 44.9 gal
Freno	1 L – 0.26 gal
SISTEMA ELÉCTRICO	

Batería	12 v 110 ah x 2 piezas
Motor de arranque	24 v 4.5 kW
Alternador	24 V, 35 A

Anexo 4. Especificaciones técnicas del cargador sobre ruedas komastu WA-200



CARGADOR SOBRE RUEDAS KOMATSU WA-200	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	Cargador sobre ruedas
Año	2016
Marca	Komatsu
Modelo	WA-200
MOTOR	
Tipo	Refrigerado por agua de 4 ciclos
Aspiración	Turbocargado y posenfriado
Número de cilindros	4
Diámetro por carrera	107 mm. x 124 mm 4,21" x 4,88"
Desplazamiento total del pistón	4.46 (L) 4,460 (CC)
Potencia neta	95,2 kW 128 hp 2000 rpm
Potencia bruta	94 kW 126 hp 2000 rpm
Velocidad:	
Velocidad máx. sin carga	2,250 rpm
Velocidad mín. sin carga	825 rpm
Sistema de combustible	Inyección directa
Torsión máx (*1)	584 {59.6}/1,400 Nm{kgm}/rpm
PESO	
Peso de la máquina	9,555 kg
DIMENSIONES	
Capacidad del cucharón	1.7 m ³
Ancho del cucharón	2,250 mm
Peso del cucharón	700 Kg
Altura total	3,110 mm
Anchura entre neumáticos	2,375 mm
LLANTAS	
Tamaño	17.5-25-12PR
Tamaño del Aro	25 x 13.00
Presión de inflado:	
• Rueda delantera	294 kPa - 3.0 kg/cm ²
• Rueda trasera	294 kPa - 3.0 kg/cm ²
CAPACIDADES DE FLUIDOS Y LUBRICANTES	

Motor	15.5 L – 4.1 gal
Caja de transferencia	5 L – 1.3 gal
Sistema hidráulico	58 L – 15.3 gal
Eje (delantero/trasero)	18 L – 4.8 gal
Sistema de enfriamiento	17 L – 4,5 gal
Tanque de combustible	177 L – 46.8 gal
SISTEMA ELÉCTRICO	
Batería	12 V, 88 Ah, 2 piezas
Motor de arranque	24 V, 4.5 kW
Alternador	24 V, 60 A

Anexo 5. Especificaciones técnicas de la Motoniveladora komatsu GD-511A



MOTONIVELADORA KOMATSU GD-511A	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	Motoniveladora
Año	2008
Marca	Komatsu
Modelo	GD-511A
MOTOR	
Número de cilindros	6
Diámetro por cilindro	95 mm. (3.74")
Desplazamiento total del pistón	4.89 ltr.(298 pulg.3)
Potencia total	100 KW (135HP)/2,900 rpm
Velocidad máxima	2900 RPM
Sistema de combustible	Inyección directa
PESO	
Peso de la máquina	10,800 kg (23,810 lb)
DIMENSIONES	
Anchura entre neumáticos	2.395 m
Altura total	3.485 m
Largo total	7.895 m
VERTEDERA	
Ancho de la vertedera	3.710 m
LLANTAS	
Tamaño	13.00- 24-8PR.(G-2)
Ruedas	8.00 TG x 24 (SDC)
Presión de inflado	1.8 kg/cm ² (25.6 PSI/177 kPa)
CAPACIDADES DE FLUIDOS Y LUBRICANTES	
Motor	11 L – 2.90 gal
Caja de transmisión	42 L – 11.9 gal
Caja tándem de mando (cada una)	45 L – 11.88 gal
Caja de mando final	13 L – 3.43 gal
Sistema hidráulico	68 L – 17.95 gal
Caja de engranes de retroceso del círculo	4 L – 1.06 gal
Sistema de enfriamiento	34 L – 8.98 gal
Tanque de combustible	227 L – 59.93 gal

Freno	0.8 L – 0.21 gal
SISTEMA ELÉCTRICO	
Batería	12 V, 100 Ah, 2 piezas
Motor de arranque	24 V, 5.5 kW
Alternador	24 V, 25 A

Anexo 6. Especificaciones técnicas de la Motoniveladora CAT 120K



MOTONIVELADORA CAT 120K	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	Motoniveladora
Año	2016
Marca	Caterpillar
Modelo	120K
MOTOR	
+	7.2 L
Carrera	127 mm
Número de cilindros	6
Velocidad a potencia nominal	2000 rpm
Par neto máximo	774 N.m
Potencia neta	93 kW 125 hp
PESO	
Peso de la máquina	13.843 kg 30.519 lb
Eje delantero	3.970 kg 8.751 lb
Eje trasero	9.873 kg 21.768 lb
LLANTAS	
Tamaño	14.00-24 12PR (G-2)
CAPACIDADES DE FLUIDOS Y LUBRICANTES	
Motor	18 L – 4.8 gal
Transmisión, dirección, diferencial o mandos finales	48 L – 12.7 gal
Sistema hidráulico	58 L – 15.3 gal
Caja de cojinete de punta de eje de rueda delantera	0.5 L – 0.1 gal
Caja en tándem (cada una)	49 L – 12.9 gal
Sistema de enfriamiento	40 L – 10.6 gal
Tanque de combustible	305 L – 80.6 gal
Caja de motor de giro	7 L – 1.9 gal
VERTEDERA	
Ancho de la vertedera	3,7 m 12”
Altura de la vertedera	610 mm
Grosor de la vertedera	22 mm
SISTEMA ELÉCTRICO	

Batería	24 V
Alternador	24 V, 115 A

Anexo 7. Especificaciones técnicas del Rodillo liso compactador CAT CS56



RODILLO LISO COMPACTADOR CAT CS56	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	Rodillo liso
Año	2010
Marca	Caterpillar
Modelo	CS56
MOTOR	
Cilindrada	6.6 L
Carrera	127 mm
Número de cilindros	6
Revoluciones	2200 rpm
Velocidad	11,4 km/h
Potencia neta	108 KW 147 hp
Potencia bruta	116 kW/158 hp
PESO	
Peso de la máquina	12 500 kg
LLANTAS	
Tamaño	587 x 660 mm (23.1" x 26")
CAPACIDADES DE FLUIDOS Y LUBRICANTES	
Motor	17.4 L
Eje y mandos finales	18 L
Deposito hidráulico	90 L
Carcasa de los contrapesos excéntricos	26 L
Sistema de enfriamiento	22.8 L
Tanque de combustible	300 L
Sistema vibratorio	
Frecuencia	31.9 Hz
Amplitud:	
Alta	1,8 mm
Baja	0,9 mm
Fuerza centrífuga a 31,9 Hz :	
Máxima	282 kN
Mínima	141 kN
SISTEMA ELÉCTRICO	
Batería	24 V 2 baterías
Alternador	24 V, 80 A

Sistema de arranque	750 A
---------------------	-------

Anexo 8. Especificaciones técnicas del Rodillo liso compactador CAT CS533E



RODILLO LISO COMPACTADOR CAT CS533E	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	Rodillo liso
Año	2016
Marca	Caterpillar
Modelo	CS533E
MOTOR	
Cilindrada	4.4 L
Aspiración	Turboalimentación
Carrera	127 mm
Número de cilindros	4
Revoluciones	2200 rpm
Velocidad máxima:	
Rango bajo	8,0 km/h – 4,9 mph
Rango alto	12,0 km/h – 7,5 mph
Potencia efectiva	93 KW 125 hp
Potencia total	97 kW 130 hp 2200 rpm
PESO	
Peso de la máquina	10.840 kg 23.900 lb
LLANTAS	
Tamaño	23,1" x 26"
CAPACIDADES DE FLUIDOS Y LUBRICANTES	
Motor	9 L – 2.4 gal
Eje y mandos finales	18 L – 4.8 gal
Tanque hidráulico	60 L – 6.9 gal
Compartimiento de peso excéntrico	26 L – 12.9 gal
Sistema de enfriamiento	19 L – 5 gal
Tanque de combustible	180 L – 47 gal
ESPECIFICACIONES DEL TAMBOR	
Ancho del tambor	2.134 mm 84"
Grosor del casco del tambor	25 mm 1"
Diámetro del tambor	1.534 mm 60,4"
Mando del peso excéntrico	Hidrostático

SISTEMA ELÉCTRICO	
Batería	24 V 2 baterías
Alternador	24 V, 55 A
Sistema de arranque	750 A

Anexo 9. Especificaciones técnicas de la Retroexcavadora CAT 420F2



RETROEXCAVADORA CAT 420F2	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	Retroexcavadora
Año	2016
Marca	Caterpillar
Modelo	420F2
MOTOR	
Cilindrada	4,4 L 268 pulg3
Carrera	127 mm 5"
Número de cilindros	4
Revoluciones	1800 - 2200 rpm
Velocidad máxima:	
Rango bajo	8,0 km/h – 4,9 mph
Rango alto	12,0 km/h – 7,5 mph
Potencia neta nominal	69 kW 93 hp 2200 rpm
Potencia máxima neta	78 kW 105 hp 1800 rpm
Potencia bruta	76 kW 102 hp
PESO	
Peso de la máquina	11000 kg
LLANTAS	
Delanteras	340/80R 18
Traceras	500/70R 24 RT
CAPACIDADES DE FLUIDOS Y LUBRICANTES	
Motor	8.8 L – 2.3 gal
Tanque hidráulico	40 L – 10.6 gal
Sistema hidráulico	95 L – 25.1 gal
Sistema de enfriamiento	22.5 L – 5.9 gal
Tanque de combustible	160 L – 42 gal
Fluido de escape disel	19 L – 5 gal
SISTEMA HIDRAULICO	
Tipo	Centro cerrado
Tipo de bomba	Flujo variable y pistones axiales
Capacidad de la bomba a 2.200 rpm	163 L/min 43 gal
Presión del sistema	25.000 kPa 3.600 lb/pulg ²
SISTEMA ELÉCTRICO	

Batería	12 V
---------	------

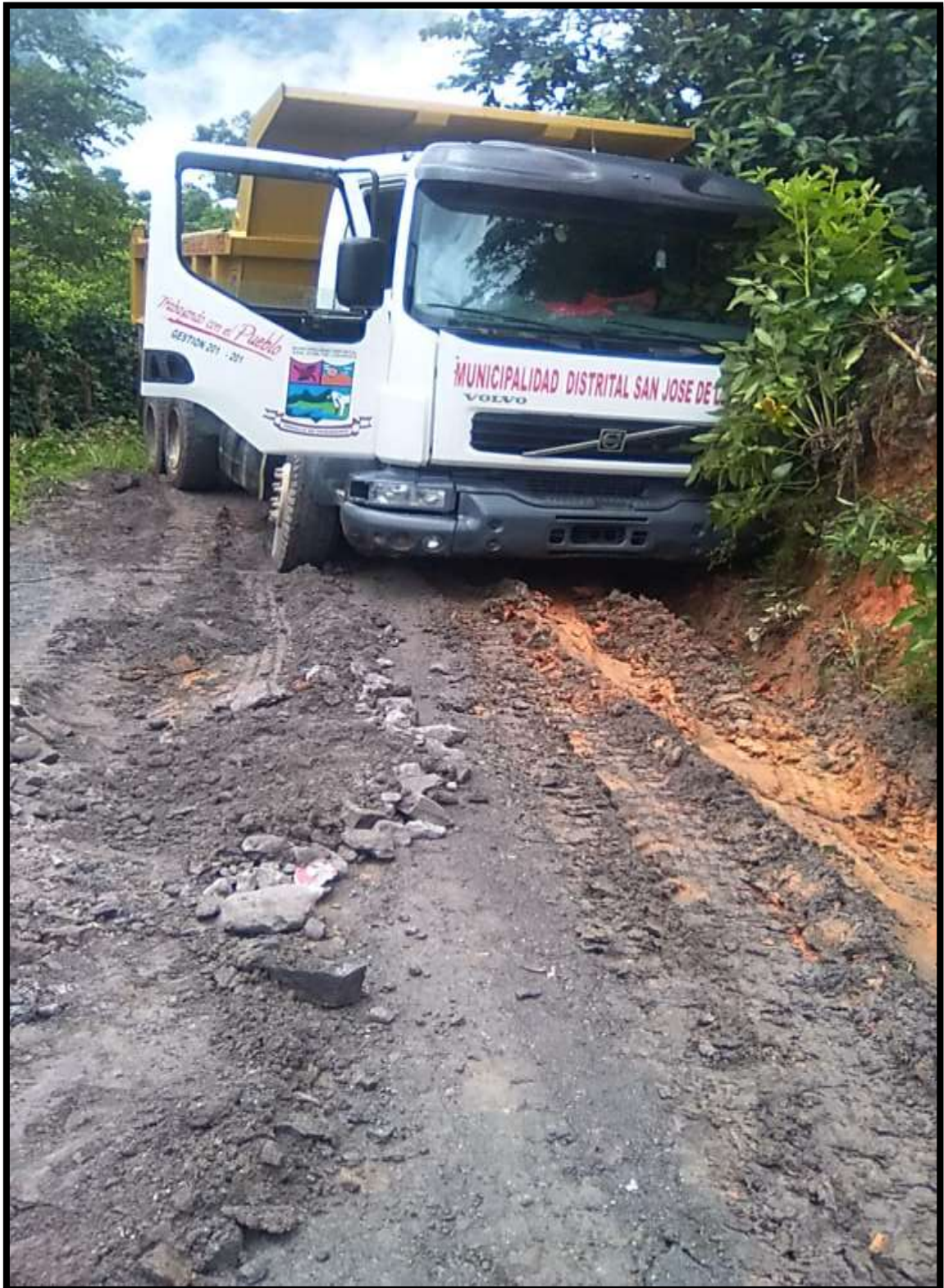
Anexo 10. Especificaciones técnicas del Tractor sobre oruga CAT D7G



TRACTOR SOBRE ORUGA CAT D7G	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	Tractor sobre oruga
Año	2004
Marca	Caterpillar
Modelo	D7G
MOTOR	
Carrera	152 mm 6,0 pulg
Cilindrada	10.5 L - 638 pulg ³
Número de cilindros	6
Revolución del motor	2000 rpm
Velocidad máxima:	
Adelante	10 Km/h
Reversa	11.9 Km/h
Potencia neta	149 kW – 200 hp
Potencia bruta	165 kW – 215 hp
PESO	
Peso de la máquina	16.170 kg 35.620 lb
DIMENSIONES CUCHILLA	
Capacidad	4,2 m ³
Altura	1270 mm
Ancho	3660 mm
Profundidad de excavación	447 mm
CAPACIDADES DE FLUIDOS Y LUBRICANTES	
Motor	27.4 L. - 7.25 gal
Tanque de combustible	435 L - 115 gal
Tanque de hidráulico	91 L – 24 gal
Mando final	34.1 L – 9 gal
Sistema de enfriamiento	45.4 L – 2.4 gal
SISTEMA HIDRAULICO	
Salida de la bomba a 2080 RPM y 6895 kPa (1000 lb/pulg ²)	227 litros/min
Flujo del cilindro de inclinación	91 litros/min
Ajustes de la válvula de alivio:	
Hoja	15.513 kPa
Desgarrador	15.513 kPa

Cilindro de inclinación	16.892 kPa
SISTEMA ELÉCTRICO	
Batería	12 V

Anexo 11. Especificaciones técnicas del Camión Volquete Volvo VM-310



CAMIÓN VOLQUETE VOLVO VM-310	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	Camion Volquete
Marca	Volvo
Modelo	VM-310
Año	2007
MOTOR	
Potencia	310 CV (2200 rpm)
Torque	1200 Nm
Nº cilindros	6
PESO	
Peso del volquete	13400 Kg
Peso de carga	33400 Kg
DIMENSIONES	
Capacidad	10 m3
Altura	2940 mm
Ancho	3600 mm
Longitud	7500 mm
CAPACIDADES DE FLUIDOS Y LUBRICANTES	
Motor	10 gal
Tanque de combustible	50 gal
Tanque de hidráulico	20 gal
Corona	10 gal
Sistema de enfriamiento	10 gal
Neumáticos	
Medida de las traseras	Nº 7.5 X 15
Medidas de las delanteras	Nº 12 X 22.5
Presión de inflado del neumático	100 – 120 lbs
SISTEMA ELÉCTRICO	
Batería	24 V
Nº placas	13

Anexo 12. Especificaciones técnicas del Camión Volquete Volvo NL10-340



VOLQUETE VOLVO NL10-340	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	Camion Volquete
Marca	Volvo
Modelo	NL10-340
Año	2001
MOTOR	
Potencia	350 CV (250KW)-2050 rpm
Par motor	1,400 Nm (1,011 Lbs-Pie)-1200 rpm
N° de cilindros	6
PESO	
Peso del Volquete	12725 Kg
Capacidad de carga	32700 Kg
DIMENSIONES	
Capacidad de tolva	10 m3
Altura	2877 mm
Ancho	2450 mm
longitud	6792 mm
CAPACIDADES DE FLUIDOS Y LUBRICANTES	
motor	10 gal SAE 15W40
Tanque de combustible	50 gal
Tanque de hidráulico	20 gal
Corona	10 gal SAE 140
Sistema de enfriamiento	10 gal
NEUMATICOS	
Medida	11000 R 20
Aro	Aro artillero
Par de apriete	330-300 Nm
Inflado de neumático	800 – 895 KPa (8.00-8.95 bar)
SISTEMA ELÉCTRICO	
Batería	24 V