



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**MODELADO DE CONFIABILIDAD EN UNA FLOTA DE TRANSPORTE DE
MAQUINARIA PESADA MEDIANTE EL MÉTODO MONTE CARLO**

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

AUTORES: ROYER ANDRE CHICA CALOZUMA

NICOLÁS PATRICIO SÁNCHEZ CASTRO

TUTOR: ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, PhD.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Royer Andre Chica Calozuma con documento de identificación N° 0705638963 y Nicolás Patricio Sánchez Castro con documento de identificación N° 0706906872; manifestamos que:

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

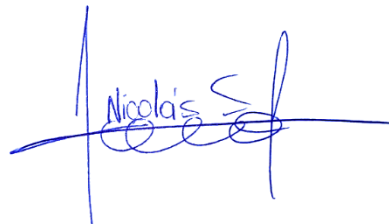
Cuenca, 6 de enero del 2023

Atentamente,



Royer Andre Chica Calozuma

0705638963



Nicolás Patricio Sánchez Castro

0706906872

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

Nosotros, Royer Andre Chica Calozuma con documento de identificación N° 0705638963 y Nicolás Patricio Sánchez Castro con documento de identificación N° 0706906872, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Modelado de confiabilidad en una flota de transporte de maquinaria pesada mediante el método Monte Carlo”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 6 de enero del 2023

Atentamente,

Royer Andre Chica Calozuma

0705638963

Nicolás Patricio Sánchez Castro

0706906872

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Leonardo García García con documento de identificación N° 0103898318, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: MODELADO DE CONFIBILIDAD EN UNA FLOTA DE TRANSPORTE DE MAQUINIARIA PESADA MEDIANTE EL MÈTODO MONTE CARLO, realizado por Royer Andre Chica Calozuma con documento de identificación N° 0705638963 y por Nicolás Patricio Sánchez Castro con documento de identificación N° 0706906872, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 6 de enero del 2023

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal line across the middle.

Ing. Cristian Leonardo García García, PhD.

0103898318

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedicado con todo mi cariño, agradecimiento y amor a mis padres, Fernando Chica y Melania Calozuma quienes han sido el pilar fundamental para mi vida, quienes han sido un ejemplo que seguir, de trabajo duro y honesto, personas que a pesar de la adversidad han salido adelante.

Es por ellos por lo que doy este trabajo en honor a ellos mis padres por su amor, sacrificio y esfuerzo.

Royer Andre Chica Calozuma

DEDICATORIA

El presente proyecto técnico de titulación quiero dedicar en primer lugar a Dios, por ser quien ha guiado mi transcurso universitario con su plenitud de amor, misericordia y gracia. Por darme la bendición de estudiar y sobre todo por darme la sabiduría e inteligencia.

Dedicar también con mucho amor a mis padres por sus esfuerzos y sacrificio durante todos estos años y que me han dado su confianza y apoyo incondicional.

A mis abuelos Segundo Sánchez y Luz Arias que por sus constantes oraciones y sus consejos estoy culminando esta etapa académica. Dedicar también a mis hermanas que han sido un pilar muy importante brindándome su amor, cariño y respaldo.

Nicolás Patricio Sánchez Castro

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios primero por darme la oportunidad de vivir y lograr llegar hasta este punto de mi vida académica y en todos los aspectos de principio a fin.

Agradezco a mis padres por haberme obsequiado este regalo como es el estudio, y que ahora vean el resultado de cada uno de los días transcurridos dentro de las aulas, que hace varios años solo se veía como un sueño pero que ahora es una de las metas que se ha culminado y sé que vendrán más en un futuro. A mi hermana Yaheli por estar desde mi infancia demostrándome la importancia y el amor que una persona necesita. A mi sobrina Arlet que forma una parte importantísima en mi vida, gracias por estar conmigo.

De gran manera al Ingeniero Cristian García, por la confianza que me ha otorgado, el apoyo brindado, y la retroalimentación para el desarrollo de este trabajo de titulación.

Royer Andre Chica Calozuma

AGRADECIMIENTO

“Los mejores logros en la vida siempre serán en quipo”. Mi agradecimiento va hacia toda mi familia Sánchez y Castro, que siempre me alentaban con sus mensajes sus consejos.

Mi agradecimiento primordial es para Dios, que es mi fuente principal, me dio distintas bendiciones como el de estudiar, dones, sabiduría divina e inteligencia.

Agradecer también a las mujeres esenciales en mi vida, mi madre Amparito Castro, mis hermanas Estefanía e Ivana, mi abuelita Luz Arias y a mi enamorada Josselyn Sanchez, por brindarme el amor y la confianza incondicional en estos últimos años de carrera.

Mis últimas líneas son para agradecer a la persona con el corazón mas noble y puro en todo el mundo, mi padre Patricio Sánchez, gracias por el apoyo y la confianza, por ser mi inspiración, mi pilar fundamental en la vida, por inculcar valores de honradez, amor y trabajo que ayudó a forjar mi carácter. ¡Sin usted nada de esto lo hubiese logrado!

Nicolás Patricio Sánchez Castro

RESUMEN

En el presente proyecto técnico se desarrolló un análisis para el modelado de confiabilidad utilizando el método Monte Carlo con el complemento de Risk Simulator en una flota de transporte de maquinaria pesada. Se considera un historial de fallos de cada unidad, de tal manera que se logre reducir las paralizaciones de equipo por mantenimientos o fallo y que se incremente el nivel de confiabilidad en cada sistema motriz perteneciente a la maquinaria.

Para el desarrollo de la simulación fue necesario llevar a cabo una indagación de fuentes bibliográficas, libros, revistas científicas y herramientas de gestión de flotas de transporte de maquinaria pesada que estén acorde en el mercado y que contengan disponibilidad de mantenimientos, que sean aplicables a software para realizar la simulación y análisis de resultados en base a la metodología Monte Carlo.

Para validar el estudio bibliográfico fue necesario reconocer los mantenimientos realizados en las 42 unidades de maquinarias que forman parte de la flota. Mediante el análisis de modos de falla, efectos se determina que el sistema de dirección es el que más genera fallas y pérdidas hacia la empresa. Además de ello se identificó variables aleatorias que están en función del sistema general de la flota, se elaboró una base de datos que abarca un historial de mantenimientos tanto de la maquinaria como operativos focalizados en cada unidad.

A raíz de la identificación de variables se desarrolló un algoritmo de implementación para la simulación con la metodología Monte Carlo, se programa en el Excel haciendo un seguimiento y validación del modelo mediante diseño de experimentos, cómo análisis de resultados se observó el comportamiento de cada indicador, ayudando así a gestionar de mejor manera a la flota de maquinaria pesada

Palabras Claves: Risk Simulator, indicador de confiabilidad, mantenibilidad, algoritmo

ABSTRACT

In this technical project, a reliability modelling analysis was developed using the Monte Carlo method with the Risk Simulator add-on for a heavy equipment transport fleet. A failure history of each unit is considered, in order to reduce equipment downtime due to maintenance or failure and to increase the level of reliability in each engine system belonging to the machinery.

For the development of the simulation, it was necessary to carry out an investigation of bibliographic sources, books, scientific magazines, and tools of management of fleets of transport of heavy machinery that are in agreement in the market and that contain availability of maintenances, that are applicable to software to carry out the simulation and analysis of results on the basis of the Monte Carlo methodology.

To validate the bibliographic study, it was necessary to recognise the maintenance carried out on the 40 machinery units. Through the analysis of failure modes and effects, it was determined that the hydraulic and motor systems are the ones that generate failures and considerable losses for the company. In addition to this, random variables were identified that are a function of the general system of the fleet, a database was created that includes a history of maintenance of both machinery and operations focused on each unit.

As a result of the identification of variables, an implementation algorithm was developed for the simulation with Monte Carlo methodology, it is programmed in Excel, making a follow-up and validation of the model through the design of experiments, as an analysis of the results, the behaviour of each indicator was observed, thus helping to better manage the heavy machinery fleet.

Keywords: Risk Simulator, Reliability Indicator, Maintainability, Algorithm

Tabla de contenido

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | 5 |
| DEDICATORIA | 6 |
| RESUMEN..... | 9 |
| ABSTRACT..... | 11 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 19 |
| 2. PROBLEMA | 20 |
| 2.1 Antecedentes | 20 |
| 2.2 Importancia y Alcances..... | 20 |
| 2.3 Delimitación..... | 21 |
| 3. OBJETIVOS..... | 22 |
| 3.1 Objetivo General..... | 22 |
| 3.2 Objetivos Específicos..... | 22 |
| 4. CAPITULO 1: FUNDAMENTOS TEORICOS Y ESTADO DEL ARTE | 23 |
| 4.1 Conceptualización de transporte | 23 |
| 4.2 Flotas de transporte | 23 |
| 4.3 Tipos de flotas de transporte | 24 |
| 4.3.1 Flota pequeña..... | 24 |
| 4.3.2 Flota mediana..... | 24 |
| 4.3.3 Flota grande | 24 |
| 4.4 Conceptualización de mantenimiento | 25 |
| 4.4.1 Objetivos del mantenimiento | 25 |
| 4.4.2 Tipos de mantenimiento..... | 26 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| | | 13 |
| 4.5 | Confiabilidad..... | 28 |
| 4.6 | Análisis de modos y efectos de falla (AMFE) | 28 |
| 4.7 | Análisis de confiabilidad humana (HRA)..... | 30 |
| 4.8 | Técnica de predicción de la tasa de error humana (THERP)..... | 30 |
| 4.9 | Metodología Monte Carlo..... | 32 |
| 4.10 | Simulación de Monte Carlo | 32 |
| 4.10.1 | Simulación..... | 32 |
| 4.10.2 | Simulación de Monte Carlo | 32 |
| 4.10.3 | Etapas de proceso de simulación para metodología Monte Carlo | 33 |
| 4.10.4 | Algoritmo de simulación de Monte Carlo..... | 34 |
| 4.11 | Conceptualización de complementación de RISK..... | 36 |
| 4.11.1 | Principios de control para RISK | 36 |
| 5. | CAPITULO 2: MODOS Y EFECTOS DE FALLA EN LA FLOTA DE | |
| | MAQUINARIA PESADA | 38 |
| 5.1 | Organización de la empresa | 38 |
| 5.2 | Procesos de mantenimiento..... | 39 |
| 5.3 | Identificación de la flota vehicular de la empresa | 40 |
| 5.4 | Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656 | 41 |
| 5.4.1 | Ejemplos de usos para vehículos de categoría N y O | 43 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.6 | Obtención de Modos, Efectos de fallo (AMFE) en la flota de maquinaria pesada | 49 |
| 5.6.1 | Fallos en el motor..... | 50 |
| 5.6.2 | Fallos de sistema de frenos | 51 |
| 5.6.3 | Fugas en el sistema hidráulico | 51 |
| 5.6.4 | Daño en el sistema de lubricación en motor | 51 |
| 5.6.5 | Fallos en el sistema eléctrico | 52 |
| 5.7 | Análisis de Modos y Efectos de fallo (AMFE) en la flota de maquinaria pesada | 51 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6. | CAPITULO 3: INTERFAZ GRÁFICA PARA LA EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD..... | 65 |
| 6.1 | Instalación de recursos necesarios | 65 |
| 6.2 | Estructura de Risk Simulator | 66 |
| 6.3 | Hipervínculos hacia la evaluación de confiabilidad en Risk Simulator | 66 |
| 6.4 | Procedimiento para evaluación de confiabilidad en Risk Simulator | 68 |
| 6.4.1 | Desarrollo de análisis de los sistemas motrices mediante la distribución Weibull | 68 |
| 6.4.2 | Identificación de parámetros de forma β , escala η , origen γ y MTBF | 70 |
| 6.4.3 | Identificación de variable para el pronóstico de salida | 71 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| 7. CAPITULO 4: PROPUESTAS PARA LAS MEJORAS A LA FLOTA DE TRANSPORTE TIPO MAQUINARIA PESADA EN BASE A LA SIMULACIÓN DEL MÉTODO MONTE CARLO..... | 73 |
| 7.1 Proceso para simulación de riesgo Monte Carlo-Risk..... | 73 |
| 7.1.1 Creación del nuevo perfil..... | 73 |
| 7.1.2 Establecer los supuestos de entrada y Pronostico de salida..... | 73 |
| 7.1.3 Simulación de perfil creado | 76 |
| 7.2 Análisis del sistema motriz más crítico de un equipo perteneciente a la flota de maquinaria pesada..... | 78 |
| 7.2.1 Cargadora 7 Komatsu W-90-2 | 78 |
| 7.2.2 Excavadora 4 Komatsu PC-200LC-8..... | 79 |
| 7.2.3 Motoniveladora 10 John Deere 670-C..... | 80 |
| 7.2.4 Retroexcavadora 6 Komatsu WB-146-5..... | 81 |
| 7.2.5 Rodillo 14 Ingresoll Rand SD-100D B..... | 83 |
| 7.2.6 Tractor 14 Caterpillar D7G..... | 84 |
| 7.3 Propuestas para mejoras en base al análisis evaluativo de confiabilidad | 85 |
| 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 86 |
| 8.1 Conclusiones..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| 8.2 Recomendaciones | ¡Error! Marcador no definido. |
| Referencias..... | 90 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Flota de transporte de maquinaria pesada | 23 |
| Figura 2 Conceptualización de mantenimiento..... | 25 |
| Figura 3 Planteamiento de objetivos del mantenimiento..... | 26 |
| Figura 4 Proceso de actividades para análisis de modos y efectos de falla. | 29 |
| Figura 5 Etapas de la metodología THERP | 31 |
| Figura 6 Etapas de proceso de simulación..... | 34 |
| Figura 7 Organización empresarial de flota de transporte de maquinaria pesada | 38 |
| Figura 8 Diagrama de flujo para el análisis de modos de fallo..... | 50 |
| Figura 9 Instalación de complemento necesarios | 65 |
| Figura 10 Verificación de licencia para Risk Simulator | 66 |
| Figura 11 Hipervínculos hacia la evaluación de confiabilidad en Risk Simulator | 67 |
| Figura 12 Diagrama de flujo para el proceso evaluación de confiabilidad..... | 68 |
| Figura 13 Creación del nuevo perfil | 73 |
| Figura 14 Selección de la propiedad distribución Weibull | 74 |
| Figura 16 Pronóstico de salida confiabilidad $R(t)$ | 75 |
| Figura 17 Pronósticos de salida | 76 |
| Figura 18 Identificación de variable de salida y el botón correr de Risk Simulator..... | 77 |
| Figura 19 Proceso de simulación..... | 77 |
| Figura 20 Resultados de la simulación de perfil sistema motor Cargadora 7..... | 78 |
| Figura 21 Resultados de la simulación de perfil sistema Hidráulico Excavadora 4..... | 79 |
| Figura 22 Resultados de la simulación de perfil sistema Hidráulico Motoniveladora 10 | 81 |

| | |
|--|----|
| Figura 23 Resultados de la simulación de perfil sistema Motor Retroexcavadora 6..... | 82 |
| Figura 24 Resultados de la simulación de perfil sistema Hidráulico Rodillo 14..... | 83 |
| Figura 25 Resultados de la simulación de perfil sistema Hidráulico Tractor 14 | 84 |

Índice de Tablas

| | | |
|----------|--|----|
| Tabla 1 | Tipos de mantenimiento | 27 |
| Tabla 2 | Procedimiento de mantenimiento que se realiza en la flota de maquinaria pesada | 39 |
| Tabla 3 | Inventario de la flota de maquinaria pesada..... | 40 |
| Tabla 4 | Categoría de vehículos según INEN 2656 | 42 |
| Tabla 5 | Vehículos de las categorías N y O según INEN 2656..... | 43 |
| Tabla 6 | Distribución de las unidades correspondientes a la flota de maquinaria | 48 |
| Tabla 7 | Modos y Efectos de fallo Maquinaria Excavadora | 51 |
| Tabla 8 | Modos y Efectos de fallo Maquinaria Cargadora | 53 |
| Tabla 9 | Modos y Efectos de fallo Maquinaria Motoniveladora..... | 56 |
| Tabla 10 | Modos y Efectos de fallo Maquinaria Retroexcavadora..... | 59 |
| Tabla 11 | Modos y Efectos Maquinaria Rodillo | 62 |
| Tabla 12 | Modos y Efectos Maquinaria Tractor..... | 51 |
| Tabla 13 | Cálculo de parámetros, MTBF y pronósticos de entrada y salida | 75 |
| Tabla 14 | Historial de mantenimiento Cargadora 7 | 92 |
| Tabla 15 | Historial de mantenimiento excavadora 4..... | 93 |

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de titulación referente sobre “modelado de confiabilidad en una flota de transporte de maquinaria pesada mediante el método Monte Carlo”, proporciona información con relación a la gestión de mantenimiento dentro de una flota de transporte, es necesario contar con indicadores de confiabilidad para la toma de decisiones, la cual estará basada en la metodología de Monte Carlo que ofrecerá un análisis de resultados acorde al comportamiento de fallas en los sistemas de la flota de transporte, una de las ventajas de suministrar la información requerida es para elegir aquellos aspectos que impliquen un menor costo, tiempo, mantenimiento así aumentando la disponibilidad de la flota de transporte. Además, la información es almacenada en una base de datos de uso común para facilitar la gestión y el trabajo de mantenimiento, generando de esta manera un historial que permita comprender los diferentes indicadores de confiabilidad que intervendrán en el desarrollo de mantenimiento de la flota de transporte.

2. PROBLEMA

En las últimas décadas, la conservación de la industria moderna ha sufrido varios cambios profundos a nivel tecnológico, económico, social, organizacional y humano. La implementación de nuevas tecnologías hace que las actividades de mantenimiento dentro de las empresas sean una parte importante de la productividad general en muchas. El mantenimiento hoy en la actualidad no se considera una parte dedicada a la reparación y entrega de máquinas, sino a la planificación y garantía de la disponibilidad y uso que se le va a dar a los equipos.

Si bien la empresa cuenta con un historial de fallos éstos no se encuentran articulados de tal manera que permitan construir indicadores de confiabilidad utilizando metodologías estadísticas.

2.1 Antecedentes

Las empresas de flotas de transporte necesitan una correcta gestión de sus modelos de confiabilidad en las actividades de mantenimiento, con este precedente, varias empresas de flotas de transporte construyen indicadores con los cuales les permita tomar decisiones a nivel de confiabilidad. Además, muchos de los indicadores son gestionados de forma autónoma en los distintos departamentos de la empresa los cuales no están enfocados en una base de datos de uso común, por lo cual se plantea simular mediante la metodología de Monte Carlo que este enfocada al análisis de confiabilidad en flotas de transporte.

2.2 Importancia y Alcances

La gestión de mantenimiento dentro de la flota de transporte de maquinaria pesada hace que sea imprescindible contar con indicadores de confiabilidad para la toma de decisiones, la cual estará basada en la metodología de Monte Carlo que ofrecerá la ventaja de suministrar la información requerida para elegir aquellos aspectos que impliquen un menor costo, tiempo,

mantenimiento y así aumentar la disponibilidad de la flota de transporte. Además, de que la información sea almacenada en una base de datos de uso común para facilitar la gestión y el trabajo de mantenimiento, generando de esta manera un historial que permita comprender los diferentes indicadores de confiabilidad que intervendrán en el desarrollo de mantenimiento de la flota de transporte.

2.3 Delimitación

El presente proyecto de titulación colabora al desarrollo de la empresa que cuenta con flotas de transporte en maquinaria pesada, dentro del territorio nacional ecuatorial de la provincia del Azuay, cantón Cuenca. Las cuales mediante historiales de mantenimiento se monitoriza las fallas más frecuentes que sufre la flota, se identificarán las causas que provocarán estos fallos.

Figura 1

Delimitación Geográfica



3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Modelar la confiabilidad en una flota de transporte de maquinaria pesada mediante el método Monte Carlo.

3.2 Objetivos Específicos

- Revisar el estado del arte sobre la aplicación del modelo Monte Carlo para el cálculo de la confiabilidad
- Establecer modos y efectos de fallas en función a las horas de trabajo en la flota de maquinaria pesada.
- Crear una interfaz gráfica para la evaluación de la confiabilidad.
- Proponer mejoras a la flota de transporte tipo pesado en base a la simulación del método Monte Carlo.

4. CAPITULO 1: FUNDAMENTOS TEORICOS Y ESTADO DEL ARTE

4.1 Conceptualización de transporte

El transporte es sin duda el elemento fundamental de mercadeo en las cadenas logísticas de cualquier país, principalmente se ocupa de todas las actividades realizadas directa o indirectamente relacionadas con la necesidad de ubicar los productos en los puntos de destino respectivos, en donde se implican diversos aspectos: calidad del servicio, costos e inversiones de capital. (Mora, 2008)

4.2 Flotas de transporte

Grupo de vehículos de trabajo más importantes dentro de una empresa, son los encargados de trasladar las mercancías, productos o personas desde un punto de origen a uno de destino. Este grupo de vehículos que se ponen a disposición en la flota de transporte pueden ser vehículos livianos para uso personal o local y hasta vehículos de transporte de carga liviana o pesada.

Figura 2

Flota de transporte de maquinaria pesada



Nota: Adaptado de maquinaria pesada, 2017, AKM venta de Camiones Volquetes Tractos y Maquinaria pesada <https://akmventadecamiones.com/blog/f/caterpillar-lanza-sus-compactadores-de-transporte-f%C3%A1cil-y-r%C3%A1pido>

Sin embargo, las empresas frente a esto les corresponde decidir si contar o no con su propia flota de transporte. Esta decisión no es sencilla ya que conlleva una considerable inversión para la empresa, teniendo en cuenta que no solo se realiza la inversión en adquirir la flota de transporte, sino por el gasto de los frecuentes mantenimientos que se le deben realizar a la flota al momento de que este grupo de vehículos comiencen a realizar su trabajo. (Agudo & Ortiz, 2022).

4.3 Tipos de flotas de transporte

Existen diferentes tipos de flotas de transporte, estas se pueden clasificar por diferentes características por ejemplo su tamaño. A continuación, se presentan los conceptos de tipos de flotas de transporte clasificadas por su tamaño.

4.3.1 Flota pequeña.

Este tipo de flota de transporte están incorporadas en empresas que no requieren más de 10 vehículos suelen realizar rutas fijas es decir van con sus vehículos para determinadas zonas. Son menos complicadas de organizar porque cuentan con pocas unidades.

4.3.2 Flota mediana

Este tipo de flota de transporte están incorporadas en empresas que requieren entre 10 a 30 vehículos. Un mayor número de vehículos amplía cartera de clientes en los ámbitos nacional e internacional, su complejidad aumenta y necesita un sistema que logre controlar la ubicación de estos.

4.3.3 Flota grande

Este tipo de flota de transporte están incorporadas en empresas que requieren más de 30 vehículos los cuales pueden ser propios, subcontratados o autónomos, suelen tener vehículos de diferentes tipos para diferentes servicios de transporte. En este tipo de flota se vuelve muy importante contar con un sistema de administración de flota.

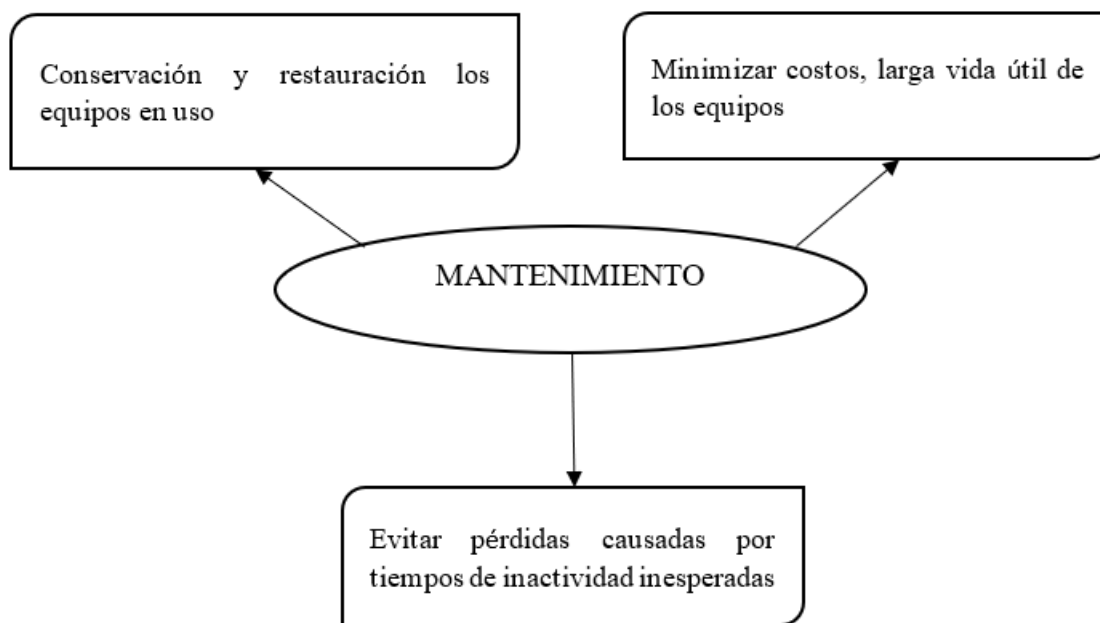
En las empresas que cuentan con flotas de transporte, cuanto mayor sea la flota, mayor va a ser la necesidad de gestión y coordinación que tendrá que asumir la empresa. (Larrea, 2006)

4.4 Conceptualización de mantenimiento

Según (Maldonado & Sigüenza, 2012). Definen al mantenimiento cómo un conjunto de técnicas destinadas a conservar o a reestablecer equipos, instalaciones en servicio que llevan a reducir costes en la producción, alargar la vida útil de los equipos, evitar pérdidas por paros inesperados “buscando la mayor disponibilidad” y con el máximo rendimiento.

Figura 3

Conceptualización de mantenimiento



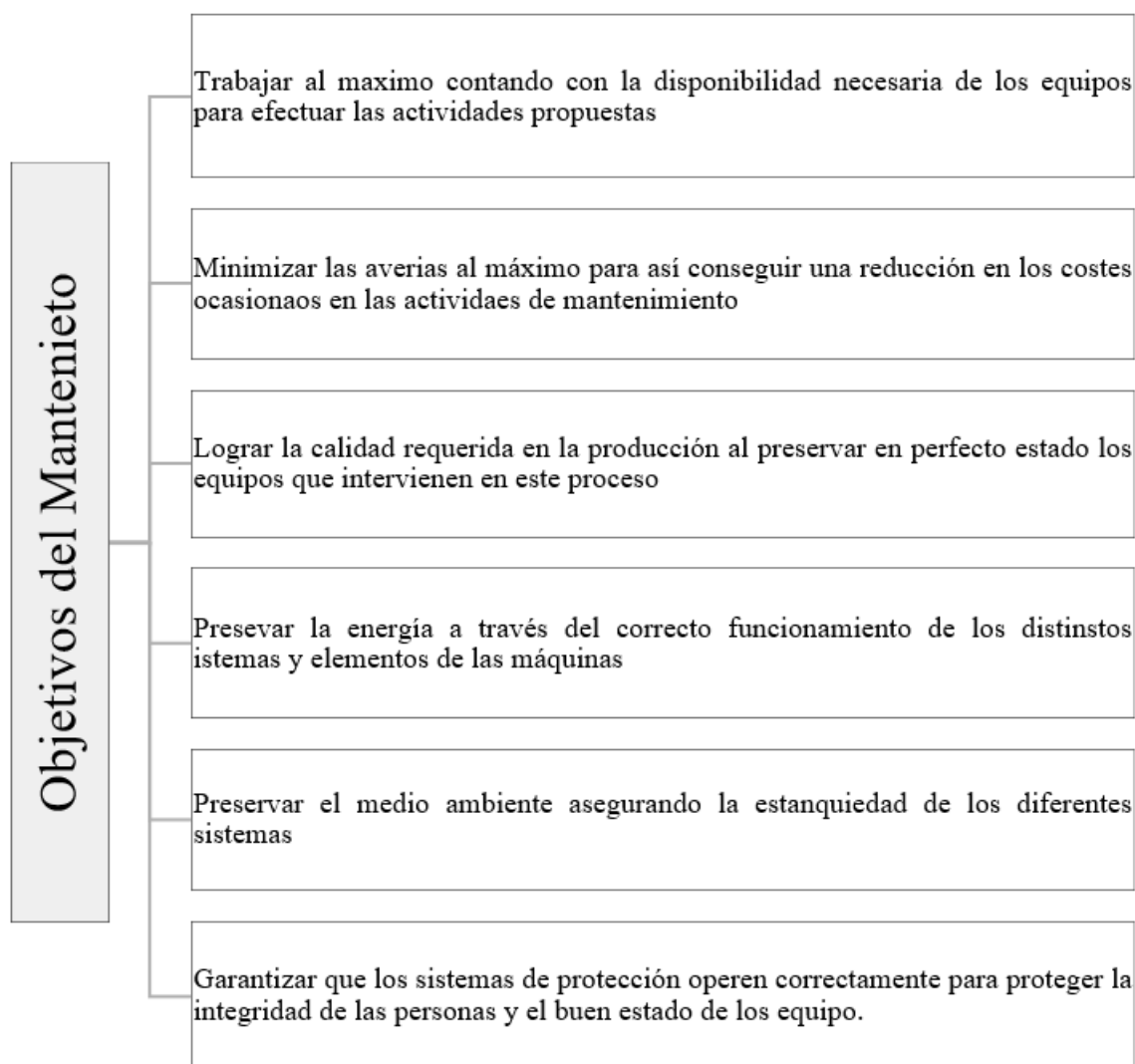
Nota: La imagen demuestra mediante un cuadro sinóptico las ideas principales sobre el mantenimiento.

4.4.1 Objetivos del mantenimiento

El objetivo principal del mantenimiento tiene como objetivo principal asegurar la producción necesaria en el instante pertinente y con el mínimo coste integral.

Figura 4

Planteamiento de objetivos del mantenimiento



4.4.2 Tipos de mantenimiento

Para su estudio el mantenimiento se lo ha clasificado en tres grupos que se detallan a continuación:

Tabla 1*Tipos de mantenimiento*

| Tipos de Mantenimiento | Características |
|------------------------------------|---|
| Mantenimiento Preventivo. | <p>Actividades planificadas que se efectúan a una frecuencia determinada para reducir la probabilidad de fallo.</p> <p>Incluye: Inspecciones sistemáticas parciales o generales, mediciones o monitoreos de parámetros, ajustes, lubricación y eliminación de anomalías</p> <p>Su ejecución trata de asegurar la máxima disponibilidad y confiabilidad del equipo por lo tanto se realiza en el momento más oportuno.</p> |
| Mantenimiento Correctivo. | <p>Actividades ejecutadas en un equipo después que se ha producido el fallo con la finalidad de restablecerlo a unas condiciones establecidas.</p> <p>Este mantenimiento sigue los siguientes pasos: solución de probarlas y diagnóstico, con o sin reemplazo de sus elementos, ajustes, reglajes y pruebas de funcionamiento.</p> |
| Mantenimiento Modificativo. | <p>Actividades de mantenimiento posteriores a una revisión total y decisiva, para acondicionar un equipo con el fin de una mayor fiabilidad y mantenibilidad o prolongar su vida útil.</p> <p>Es necesario para este mantenimiento realizar estudios técnicos de fiabilidad, mantenibilidad y factibilidad.</p> |

Nota: En esta tabla se describe las características principales de los tipos de mantenimientos.

4.5 Confiabilidad

La disposición de confiabilidad de un componente, equipo o sistema es la periodicidad con la cual suelen producirse las fallas durante un tiempo específico. Si no se producen las fallas se dice que el equipo o sistema es 100% confiable; si la periodicidad de las fallas es baja la confiabilidad del equipo es tolerable, pero si es alta las fallas el equipo o sistema es poco confiable. Según (Mora, 2009) ha definido que “La confiabilidad de un equipo o sistema se refiere a la calidad del producto, es una medida que resume cuantitativamente el perfil de trabajo de un sistema, elemento y ayuda en la elección del dispositivo entre varias alternativas.”

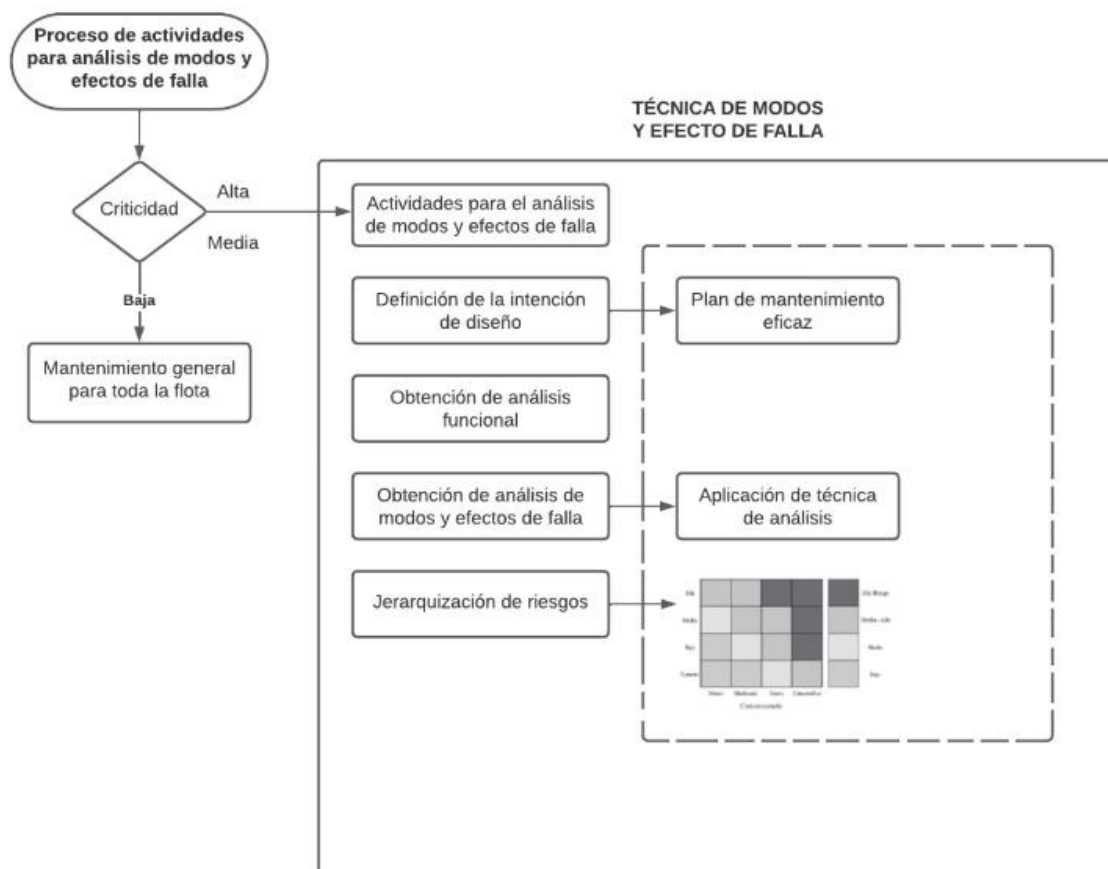
4.6 Análisis de modos y efectos de falla (AMFE)

Para la simulación de análisis de fallos en una flota de vehículos de maquinaria pesada, es de severa importancia la aplicación de la metodología de análisis de modos de fallas y sus efectos. La metodología modos y efectos de falla aplicada para el proyecto técnico es considerada como parte fundamental en el plan de mantenimiento para la flota, ya que se rige estrictamente a cumplir las siguientes actividades: (Manuel Bestratén & Rosa Orriols)

- Define la intención de diseño
- Obtiene un análisis funcional
- Identifica los modos de falla
- Obtiene los efectos y consecuencias de la falla
- Jerarquiza los riesgos

Figura 5

Proceso de actividades para análisis de modos y efectos de falla.



Nota: La figura demuestra mediante un diagrama de flujo el proceso de actividades para análisis de modos y efectos de falla para la empresa.

La técnica de análisis de modos y efectos de falla logra identificar de manera correcta el proceso dentro de la flota de transporte de maquinaria pesada, en la que se involucra también cada sistema en una unidad correspondiente a la flota. Además de ello logra considerar la consecuencia del fallo ante el sistema, esto se obtiene mediante grados y criterios de severidad de daño. Una vez obtenida el análisis de modos de falla se procede a una jerarquización de los riesgos identificados a través de una matriz que considera por categorías las consecuencia y frecuencias de los fallos.(Aguilar, 2010)

4.7 Análisis de confiabilidad humana (HRA)

En lo que respecta a la técnica de análisis de confiabilidad humana (HRA) para la flota de transporte de maquinaria pesada básicamente logra identificar, cuantificar y documentar los posibles modos de falla humanos y el involucramiento que se tenga ante la falla midiendo parámetros distintos como nivel de experiencia, nivel de salud mental, nivel físico, capacidad de toma de decisión, etc. (Palencia, 2006)

La técnica cuantitativa de HRA es usada con la relación de la técnica de predicción de la tasa de errores humanos (THERP), de la cual el proceso cíclico es el siguiente:

- Definir las fallas de cada unidad de la flota
- Identificar las operaciones humanas y las tareas relacionadas con cada falla
- Determinar las probabilidades de error humano asociadas
- Calcular el impacto del error humano en la confiabilidad del equipo
- Recomendar los cambios básicos para optimizar el sistema hombre-máquina

4.8 Técnica de predicción de la tasa de error humana (THERP)

La metodología THERP se rige en procedimientos y principios del Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications, siendo el escritor es Alain Swain, donde se describe toda la experiencia sobre analista de fiabilidad humana a través de THERP.

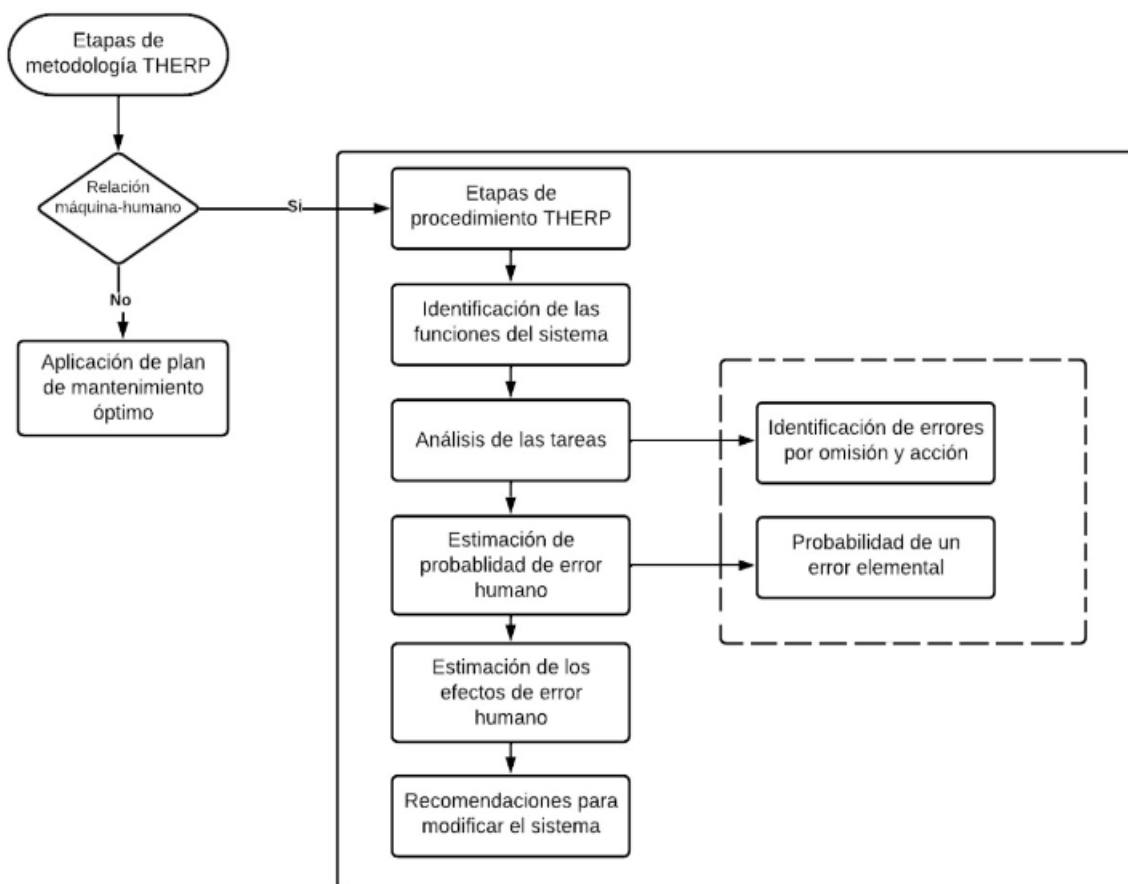
El objetivo de THERP es de augurar las probabilidades de error humano y evaluar el deterioro de un sistema humano-maquina causado por los errores del individuo. La fiabilidad de una persona se puede evaluar de la misma manera que un dispositivo técnico. (Swain & Guttman, 1983).

Las etapas de procedimientos son similares a la de evaluación de probabilidades de riesgos:

- Identificación de las funciones del sistema que puedan verse afectadas por errores.
- Análisis de las tareas.
- Evaluación de las posibilidades causas de error humano y sus efectos.
- Recomendaciones para modificar el sistema.
- Nuevo cálculo de la probabilidad de fallo del mismo.

Figura 6

Etapas de la metodología THERP



Nota: El gráfico presenta mediante un diagrama de flujo las etapas de THERP, donde con ello se interpreta de manera concisa el procedimiento de la metodología.

4.9 Metodología Monte Carlo

Monte Carlo es una metodología que con lleva conceptos estadísticos, que se realiza mediante software computacionales ya que tienen la capacidad de generar números pseudoaleatorios y la automatización de cálculos.(Janeth et al., 2016).

En primera instancia el método Monte Carlo se lo utiliza como una herramienta de investigación, para la creación de la bomba atómica durante la segunda guerra mundial, como objetivo se buscaba obtener la probabilidad porcentual de la problemática de hidrodinámica en neutrones aleatorios.

$$A(x, t) = A_0 \cos(kx - \omega t) + iA_0 \text{sen}(kx - \omega t) \quad [1]$$

Ecuación de Schrodinger en función de onda y densidad de probabilidad.

Donde:

$A_0 \cos(kx - \omega t)$: parte real de la solución de la ecuación clásica de D Alembert Tomar

$iA_0 \text{sen}(kx - \omega t)$: parte imaginaria de la solución clásica de D Alembert Tomar

4.10 Simulación de Monte Carlo

4.10.1 Simulación

Es un proceso de diseño y desarrollo de un modelo computarizado, con el objetivo de evaluar estrategias de operación al sistema

4.10.2 Simulación de Monte Carlo

Es considerado como una técnica cuantitativa mediante el uso de la estadística, la simulación de Monte Carlo es una simulación estadística que se basa en muestreo sistematizado de variables aleatorias.

La simulación de Monte Carlo consiste en crear un modelo matemático del sistema que se requiere analizar. Para ello se debe identificar variables aleatorias que determinen el

comportamiento general del sistema. En cuanto ya identificado las variables se lleva a cabo el siguiente experimento estadístico:

- Generar muestras aleatorias
- Análisis de comportamiento del sistema ante los valores generados

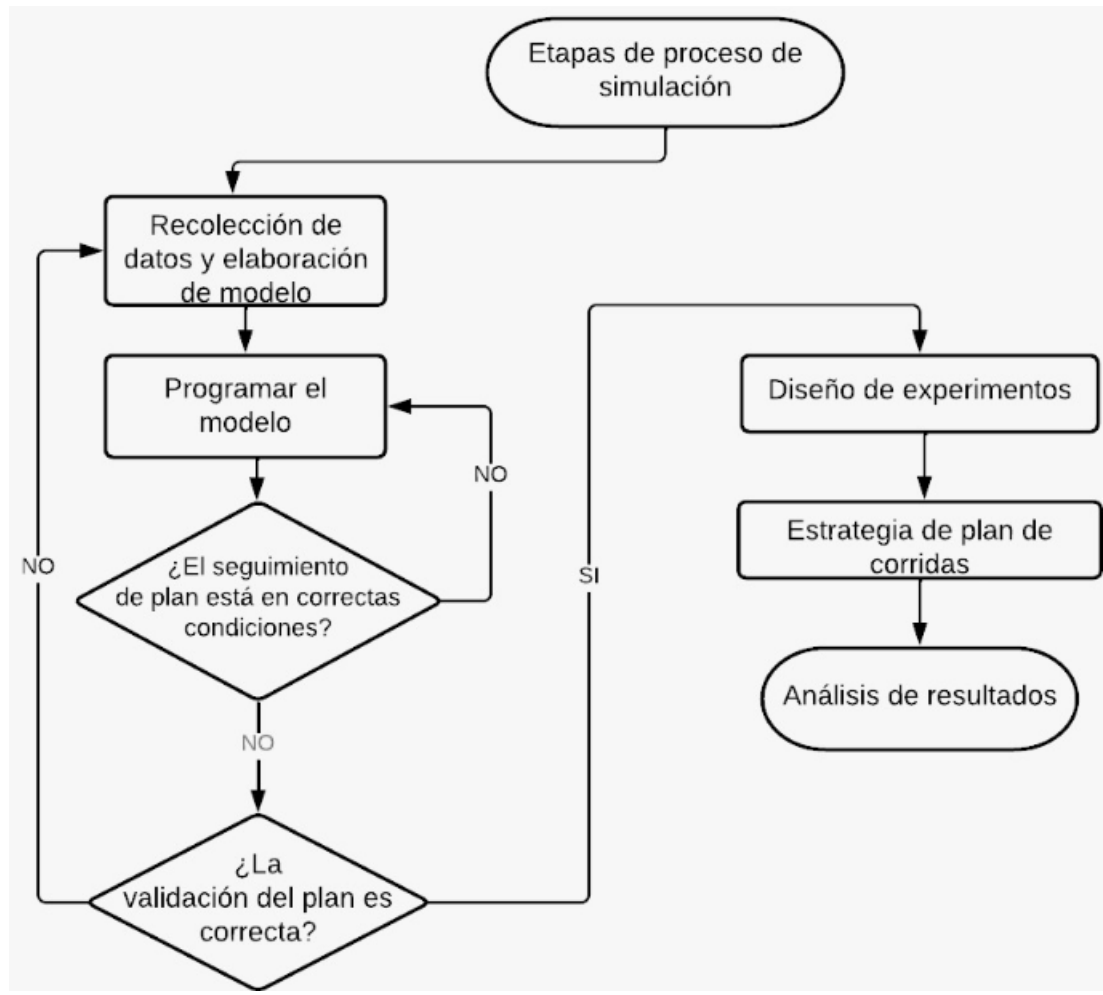
Estas directrices de experimentación estadística se debe repetir n veces, para que el análisis sea con mayor precisión.

4.10.3 Etapas de proceso de simulación para metodología Monte Carlo

- Definición del problema
- Programación
- Seguimiento y validación del modelo
- Planificación de experimentos y de corridas
- Análisis de resultados

Figura 7

Etapas de proceso de simulación



Nota: La figura demuestra las etapas de proceso que una simulación de confiabilidad debe obtener. Además de ello en el diagrama de flujo se presenta dos interrogatorios claves para la programación

4.10.4 Algoritmo de simulación de Monte Carlo

Para el desarrollo del algoritmo de simulación con la metodología de Monte Carlo, se realiza mediante un modelado matemático como es la transformada inversa de Laplace, este modelado orienta a la generación de números aleatorios. Además de ello es indispensable tomar en cuenta las distribuciones acumuladas de frecuencias.

$$\int_0^x |e^{-zt}f(t) - e^{-zt}g(t)|dt = e^{-\rho} \int_0^x |f(t) - g(t)|dt = 0 \quad [2]$$

Así

$$|\mathcal{L}[f](z) - \mathcal{L}[g](z)| = \lim_{x \rightarrow \infty} \left| \int_0^x e^{-zt}f(t) - e^{-zt}g(t)dt \right| \quad [3]$$

$$\leq \lim_{x \rightarrow \infty} e^{-\rho} \int_0^x |f(t) - g(t)|dt = 0 \quad [4]$$

Para la resolución del modelado matemático de transformada inversa de Laplace se plantea el teorema conocido como “Lerch”:

Teorema Lerch define: Sean $f, g \in \varepsilon$ tales que $|\mathcal{L}[f](z) - \mathcal{L}[g](z)|$ para todo $z \in \mathcal{D}_f \cap \mathcal{D}_g$. Entonces f y g son iguales, excepto en funciones de discontinuidad de ambas.

Por lo tanto, se considera la función:

$$\mathcal{L}: \varepsilon \rightarrow \mathcal{L}(\varepsilon) \quad [5]$$

Se define la transformada de Laplace, así:

$$\mathcal{L}^{-1}: \mathcal{L}(\varepsilon) \quad [6]$$

Siendo

$$\mathcal{L}^{-1}[F] = [f] \quad [7]$$

Se debe destacar que la implementación de algoritmos de simulación en la metodología Monte Carlo debe cumplir con las siguientes características:

- El sistema es descripto por una o más funciones de distribuciones probabilidad
- Generación de números aleatorios (fallas)
- Establece límites y reglas de muestreo.
- Define nivel de confiabilidad (scoring)
- Estimación error
- Técnica de reducción de varianza
- Paralelización y vectorización

4.11 Conceptualización de complementación de RISK

La simulación de la metodología Monte Carlo se complementa con RISK Simulator. El complemento de RISK permite obtener un análisis con distintos riesgos o fallas, identifica variables críticas que sean consecuentes a fallos en proyectos, inversiones. RISK Simulator genera reportes entre muchas herramientas estadísticas. (Hoyos & Restrepo, 2011)

RISK tiene como objetivo conseguir la organización en la gestión de riesgos, de igual manera analiza el riesgo de no aprovechar iniciativas propuestas por RISK. Otros modelos se centran solamente en eliminar el riesgo, mientras que RISK propone una posibilidad de tomar riesgo que pueden traer beneficios para la organización.

4.11.1 Principios de control para RISK

Los principios planteados por RISK Simulator permiten tener un control de riesgos en las distintas organizaciones o empresas, dichos controles se mencionan a continuación: (Hoyos & Restrepo, 2011)

Los controles de riesgos deben tener relación con los objetivos de la organización.

- a) Permite la identificación de riesgos de toda la organización con el software.
- b) Balance entre parámetros económicos como costos y beneficios para la gestión de riesgos.
- c) Interpretación sencilla de análisis de resultados
- d) Promueve una buena relación entre la alta dirección y operadores para obtener niveles de responsabilidad bajo el parámetro de porcentaje estadístico de confiabilidad.
- e) Risk Simulator a través de sus controles de riesgos capta si las actividades diarias son de proceso paulatino o continuo.

5. CAPITULO 2: MODOS Y EFECTOS DE FALLA EN LA FLOTA DE MAQUINARIA PESADA

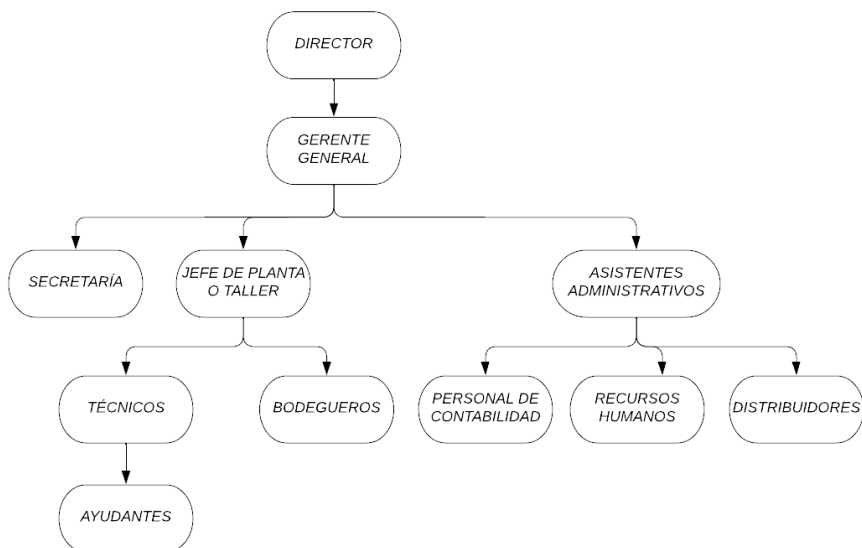
A continuación, en el capítulo dos se redactará el proceso para el análisis de modos y efectos de fallos en la flota de maquinaria pesada, a raíz del historial de mantenimiento en la cual describe las frecuencias de fallos ocurridos en cada unidad. Con el historial de estos fallos se determina el riesgo en cada equipo de las unidades, así mismo por medio del análisis de modos y efectos de falla AMFE, se conoce el sistema que más presenta anomalías al momento de realizar su respectivo mantenimiento con la finalidad de que no existan daños graves hacia la unidad.

5.1 Organización de la empresa

La organización empresarial de la flota de maquinaria pesada se estructura de la siguiente manera (figura 7), con la finalidad de gestionar y evaluar el área de mantenimiento.

Figura 8

Organización empresarial de flota de transporte de maquinaria pesada



Nota: La figura representa el mapa organizacional empresarial de la flota de transporte de maquinaria pesada

5.2 Procesos de mantenimiento

La empresa para el respectivo mantenimiento de la flota de maquinaria pesada cuenta con una sucesión de intervenciones las cuales en la tabla 2 se detalla pudiendo apreciar el mantenimiento actual aplicado para solucionar fallos que se originan en cada una de las unidades realizado por los trabajadores.

Tabla 2

Procedimiento de mantenimiento que se realiza en la flota de maquinaria pesada

| Nº Intervención | Procedimiento |
|------------------------|---|
| 1 | El operador de la maquina detecta una anomalía en la unidad. |
| 2 | Se comunica la anomalía detectada al jefe de mantenimiento. |
| 3 | El jefe de mantenimiento recibe el informe y avisa al técnico. |
| 4 | El técnico asigna un mecánico para realizar la inspección a la unidad. |
| 5 | El mecánico recibe el informe, se dirige hacia el lugar que se encuentra la maquina y envía un informe al jefe de mantenimiento. |
| 6 | El jefe de mantenimiento recibe el informe y evalúa si el fallo detectado se puede o no resolver en dicho lugar. |
| 7 | El mecánico asume la tarea de trasladar la flota con los ayudantes en caso de ser requerido, caso contrario se realiza una orden de trabajo para proceder a realizar el mantenimiento en dicho lugar. |
| 8 | El jefe de mantenimiento recibe el informe sobre los daños ocurridos en la flota y determina si necesita algún repuesto. |
| 9 | En caso de necesitar algún repuesto el jefe de mantenimiento solicitara a bodega, caso contrario se procederá con la reparación de la unidad y se realizara las pruebas correspondientes. |
| 10 | Si el repuesto no está en stock de bodega, los asistentes administrativos procederán a realizar la revisión de la compra del mismo. |
| 11 | Si la empresa cuenta con el presupuesto para realizar la comprar se envía al mecánico encargado, caso contrario se busca otras alternativas para dar solución o se llagaría al fin del proceso. |

Nota: En esta tabla se describe el procedimiento de mantenimiento realizado en la flota.

5.3 Identificación de la flota vehicular de la empresa

La empresa con la que se va a realizar este proyecto en cuestión posee una amplia flota vehicular por tal motivo se efectúa una gestión de flotas donde se hace uso de la maquinaria pesada las cuales brindan sus servicios y se encuentran en perfectas condiciones. A continuación, en la tabla 3 se describen estas maquinarias.

Tabla 3

Inventario de la flota de maquinaria pesada

| FLOTA DE MAQUINARIA PESADA | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|----------------|-------------------------|---------------|------------|
| EQUIPO | N° | MARCA | N° INSTITUCIONAL | MODELO | AÑO |
| Rodillo | 1 | Ingersoll Rand | 14 | SD-100D B | 1999 |
| Rodillo | 2 | Ingersoll Rand | 16 | SD-100D B | 1999 |
| Rodillo | 3 | Bomag | 19 | BW-211D-3 | 2004 |
| Rodillo | 4 | Bomag | 22 | BW-211D-3 | 2004 |
| Rodillo | 5 | Bomag | 28 | BW-211-D-40 | 2012 |
| Rodillo | 6 | Hamm | 29 | 3520 | 2018 |
| Rodillo | 7 | Hamm | 30 | 3412 | 2018 |
| Motoniveladora | 8 | John Deere | 9 | 670-C | 1999 |
| Motoniveladora | 9 | John Deere | 10 | 670-C | 1999 |
| Motoniveladora | 10 | Mitsubishi | 13 | MG-430 | 1999 |
| Motoniveladora | 11 | Mitsubishi | 14 | MG-340 | 1999 |
| Motoniveladora | 12 | Mitsubishi | 15 | MG240 | 1999 |
| Motoniveladora | 13 | Komatsu | 17 | GD-555-11280 | 2011 |
| Motoniveladora | 14 | Komatsu | 20 | GD-555-11280 | 2011 |
| Motoniveladora | 15 | Komatsu | 21 | GD-675 | 2018 |
| Retroexcavadora | 16 | John Deere | 2 | 410-E | 1999 |
| Retroexcavadora | 17 | Caterpillar | 3 | 446-B | 1999 |
| Retroexcavadora | 18 | Komatsu | 5 | WB93R | 2008 |
| Retroexcavadora | 19 | Komatsu | 6 | WB-146-5 | 2008 |

| | | | | | |
|-------------|----|-------------|----|------------|------|
| Cargadora | 20 | Komatsu | 7 | W-90-2 | 1980 |
| Cargadora | 21 | Komatsu | 8 | W90-2 | 1980 |
| Cargadora | 22 | Caterpillar | 11 | 950-F | 1995 |
| Cargadora | 23 | Caterpillar | 14 | 950G-253 | 1999 |
| Cargadora | 24 | Caterpillar | 15 | 950G-253 | 1999 |
| Cargadora | 25 | Caterpillar | 16 | 950G-253 | 1999 |
| Cargadora | 26 | Komatsu | 17 | WA320-5 | 2008 |
| Tractor | 27 | Komatsu | 3 | D85A-12 | 1979 |
| Tractor | 28 | Caterpillar | 14 | D7G | 1979 |
| Tractor | 29 | Komatsu | 16 | D-155-A | 1980 |
| Tractor | 30 | Komatsu | 20 | D85A-18 | 1980 |
| Tractor | 31 | Caterpillar | 23 | D7H | 1995 |
| Tractor | 32 | Caterpillar | 25 | D7R | 1999 |
| Tractor | 33 | Caterpillar | 28 | D6R | 1999 |
| Tractor | 34 | Komatsu | 29 | D65EC | 2008 |
| Excavadora | 35 | Komatsu | 3 | PC-200LC-8 | 2008 |
| Excavadora | 36 | Komatsu | 4 | PC-200LC-8 | 2008 |
| Excavadora | 37 | Komatsu | 5 | PC-200LC-8 | 2008 |
| Excavadora | 38 | Komatsu | 6 | PC-200LC-8 | 2008 |
| Excavadora | 39 | Komatsu | 7 | PC-200LC-8 | 2011 |
| Montacargas | 40 | Komatsu | 1 | FD30T-17 | 2011 |

Nota: Esta tabla describe las unidades y marcas de la maquinaria, que está conformada la flota

5.4 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656

Para definir la clasificación dentro de la empresa de flota de transporte de maquinaria pesada, es necesario citar la normativa INEN 2656; donde además identifica mediante sus características generales de diseño y uso.

La normativa INEN 2656, es aprovechada para todos los vehículos que estén diseñados para la movilización terrestre incluyendo a las unidades de carga, maquinaria pesada, agrícola y para silvicultura. No tiene inclusión con maquinaria industrial ni equipo camionero.

Tabla 4

Categoría de vehículos según INEN 2656

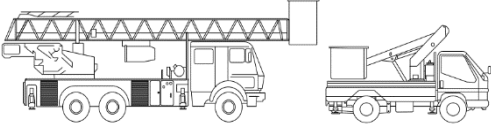
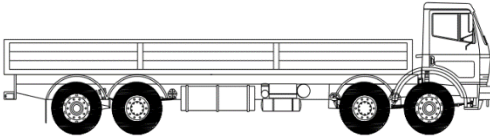
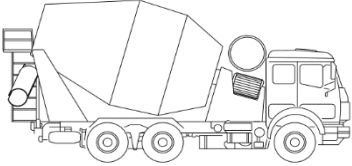
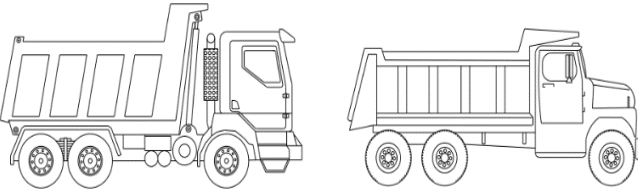
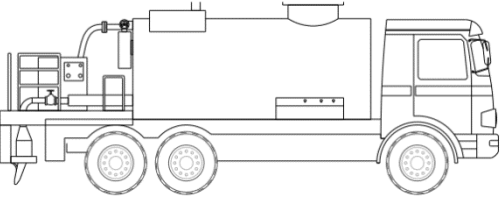
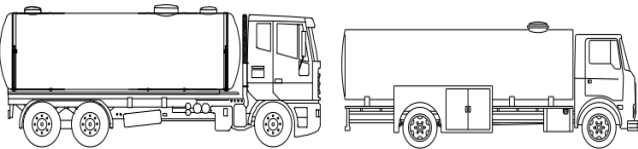
| CATEGORIA | DEFINICIÓN |
|------------------|--|
| L | Vehículos motorizados con dos, tres o cuatro ruedas |
| M | Vehículos de motor de cuatro llantas diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros |
| N | Vehículos de motor de cuatro ruedas planeados y producidos para realizar el transporte de mercancías |
| O | Vehículo no motorizados fabricados para ser remolcados por el tiro de vehículo de motor |
| S | Vehículos de las categorías M, N u O destinados al transporte de pasajeros o mercancías cumplen una función adicional y tienen características especiales tanto en carrocería como en equipamiento |

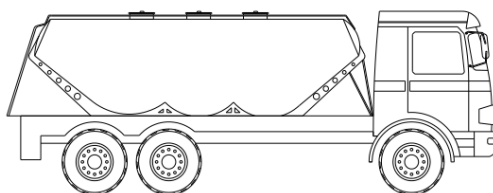
Nota: Esta tabla describe la categoría de vehículos basándose en la normativa INEN 2656

5.4.1 Ejemplos de usos para vehículos de categoría N y O

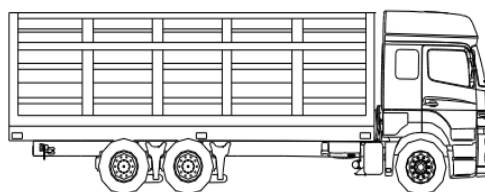
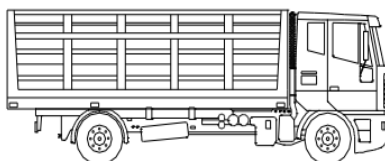
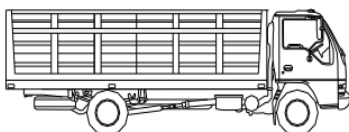
Tabla 5

Vehículos de las categorías N y O según INEN 2656

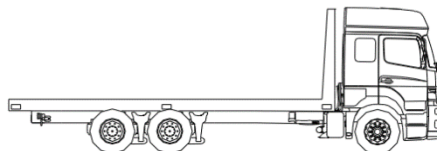
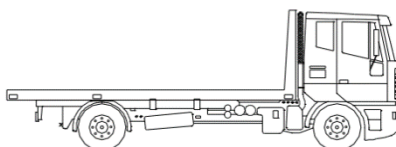
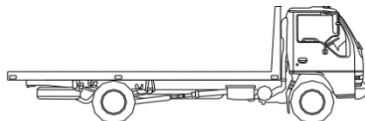
| TIPO | IMAGEN | DESCRIPCIÓN |
|---|--|---|
| EJEMPLO DE USO PARA VEHICULOS DE CATEGORIA N | | |
| Camión Canastilla |  | Vehículo con sistema electrohidráulica incorporado para elevar personas o equipos, con 2 o 3 ejes. |
| Camión con tándem direccional y tándem posterior |  | Vehículo de subcategoría N3 usado para el transporte de carga con 4 ejes o más. |
| Camión hormigonera |  | Vehículo de subcategoría N3 usado para mezclar, transportar y descargar hormigón. |
| Camión Volqueta-Volquete |  | Vehículo de subcategoría N3 para transportar material de construcción con 2 o más ejes, consta de un sistema electrohidráulico. |
| Esparcidor de asfalto |  | Vehículo de subcategoría N3, transporta, calienta, esparce y extiende asfalto líquido sobre la vía, con 2 o 3 ejes. |
| Camión Tanquero-Cisterna |  | Vehículo de subcategoría N3 con carrocería cerrada, usado para el transporte de mercancías líquidas. De 2, o 3 más ejes. |

**Camión
Bombona-
Tolva**

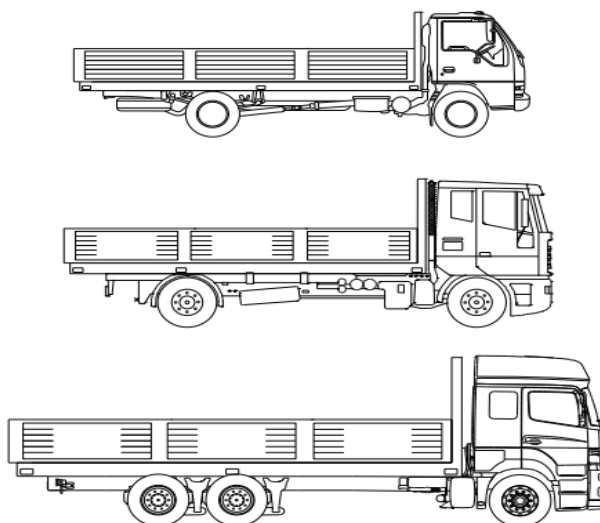
Vehículo de subcategoría N3, usado para el transporte de materiales de construcción. De 2,3 o más ejes.

Cajón

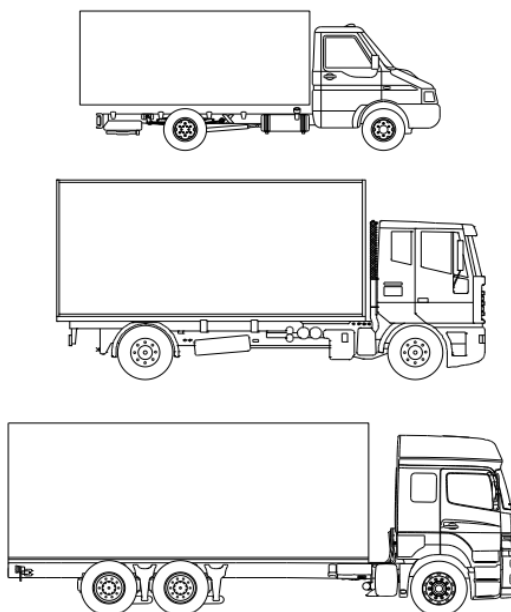
Vehículo de subcategoría N2 o N3 usado para el transporte de carga o mercancía dotado de un chasis cabina de 2 o 3 ejes, al mismo que se puede montar una estructura de tipo cajón para transporte de carga.

Plataforma

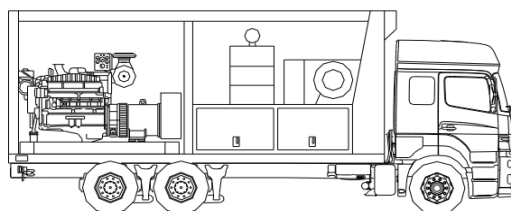
Vehículo de subcategoría N2 o N3 para el transporte de carga dotado de un chasis cabina de 2 o 3 ejes, al mismo que se puede montar una estructura para transportar carga de tipo plataforma.

**Cajón-
Plataforma**

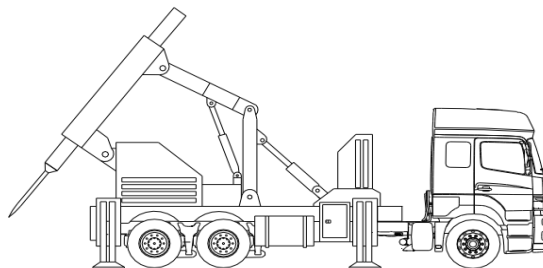
Vehículo de subcategoría N2 o N3 usado para el transporte de carga y mercancías dotado de chasis cabina de 2, 3 o 4 ejes, al que se puede enganchar una estructura para transportar carga. No podría superar 1,5m de altura además con 2, 3 o 4 ejes.

Furgón

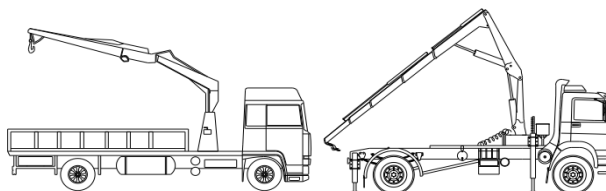
Vehículo de subcategoría N2 o N3 usado para el transporte de carga y mercancías dotado de un chasis cabina de 2,3 o 4 ejes.

**Generador
eléctrico**

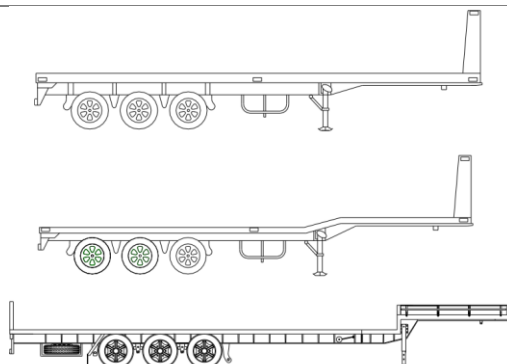
Vehículo de subcategoría N2 o N3 equipado con un sistema de generación de electricidad con 2, 3 o 4 ejes.

Perforadora

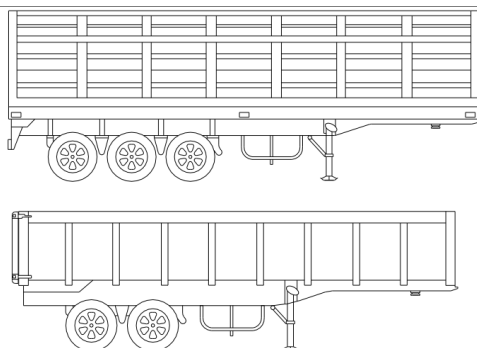
Vehículo de subcategoría N2 o N3 equipado con un taladro. Cuenta con 2 o 3 ejes. Su PBV sea superior a 12 000 kg.

Grúa móvil

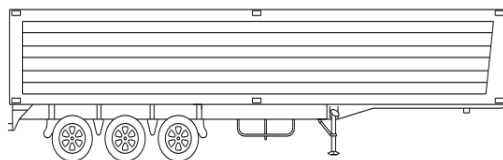
Vehículo de subcategoría N3 dotado de una grúa cuyo momento elevador sea igual o superior a 400 kN*m.

EJEMPLO DE USO PARA VEHICULOS DE CATEGORIA O**Plataforma**

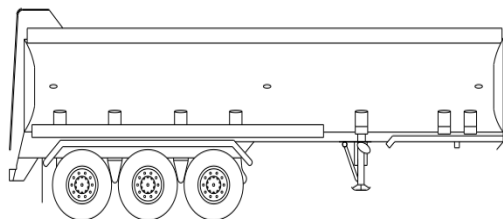
Vehículo de subcategoría O3 u O4 equipado con estructura plana de uno o más niveles, su intención general, con configuración de remolque o semirremolque.

Cajón

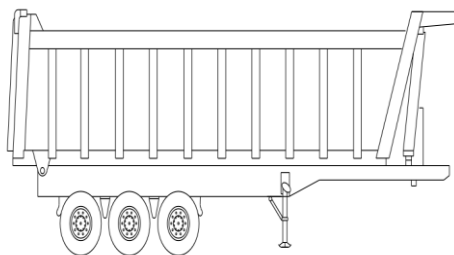
Vehículo de subcategoría O3 u O4 equipado con estructura cerrada o semicerrada de madera o metal, configuración de remolque o semirremolque.

Furgón

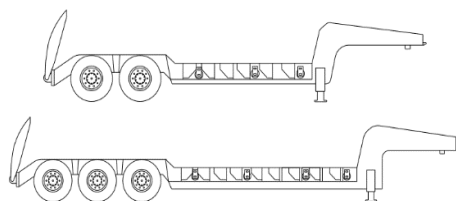
Vehículo de subcategoría O3 u O4 equipado con estructura cerrada y techo fijo, intención general de remolque o semirremolque.

**Tanquero-
Cisterna**

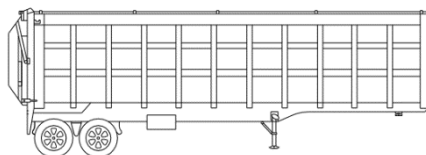
Vehículo de subcategoría O2, O3 u O4 equipado para el transporte de líquidos (no combustibles), con estructura cerrada, intención de remolque o semirremolque, las unidades de clase O2 y O3 pueden ser de eje basculante.

**Volqueta-
Volquete**

Vehículo de subcategoría O2, O3 u O4 equipado para el transporte de materiales, consta de un sistema neumático o hidráulico de descarga, con disposición de remolque o semirremolque.

Cama baja

Vehículo de subcategoría O4 equipado para el transporte de mercancías pesadas, maquinaria y equipos con disposición de semirremolque. La altura máxima de carga al piso no debe exceder de 1,1 m, y cuyo PBVC sea superior a los 10 000kg.

Bañera

Vehículo de subcategoría O4 equipado para el transporte de basura o materiales con estructura cerrada, que consta de un sistema de descarga accionado hidráulicamente, con disposición de remolque o semirremolque, su PBVC sea superior a los 10 000 kg.

Nota: Esta tabla describe y ejemplifica los vehículos pesados correspondientes a las categorías N y O según la normativa INEN 2656

5.5 Segregación de la flota vehicular

Para el análisis de modos y efectos de falla, se considera un número de 42 unidades las cuales están en buenas condiciones, se ha dispuesto que sean divididos según el tipo de maquinaria como se especifica en la tabla 6.

Tabla 6

Distribución de las unidades correspondientes a la flota de maquinaria

| Equipo | N° Unidades | Condición [%] |
|-----------------|--------------------|----------------------|
| Motoniveladora | 8 | 20 |
| Tractor | 8 | 20 |
| Rodillo | 7 | 18 |
| Cargadora | 7 | 18 |
| Excavadora | 5 | 12 |
| Retroexcavadora | 4 | 10 |
| Minicargador | 1 | 2 |
| Total | 40 | 100 |

Nota: Esta tabla describe la condición porcentual de cada tipo de maquinaria correspondiente a la flota.

5.6 Obtención de Modos, Efectos de fallo (AMFE) en la flota de maquinaria pesada

En esta sección se obtiene los modos y efectos de fallos con el historial de mantenimiento predispuesto por la empresa. Mediante la metodología AMFE se determina en cada actividad el modo, efecto de fallo y el cálculo del índice de prioridad de riesgo (IPR), donde se evalúa el valor de falla más significativo.

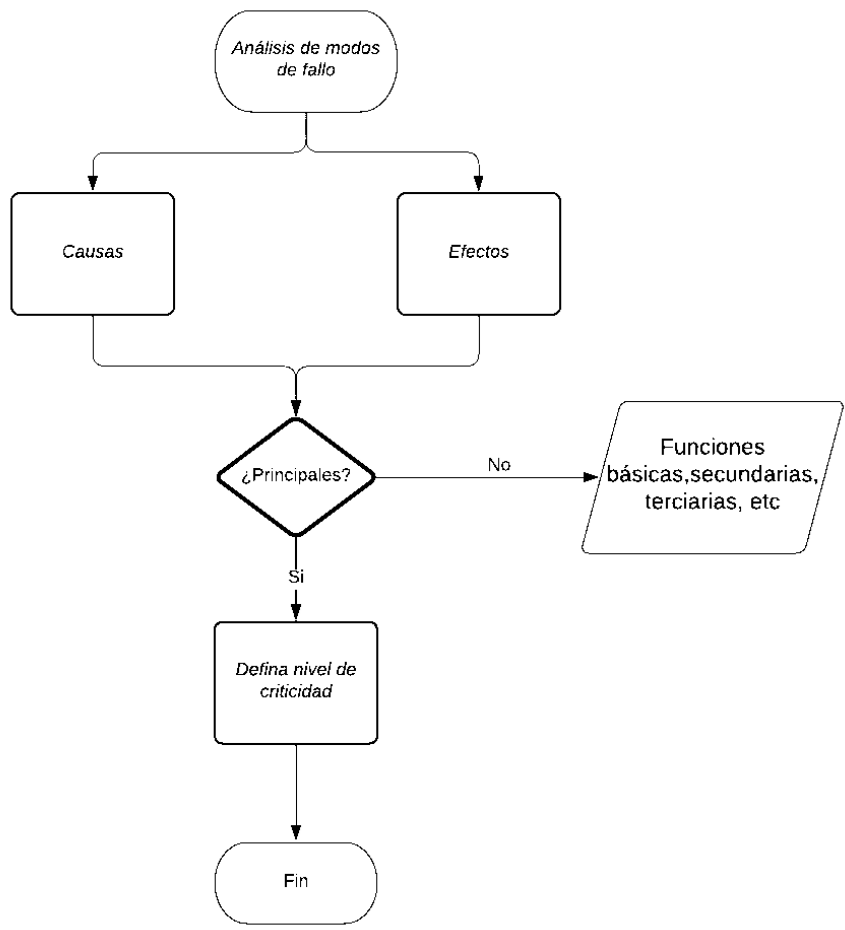
Como bien se señala la metodología AMFE determina el índice de riesgo de cada fallo, específicamente en cada actividad de mantenimiento que se realiza en las unidades correspondientes a la flota. En la tabla 3 se detalla el inventario de la flota de maquinaria pesada.

El cálculo del índice de prioridad de riesgo (IPR) se evalúa mediante el producto de tres criterios, las cuales son: severidad o importancia del efecto, frecuencia del efecto y la detección del fallo antes de la próxima paralización. (Bestratén & Orriols, 2004).

La obtención de modos, efectos de falla (AMFE) en la flota de maquinaria pesada se presenta a partir de la tabla 7, el análisis surge de las actividades específicas que se realizan como parte de mantenimiento en cada unidad de la flota.

Figura 9

Diagrama de flujo para el análisis de modos de fallo



Nota: La figura representa un diagrama de flujo de utilidad para el análisis de modos de falla, con lleva a poder identificar causas y efectos de las actividades del mantenimiento dentro de la flota de maquinaria.

5.6.1 Fallos en el motor

El mantenimiento ABC del motor produce una paralización de maquinaria, lo que antecede a modos de fallo como son el consumo de aceite, descalibración de válvulas, reducción de potencia máxima, recalentamiento en baja potencia, presiones de combustible elevadas y hasta consumo de líquido refrigerante. Lo que enlaza que cada modo de fallo es consecuente a un efecto que pueden

ser la emisión de humo negro/contaminación, rotura de elementos por descalibración de válvulas, mayor tiempo de ejecución.

5.6.2 Fallos de sistema de frenos

El mantenimiento en sistemas de frenos antecede a modos de fallo que se tiene como una mala fricción entre zapatas y pastillas, perdidas de aceite hidráulico por fuerza excedida, mal accionamiento en disco de freno. Estos modos de fallo tienen a consecuencia efectos de fallos correspondientemente como son el daño de conjuntos de elementos para el frenado, como también el daño de la bomba hidráulico para frenado.

5.6.3 Fugas en el sistema hidráulico

El sistema hidráulico para su análisis de fallos, se lo realizara con respecto al cilindro hidráulico

- Cilindro hidráulico: Este fallo es costoso de reparar requiere el cambio completo de los cilindros o de los empaques del pistón, este daño de fugas de aceite en el sistema hidráulico se lo corrobora verificando las fugas internas como externas en sus cilindros así mismo los niveles excesivamente bajos en el tanque de aceite hidráulico produciendo una reducción de la velocidad en el desplazamiento del equipo inclusive afectaran la potencia ocasionada por la pérdida de fluido.

5.6.4 Daño en el sistema de lubricación en motor

Para el sistema de lubricación se realizan mantenimientos con el aceite que es el encargado de lubricar los elementos internos del motor. Esto antecede a una lista de modos de fallos como de aceite con un alto grado de viscosidad, filtro de aceite tapado y hasta consumo de alto en aceite. De ello se obtienen efectos de falla como daño de piezas mecánicas internas del motor y además una mala lubricación por la fricción.

5.6.5 Fallos en el sistema eléctrico

Estos fallos constituyen una de las averías que más comúnmente ocurren en las maquinarias. Para el sistema eléctrico se ejecutan mantenimientos en sus sistemas de luces, revisión del cableado además revisión del motor de arranque que son los encargados de dar el funcionamiento de la maquinaria. Por su parte nos genera lista de modos de fallos por ejemplo sistema de luces no prenden o inestables, el motor no prende, los testigos del tablero no funcionan. Además, se obtienen efectos de fallo como el deterioro de sus cables, focos así mismo daños en las piezas del motor de arranque.

5.7 Análisis de Modos y Efectos de fallo (AMFE) en la flota de maquinaria pesada

Tabla 7

Modos y Efectos de fallo Maquinaria Excavadora

| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | | INGENIERIA AUTOMOTRIZ | | | | CUENCA - ECUADOR | | | |
|---|--|---|--|-----------|----------------------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------------------|
| MAQUINA ANALIZADA: EXCAVADORA | | | | | | | | | |
| INSTRUMENTO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) PARA EL REDISEÑO DE UN PROCESO DE RIESGO | | | | | | | | | |
| NUMERO DE ACTIVIDADES | ACTIVIDAD | MODO DE FALLO | EFFECTO DE FALLO | SEVERIDAD | CAUSA DEL FALLO | OCURRENCIA | CONTROL | DETECTIBILIDAD | Indice de prioridad de riesgo (IPR) |
| 1 | Cambio de dos baterias | Amperaje bajo | Daño en el motor de arranque | 8 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 5 | 80 |
| | | Luces inestables | Daño en las luces | 7 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 5 | 105 |
| 2 | Cambio de manguera | Fugas de aceite | Fuga de aceite en los cilindros hidráulicos | 8 | Contaminación ambiental | 5 | Personal operativo | 3 | 120 |
| | | Daño en las mangueras hidráulicas | Pérdida de presión en el circuito hidráulico | 9 | Paralización de maquinaria | 5 | Personal operativo | 3 | 135 |
| | | Daños en los acoples hidráulicos | Fuga de aceite en los acoples. | 8 | Perdida econónimca | 4 | Personal operativo | 4 | 128 |
| 3 | Revisión y cambio de kit del templador de cadena | Ceja en el juego axial entre eslabon y cadena | Daño en el acondicionamiento para el uso del desgarrador | 6 | Pérdida económica | 4 | Personal operativo | 4 | 96 |
| | | Fallos en desplazamiento de la maquinaria | Crecimiento de coeficiente de aquaplaning | 5 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 5 | 75 |
| | | Servotransmisión en mal estado | Bajo rendimeinto de servotransmision en plena | 6 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 5 | 60 |
| 4 | Cambio de pastillas de freno | Mala fricción entre zapatas y pastillas | Daño de conjunto de elementos para el frenado | 7 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 42 |
| | | Pérdidas de aceite hidraulico por fuerza de | Daño en bomba hidraulico para frenado | 7 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 6 | 126 |
| | | Mal accionamiento en disco de freno | Daño en el tambor de frenado | 8 | Pérdida económica | 1 | Supervicion informal | 7 | 56 |
| | | Mal accionamiento al frenado | Daño en varilla de accionamiento al disco | 5 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 6 | 90 |
| 5 | Cambio de pin de cucharon | Control de giro desalineado con los | Daño de sistema hidraulico | 8 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 6 | 96 |
| | | Pasadores pivote desajustados | Pin de cucharon desgastado | 5 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 8 | 80 |
| | | Abrazaderas con fugas en sistema hidraulico | Derramamiento de aceite por cucharon con excesiva | 7 | Contaminación ambiental | 3 | Personal operativo | 5 | 105 |
| 6 | Cambio de aceites | Aceite de alta viscosidad | Daño de piezas mecánicas internas del motor | 8 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 6 | 144 |
| | | Filtro de aceite tapado | Mala lubricación hacia los componentes internos del | 7 | Contaminación ambiental | 2 | Supervicion informal | 7 | 98 |
| | | Consumo alto de aceite | Humo negro/contaminación | 5 | Contaminación ambiental | 2 | Personal operativo | 6 | 60 |

| | | | | | | | | | |
|----|---|---|--|---|--|---|----------------------|---|-----|
| 7 | Cambio de reten de cigüeñal | Nivel de aceite incorrecto | Daños en el cigüeñal | 9 | Paralización de maquinaria | 5 | Personal operativo | 2 | 90 |
| | | Perdida de potencia | Falla del sensor de cigüeñal | 8 | Perdida económica | 3 | Personal operativo | 4 | 96 |
| | | Falta de presión de aceite | Daños en la bomba de aceite | 9 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervisión informal | 4 | 108 |
| 8 | Cambio de KIT de sellos del gato hidráulico | Baja presión en elementos hidráulicos | Daño de bomba hidráulica | 9 | Paralización de maquinaria | 5 | Supervisión informal | 2 | 90 |
| | | Lenta ejecución del trabajo | Daños en los empaques hidráulicos | 8 | Perdida económica | 6 | Supervisión informal | 2 | 96 |
| | | Derramamiento de aceite hidráulico | Cilindros hidráulicos rayados | 9 | Pérdida económica | 4 | Supervisión informal | 3 | 108 |
| 9 | Colocación de refuerzo de cucharón/cambio de pasadores y uñas | Derramamiento de material | Agrietamiento en el cucharón | 6 | Paralización de maquinaria | 4 | Supervisión informal | 4 | 96 |
| | | Juego en los pasadores | Daños en las bisagras | 7 | Perdida económica | 4 | Supervisión informal | 5 | 140 |
| | | Lenta ejecución del trabajo | Daño en los acoples de los cilindros hidráulicos | 5 | Pérdida económica | 4 | Supervisión informal | 5 | 100 |
| 10 | Revisión de pin de cadena/carrilera/grasero | Fuga de aceite | Desgaste de pines y pernos | 9 | Perdida económica | 5 | Supervisión informal | 2 | 90 |
| | | Juego en los pines de cadena | Daños en los pines | 8 | Paralización de maquinaria | 6 | Supervisión informal | 2 | 96 |
| | | Pérdida de tracción | Daño en el templado de cadena | 9 | Pérdida económica | 4 | Supervisión informal | 3 | 108 |
| 11 | Mantenimiento ABC de motor | Consumo de aceite | Humo negro/contaminación | 5 | Disminución de rendimiento potencial del | 2 | Supervisión informal | 8 | 80 |
| | | Descalibración de valvulas del cabezote | Rutura en sus elementos | 8 | Mala combustión de aire/combustible | 3 | Supervisión informal | 5 | 120 |
| | | Reducción de potencia máxima | Mayor tiempo en ejecución de operación | 5 | Pérdida económica | 3 | Supervisión informal | 7 | 105 |
| | | Recalentamiento en baja potencia | Consumo de combustible | 7 | Pérdida económica | 2 | Supervisión informal | 6 | 84 |
| | | Presiones de combustible elevadas | Tiempo de inyección no correspondiente | 8 | Mala combustión de aire/combustible | 3 | Supervisión informal | 6 | 144 |
| | | Consumo de líquido refrigerante | Rotura en conexión de mangueras | 9 | Pérdida económica | 3 | Supervisión informal | 4 | 108 |
| 12 | Desmontaje de silenciador de escape | Ruidos excesivos en el escape | Rotura | 4 | Contaminación auditiva | 2 | Personal operativo | 5 | 40 |
| | | | Desgaste interno | 6 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 4 | 72 |
| 13 | Fuga de aceite cuerpo hidráulico | Presión insuficiente hacia las ruedas | Electrovalvula defectuosa | 8 | Paralización de maquinaria | 3 | Personal operativo | 5 | 120 |
| | | | Motor eléctrico averiado | 9 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 5 | 90 |
| | | Nivel de aceite incorrecto | Daño en los empaques del | 9 | Contaminación ambiental | 1 | Supervisión informal | 7 | 63 |

Tabla 8

Modos y Efectos de fallo Maquinaria Cargadora

| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | | | INGENIERIA AUTOMOTRIZ | | | | CUENCA - ECUADOR | | |
|---|---|---|---|-----------|--|------------|----------------------|----------------|-------------------------------------|
| MAQUINARIA: CARGADORA | | | | | | | | | |
| INSTRUMENTO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) PARA EL REDISEÑO DE UN PROCESO DE RIESGO | | | | | | | | | |
| Numero de actividades | ACTIVIDAD | MODO DE FALLO | EFECTO DE FALLO | SEVERIDAD | CAUSA DEL FALLO | OCURRENCIA | CONTROL | DETECTIBILIDAD | Indice de prioridad de riesgo (IPR) |
| 1 | Mantenimiento ABC de motor | Consumo de aceite | Humo negro/contaminación | 5 | Disminución de rendimiento potencial del motor | 2 | Supervicion informal | 8 | 80 |
| | | Descalibración de valvulas del cabezote | Rutura en sus elementos | 8 | Mala combustión de aire/combustible | 3 | Supervicion informal | 5 | 120 |
| | | Reducción de potencia máxima | Mayor tiempo en ejecución de operación | 5 | Pérdida económica | 3 | Supervicion informal | 7 | 105 |
| | | Recalentamiento en baja potencia | Consumo de combustible | 7 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 6 | 84 |
| | | Presiones de combustible elevadas | Tiempo de inyección no correspondiente | 8 | Mala combustión de aire/combustible | 3 | Supervicion informal | 6 | 144 |
| | | Consumo de liquido refrigerante | Rotura en conexión de mangueras | 9 | Pérdida económica | 3 | Supervicion informal | 4 | 108 |
| 2 | Cambio de aceites y filtros | Aceite de alta viscosidad | Daño de piezas mecánicas internas del motor | 8 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 6 | 144 |
| | | Filtro de aceite tapado | Mala lubricación hacia los componentes internos del | 7 | Contaminación ambiental | 2 | Supervicion informal | 7 | 98 |
| | | Consumo alto de aceite | Humo negro/contaminación | 5 | Contaminación ambiental | 2 | Personal operativo | 6 | 60 |
| 3 | Reparación de neumaticos | Menor adherencia con el suelo | Mayor demanda de potencia del motor | 4 | Mayor consumo de combustible | 3 | Personal operativo | 7 | 84 |
| | | Daños en el sistema de dirección | Fuga de aceite hidráulico en los cilindros de | 8 | Contaminación ambiental | 2 | Personal operativo | 6 | 96 |
| | | Daños en la goma del neumatico | Desgaste mecánico en el aro | 3 | Paralización de maquinaria | 5 | Supervicion informal | 6 | 90 |
| 4 | Reparación del radiador | Perdida de liquido refrigerante | Aumento de temperatura en el motor | 9 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 2 | 72 |
| | | Obstrucción en los conductos internos | Daños en la bomba de agua | 8 | Paralización de maquinaria | 5 | Personal operativo | 3 | 120 |
| 5 | Cambio de pastillas de freno | Mala fricción entre zapatas y pastillas | Daño el los tambores de frenos | 7 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 42 |
| | | Pérdidas de aceite hidraulico por fuerza de | Daño en bomba hidraulico para frenado | 7 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 6 | 126 |
| | | Mal accionamiento en disco de freno | Daño en el tambor de frenado | 8 | Pérdida económica | 1 | Supervicion informal | 7 | 56 |
| | | Mal accionamiento al frenado | Daño en varilla de accionamiento al disco | 5 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 6 | 90 |
| 6 | Cambio de cuchillas y esquineros de corte | Mala resistencia al impacto | Daño habitaculo de maquinaria | 3 | Pérdida económica | 5 | Personal operativo | 6 | 90 |
| | | Bajo coeficiente en dureza | Daño en prosupuesto de horas de trabajo | 2 | Pérdida económica | 8 | Personal operativo | 5 | 80 |
| | | Esquineros desafiladas | Daño en material de terreno | 3 | Pérdida económica | 3 | Supervicion informal | 8 | 72 |

| | | | | | | | | | |
|----|----------------------------------|---|--|---|----------------------------|---|----------------------|---|-----|
| 7 | Revisión de fuga hidráulica | Baja presión en elementos hidráulicos | Daño de bomba hidráulica | 8 | Pérdida económica | 3 | Supervicion informal | 4 | 96 |
| | | Lenta ejecución del trabajo | Saturación en acoples de conexión de mangueras | 6 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 6 | 72 |
| | | Derramamiento de aceite hidráulico | Daño en válvulas de descarga | 9 | Pérdida económica | 1 | Supervicion informal | 7 | 63 |
| 8 | Engrasado de la máquina | Reducir la fricción entre piezas | Daño de piezas mecánicas externas al sistema | 8 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 4 | 128 |
| | | Reducción de ruido | Protección de elementos que están en constante | 8 | Paralización de maquinaria | 3 | Personal operativo | 4 | 96 |
| | | Facilitar el movimiento | Lubricación del mecanismo hidráulico | 7 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 4 | 112 |
| 9 | Tren de rodaje | Ceja en el juego axial entre eslabon y cadena | Daño en el acondicionamiento para el uso del desgarrador | 7 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 7 | 98 |
| | | Fallos en desplazamiento de la maquinaria | Crecimiento de coeficiente de aquaplaning | 5 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 6 | 60 |
| | | Servotransmisión en mal estado | Bajo rendimeinto de servotransmision en plena | 8 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 6 | 96 |
| 10 | Revisión de sistema de encendido | Operación de arranque con éter en mal | Giro de motor no responde al encendido | 7 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 4 | 84 |
| | | Tablero de información de sensores en mal estado | Información incorrecta | 8 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 6 | 96 |
| | | Sistema monitor electrónico (EMS) en mal | El EMS no advierte al operador ante algun daño | 9 | Paralización de maquinaria | 1 | Personal operativo | 7 | 63 |
| 11 | Cambio de dos baterías | Amperaje bajo | Daño en el motor de arranque | 8 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 7 | 112 |
| | | Luces inestables | Daño en las luces | 8 | Pérdida económica | 4 | Personal operativo | 3 | 96 |
| 12 | Revisión de motor de arranque | Motor de arranque no gira cuando se da arranque | Escobillas de carbon desgastadas | 6 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 6 | 108 |
| | | Motor de arranque sigue en marcha al apagar el interruptor de encendido | Relé esta dañado | 7 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 6 | 84 |
| | | Piñon de la tracción no desacopla | Piñon dañado | 8 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 5 | 80 |
| 13 | Reparación de bomba de inyección | Corrosión en el elemento | Daños en los pistones de la bomba | 8 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 7 | 112 |
| | | Holguras en componentes internos | Daño en las paredes internas de la bomba | 8 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 6 | 96 |
| | | Pérdida de combustible | Daño en los empaques de la bomba | 6 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 7 | 84 |

| | | | | | | | | | |
|----|--|---|---|---|----------------------------------|---|----------------------|---|-----|
| 14 | Desmontaje de corona delantera | Fugas de aceite hidraulico en la corona | Rosca del tapon aislada | 8 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 5 | 80 |
| | | Ruido al dar marcha | Daño en los dientes de la corona | 9 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 3 | 81 |
| | | Arranques bruscos | Falta de aceite por fuga en la corona | 9 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 5 | 90 |
| 15 | Arreglo de pin de cucharon | Control de giro desalineado con los | Daño de sistema hidraulico | 8 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 6 | 96 |
| | | Pasadores pivote desajustados | Pin de cucharon desgastado | 5 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 8 | 80 |
| | | Abrazaderas con fugas en sistema hidraulico | Derramamiento de aceite por cucharon con excesiva | 7 | Contaminación ambiental | 3 | Personal operativo | 5 | 105 |
| 16 | Instalación de turbo nuevo | Ruidos extraños | Daños en el cojinete del turbo | 7 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 5 | 105 |
| | | Falta de potencia | Álabes con carbonilla | 6 | Pérdida económica | 4 | Personal operativo | 4 | 96 |
| | | Aflojamiento del eje | Desgaste y fricción de los álabes de turbina | 9 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 5 | 90 |
| 17 | Construccion de seguros para flauta | Ruidos extraños | Seguros de valvulas dañados | 9 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 5 | 90 |
| | | Exceso de humo negro | Muelles de valvulas desgastados | 7 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 5 | 105 |
| 18 | Cambio de puntas. | Ruido al dar marcha | Desgaste desigual en los neumáticos | 3 | Pérdida económica | 6 | Supervicion informal | 5 | 90 |
| | | Ruido al girar la dirección | Mayor trabajo mecánico de la bomba hidráulica. | 7 | Falta de engrasado en las putnas | 3 | Supervicion informal | 6 | 126 |
| | | Perdida de grasa | Piezas en contacto directo | 7 | Pérdida económica | 5 | Supervicion informal | 4 | 140 |
| 19 | Cambio de manguera | Fugas de aceite | Fuga de aceite en los cilindros hidráulicos | 8 | Contaminación ambiental | 5 | Personal operativo | 3 | 120 |
| | | Daño en las mangueras hidráulicas | Pérdida de presión en el circuito hidráulico | 9 | Paralización de maquinaria | 5 | Personal operativo | 3 | 135 |
| | | Daños en los acoples hidráulicos | Fuga de aceite en los acoples. | 8 | Perdida econónimca | 4 | Personal operativo | 4 | 128 |
| 20 | Revisión del sistema eléctrico | Luces alumbran débilmente a rpm altas del | Cables y terminales defectuosos | 6 | Perdida econónimca | 4 | Personal operativo | 5 | 120 |
| | | Sonido anormal en el alternador | Rodamientos del alternador en mal estado | 8 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 5 | 80 |
| | | Motor de arranque no gira cuando se da arranque | Tensión insuficiente de la batería | 6 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 7 | 84 |
| | | Las rpm del motor de arranque son bajas | Motor de arranque defectuoso | 8 | Perdida econónimca | 1 | Personal operativo | 8 | 64 |
| 21 | Revisión de las marchas | Fugas de aceite | Fuga de aceite en la transmisión | 9 | Contaminación ambiental | 4 | Personal operativo | 3 | 108 |
| | | Fatla de potencia | Daño en los dientes del diferencial | 9 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 2 | 72 |
| 22 | Instalación de amperimetro/ revisión trompo de temperatura | Luces inestables | Daño en los focos | 5 | Contaminación ambiental | 3 | Personal operativo | 6 | 90 |
| | | Falta de informacion en tablero de instrumentos | Daño en el sistema eléctrico | 9 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 6 | 108 |
| | | Lectura inexacta de temperatura | Recalentamiento en el motor | 9 | Perdida econónimca | 2 | Personal operativo | 5 | 90 |

Tabla 9

Modos y Efectos de fallo Maquinaria Motoniveladora

| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | | INGENIERIA AUTOMOTRIZ | | | | CUENCA - ECUADOR | | | |
|---|---|---|---|-----------|--|------------------|----------------------|----------------|-------------------------------------|
| MAQUINARIA: MOTONIVELADORA | | | | | | | | | |
| INSTRUMENTO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) PARA EL REDISEÑO DE UN PROCESO DE RIESGO | | | | | | | | | |
| NÚMERO DE ACTIVIDAD | ACTIVIDAD | MODO DE FALLO | EFECTO DE FALLO | SEVERIDAD | CAUSA DEL FALLO | OCURRENCIA | CONTROL | DETECTIBILIDAD | Indice de prioridad de riesgo (IPR) |
| 1 | Mantenimiento ABC de motor | Consumo de aceite | Humo negro/contaminación | 5 | Disminución de rendimiento potencial del | 2 | Supervicion informal | 8 | 80 |
| | | Descalibración de valvulas del cabezote | Rutura en sus elementos | 8 | Mala combustión de aire/combustible | 3 | Supervicion informal | 5 | 120 |
| | | Reducción de potencia máxima | Mayor tiempo en ejecución de operación | 5 | Pérdida económica | 3 | Supervicion informal | 7 | 105 |
| | | Recalentamiento en baja potencia | Consumo de combustible | 7 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 6 | 84 |
| | | Presiones de combustible elevadas | Tiempo de inyección no correspondiente | 8 | Mala combustión de aire/combustible | 3 | Supervicion informal | 6 | 144 |
| | | Consumo de liquido refrigerante | Rotura en conexión de mangueras | 9 | Pérdida económica | 3 | Supervicion informal | 4 | 108 |
| 2 | Limpieza de respiradero de carter del motor | Mala ventilación en circulación de aceite | Desperdicio de aceite motor | 8 | Contaminación ambiental | 6 | Personal operativo | 5 | 240 |
| | | Válvula en desgaste mecánico | Consumo de combustible | 5 | Pérdida económica | 4 | Personal operativo | 4 | 80 |
| | | Presión de empuje hacia la válvula bajo | Mala recirculación de gases | 4 | Contaminación ambiental | 3 | Personal operativo | 6 | 72 |
| 3 | Cambio de aceites y filtros | Aceite de alta viscosidad | Daño de piezas mecánicas internas del motor | 8 | Contaminación ambiental | 3 | Personal operativo | 4 | 96 |
| | | Filtro de aceite tapado | Mala lubricación hacia los componentes internos del | 8 | Paralización de maquinaria | 1 | Personal operativo | 8 | 64 |
| | | Consumo alto de aceite | Humo negro/contaminación | 7 | Perdida econónimca | 2 | Personal operativo | 7 | 98 |
| 4 | Reparación de neumaticos | Menor adherencia con el suelo | Mayor demanda de potencia del motor | 4 | Mayor consumo de combustible | 3 | Personal operativo | 7 | 84 |
| | | Daños en el sistema de dirección | Fuga de aceite hidráulico en los cilindros de dirección | 8 | Contaminación ambiental | 2 | Personal operativo | 6 | 96 |
| | | Daños en la goma del neumático | Desgaste mecánico en el aro | 3 | Paralización de maquinaria | 5 | Supervicion informal | 6 | 90 |
| 5 | Reparación del radiador | Perdida de liquido refirgerante | Aumento de temperatura en el motor | 6 | Paralización de maquinaria | 3 | Personal operativo | 4 | 72 |
| | | Obstrucción en los conductos internos | Daños en la bomba de agua | 6 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 5 | 60 |

| | | | | | | | | | |
|----|---|---|--|---|----------------------------|---|----------------------|---|----|
| 6 | Cambio de pastillas de freno | Mala fricción entre zapatas y pastillas | Daño de conjunto de elementos para el frenado | 3 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 18 |
| | | Pérdidas de aceite hidraulico por fuerza de par exedido | Daño en bomba hidraulico para frenado | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 4 | 24 |
| | | Mal accionamiento en disco de freno | Daño en disco de frenado | 3 | Pérdida económica | 1 | Supervicion informal | 4 | 12 |
| | | Mal accionamiento al frenado | Daño en varilla de accionamiento al disco | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 4 | 24 |
| 7 | Cambio de cruceta cardan | Desfase en juego axial | Daño de elementos en junta cardan | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 4 | 32 |
| | | Cambios de acelearión ruidosos | Portacrucretas en mal estado | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 3 | 24 |
| | | Derramamiento de lubricante o engrase | Anillo de retencion y sello interno reventados | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 4 | 32 |
| 8 | Revisión de fuga hidraulica | Baja presión en elementos hidráulicos | Daño de bomba hidráulica | 5 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 30 |
| | | Lenta ejecución del trabajo | Saturación en acoples de conexión de mangueras | 3 | Paralización de maquinaria | 1 | Supervicion informal | 3 | 9 |
| | | Derramamiento de aceite hidráulico | Daño en válvulas de descarga | 3 | Pérdida económica | 1 | Supervicion informal | 3 | 9 |
| 9 | Colocación de neplos y tapones | Desgaste por presiones excedidas | Presiones exceden y saturan a neplos | 3 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 4 | 24 |
| | | Aislamiento interno | Neplos con sobrepresión | 3 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 18 |
| | | Tapones con fugas de aire | Mala colocación en tapones | 4 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 24 |
| 10 | Reemplazo de manguera hidraulica por rotura | Baja presión en elementos hidráulicos | Daño de bomba hidráulica | 5 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 3 | 30 |
| | | Lenta ejecución del trabajo | Saturación en acoples de conexión de mangueras | 4 | Paralización de maquinaria | 1 | Personal operativo | 3 | 12 |
| | | Derramamiento de aceite hidráulico | Daño en válvulas de descarga | 3 | Pérdida económica | 1 | Personal operativo | 5 | 15 |
| 11 | Corte y ajuste de pin de cucharon | Control de giro desalineado con los mandos | Daño de sistema hidraulico | 4 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 4 | 32 |
| | | Pasadores pivote desajustados | Pin de cucharon desgastado | 4 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 3 | 24 |
| | | Abrazaderas con fugas en sistema hidraulico | Derramamiento de aceite por cucharon con excesiva fuerza | 4 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 4 | 32 |

| | | | | | | | | | |
|----|--|---|--|---|----------------------------|---|----------------------|---|----|
| 12 | Cambio de bases de motor | Provocación de fuertes ruidos | Fuerzas excesivas | 3 | Paralización de maquinaria | 1 | Personal operativo | 2 | 6 |
| | | Cauchos de bases desgastados | Golpes en maniobres | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 2 | 12 |
| | | Tambaleo del motor | Block de motor golpeado | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 2 | 12 |
| 13 | Reparación de gato estabilizador | Fugas de aceite hidraulico en elementos | Derramamiento de aceite hidraulico | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 4 | 24 |
| | | Desplazamiento retardado de cuchilla | Sistema hidraulico ineficientes | 2 | Pérdida económica | 3 | Supervicion informal | 3 | 18 |
| | | Presiones bajas de bomba hidraulica | Obra de trabajo retardado | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 3 | 18 |
| 14 | Retapizado de asiento de operario | Vibraciones directas al operario | Mala ejecución de trabajo | 3 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 3 | 27 |
| | | Cansancio lumbares | Enfermedad ocupacional proxima | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 3 | 24 |
| | | Dolores de cabeza por vibraciones | Mala ejecución de trabajo | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 3 | 24 |
| 15 | Engrase en sistemas hidraulico, transmisión y motor | Reducir la fricción entre piezas | Daño de piezas mecánicas externas al sistema | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 4 | 32 |
| | | Reducción de ruido | Protección de elementos que están en constante fricción | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 3 | 24 |
| | | Facilitar el movimiento | Lubricación del mecanismo hidraulico | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 3 | 24 |
| 16 | Revisión de sistema de transmisión (eslabon/cadena) | Ceja en el juego axial entre eslabon y cadena | Daño en el acondicionamiento para el uso del desgarrador | 4 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 4 | 32 |
| | | Fallos en desplazamiento de la maquinaria | Crecimiento de coeficiente de aquaplaning | 3 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 3 | 27 |
| | | Servotransmisión en mal estado | Bajo rendimeinto de servotransmisión en plena | 3 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 4 | 24 |

Tabla 10

Modos y Efectos de fallo Maquinaria Retroexcavadora

| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | | INGENIERIA AUTOMOTRIZ | | | | CUENCA - ECUADOR | | | |
|---|---|--|---|-----------|--|------------------|----------------------|----------------|-------------------------------------|
| MAQUINARIA: RETROEXCAVADORA | | | | | | | | | |
| INSTRUMENTO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) PARA EL REDISEÑO DE UN PROCESO DE RIESGO | | | | | | | | | |
| NÚMERO DE ACTIVIDAD | ACTIVIDAD | MODO DE FALLO | EFECTO DE FALLO | SEVERIDAD | CAUSA DEL FALLO | OCURRENCIA | CONTROL | DETECTIBILIDAD | Indice de prioridad de riesgo (IPR) |
| 1 | Mantenimiento ABC de motor | Consumo de aceite | Humo negro/contaminación | 4 | Disminución de rendimiento potencial del | 1 | Supervicion informal | 3 | 12 |
| | | Descalibración de valvulas del cabezote | Rutura en sus elementos | 2 | Mala combustión de aire/combustible | 1 | Supervicion informal | 3 | 6 |
| | | Reducción de potencia máxima | Mayor tiempo en ejecución de operación | 3 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 4 | 24 |
| | | Recalentamiento en baja potencia | Consumo de combustible | 4 | Pérdida económica | 1 | Supervicion informal | 4 | 16 |
| | | Presiones de combustible elevadas | Tiempo de inyección no correspondiente | 3 | Mala combustión de aire/combustible | 1 | Supervicion informal | 2 | 6 |
| | | Consumo de liquido refrigerante | Rotura en conexión de mangueras | 2 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 12 |
| 2 | Revisión de fugas de aceite del convertidor | Consumo de aceite excesivo | Daños en elementos del sistema | 2 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 3 | 12 |
| | | Contervidor de par en mal funcionamiento | Piñones ejercen fuerza excesiva | 3 | Pérdida económica | 4 | Personal operativo | 4 | 48 |
| | | Presiones bajas de aceite | Mal aacionamiento hacia la varilla | 4 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 2 | 24 |
| 3 | Cambio de aceites y filtros | Aceite de alta viscosidad | Daño de piezas mecánicas internas del motor | 3 | Paralización de maquinaria | 1 | Supervicion informal | 5 | 15 |
| | | Filtro de aceite tapado | Mala lubricación hacia los componentes internos del | 3 | Contaminación ambiental | 1 | Supervicion informal | 4 | 12 |
| | | Consumo alto de aceite | Humo negro/contaminación | 4 | Contaminación ambiental | 2 | Personal operativo | 3 | 24 |
| 4 | Reparación de neumaticos | Menor adherencia con el suelo | Mayor demanda de potencia del motor | 3 | Mayor consumo de combustible | 3 | Personal operativo | 3 | 27 |
| | | Daños en el sistema de dirección | Fuga de aceite hidráulico en los cilindros de direccion | 4 | Contaminación ambiental | 3 | Personal operativo | 3 | 36 |
| | | Daños en la goma del neumatico | Desgaste mecánico en el aro | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 2 | 12 |
| 5 | Revisión del sistema de inyección | Consumo de combustible | Velocidad baja en plena carga | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 2 | 16 |
| | | Falta de fuerza en sistema hidraulico | Revoluciones en regimen de ralenti no son adecuados | 4 | Paralización de maquinaria | 3 | Personal operativo | 2 | 24 |

| | | | | | | | | | |
|----|---|---|--|---|----------------------------|---|----------------------|---|----|
| 6 | Cambio de pastillas de freno | Mala fricción entre zapatas y pastillas | Daño de conjunto de elementos para el frenado | 3 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 18 |
| | | Pérdidas de aceite hidraulico por fuerza de par exedido | Daño en bomba hidraulico para frenado | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 4 | 24 |
| | | Mal accionamiento en disco de freno | Daño en disco de frenado | 3 | Pérdida económica | 1 | Supervicion informal | 4 | 12 |
| | | Mal accionamiento al frenado | Daño en varilla de accionamiento al disco | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 4 | 24 |
| 7 | Cambio de cruceta cardan | Desfase en juego axial | Daño de elementos en junta cardan | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 4 | 32 |
| | | Cambios de acelearión ruidosos | Portacrucretas en mal estado | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 3 | 24 |
| | | Derramamiento de lubircante o engrase | Anillo de retencion y sello interno reventados | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 4 | 32 |
| 8 | Revisión de fuga hidraulica | Baja presión en elementos hidráulicos | Daño de bomba hidráulica | 5 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 30 |
| | | Lenta ejecución del trabajo | Saturación en acoples de conexión de mangueras | 3 | Paralización de maquinaria | 1 | Supervicion informal | 3 | 9 |
| | | Derramamiento de aceite hidráulico | Daño en válvulas de descarga | 3 | Pérdida económica | 1 | Supervicion informal | 3 | 9 |
| 9 | Colocación de neplos y tapones | Desgaste por presiones excedidas | Presiones exceden y saturan a neplos | 3 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 4 | 24 |
| | | Aislamiento interno | Neplos con sobrepresión | 3 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 18 |
| | | Tapones con fugas de aire | Mala colocación en tapones | 4 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 24 |
| 10 | Reemplazo de manguera hidraulica por rotura | Baja presión en elementos hidráulicos | Daño de bomba hidráulica | 5 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 3 | 30 |
| | | Lenta ejecución del trabajo | Saturación en acoples de conexión de mangueras | 4 | Paralización de maquinaria | 1 | Personal operativo | 3 | 12 |
| | | Derramamiento de aceite hidráulico | Daño en válvulas de descarga | 3 | Pérdida económica | 1 | Personal operativo | 5 | 15 |
| 11 | Corte y ajuste de pin de cucharon | Control de giro desalineado con los mandos | Daño de sistema hidraulico | 4 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 4 | 32 |
| | | Pasadores pivote desajustados | Pin de cucharon desgastado | 4 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 3 | 24 |
| | | Abrazaderas con fugas en sistema hidraulico | Derramamiento de aceite por cucharon con excesiva fuerza | 4 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 4 | 32 |
| 12 | Cambio de bases de motor | Provocación de fuertes ruidos | Fuerzas excesivas | 3 | Paralización de maquinaria | 1 | Personal operativo | 2 | 6 |
| | | Cauchos de bases desgastados | Golpes en maniobres | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 2 | 12 |
| | | Tambaleo del motor | Block de motor golpeado | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 2 | 12 |

| | | | | | | | | | |
|----|---|---|--|---|----------------------------|---|----------------------|---|----|
| 12 | Cambio de bases de motor | Provocación de fuertes ruidos | Fuerzas excesivas | 3 | Paralización de maquinaria | 1 | Personal operativo | 2 | 6 |
| | | Cauchos de bases desgastados | Golpes en maniobres | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 2 | 12 |
| | | Tambaleo del motor | Block de motor golpeado | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 2 | 12 |
| 13 | Reparación de gato estabilizador | Fugas de aceite hidraulico en elementos | Derramamiento de aceite hidraulico | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 4 | 24 |
| | | Desplazamiento retardado de cuchilla | Sistema hidraulico ineficientes | 2 | Pérdida económica | 3 | Supervicion informal | 3 | 18 |
| | | Presiones bajas de bomba hidráulica | Obra de trabajo retardado | 3 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 3 | 18 |
| 14 | Retapizado de asiento de operario | Vibraciones directas al operario | Mala ejecución de trabajo | 3 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 3 | 27 |
| | | Cansancio lumbares | Enfermedad ocupacional proxima | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 3 | 24 |
| | | Dolores de cabeza por vibraciones | Mala ejecución de trabajo | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 3 | 24 |
| 15 | Engrase en sistemas hidraulico, transmisión y motor | Reducir la fricción entre piezas | Daño de piezas mecánicas externas al sistema | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 4 | 32 |
| | | Reducción de ruido | Protección de elementos que están en constante fricción | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 3 | 24 |
| | | Facilitar el movimiento | Lubricación del mecanismo hidraulico | 4 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 3 | 24 |
| 16 | Revisión de sistema de transmisión (eslabon/cadena) | Ceja en el juego axial entre eslabon y cadena | Daño en el acondicionamiento para el uso del desgarrador | 4 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 4 | 32 |
| | | Fallos en desplazamiento de la maquinaria | Crecimiento de coeficiente de aquaplaning | 3 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 3 | 27 |
| | | Servotransmisión en mal estado | Bajo rendimiento de servotransmision en plena | 3 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 4 | 24 |

Tabla 11

Modos y Efectos Maquinaria Rodillo

| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | | INGENIERIA AUTOMOTRIZ | | | | CUENCA - ECUADOR | | | |
|---|---|--|---|-----------|--|------------------|----------------------|----------------|-------------------------------------|
| MAQUINARIA: RODILLO | | | | | | | | | |
| INSTRUMENTO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) PARA EL REDISEÑO DE UN PROCESO DE RIESGO | | | | | | | | | |
| NÚMERO DE ACTIVIDAD | ACTIVIDAD | MODO DE FALLO | EFECTO DE FALLO | SEVERIDAD | CAUSA DEL FALLO | OCURRENCIA | CONTROL | DETECTIBILIDAD | Indice de prioridad de riesgo (IPR) |
| 1 | Colocación de aceite 10 | Fuga de aceite por sobrepresión | Daño en sistema hidráulico | 6 | Contaminación Ambiental | 6 | Supervisión informal | 4 | 144 |
| | | Bomba hidráulica en mala ejecución | Daño en sistema hidráulico | 4 | Paralización de maquinaria | 4 | Supervisión informal | 5 | 80 |
| 2 | Cambio de manguera de extrema presión con neplos y collarines | Desgaste por presiones excesivas | Presiones exceden y saturan a neplos | 8 | Pérdida económica | 4 | Supervisión informal | 3 | 96 |
| | | Aislamiento interno | Neplos con sobrepresión | 5 | Pérdida económica | 5 | Supervisión informal | 3 | 75 |
| 3 | Reparación de neumáticos | Menor adherencia con el suelo | Mayor demanda de potencia del motor | 4 | Mayor consumo de combustible | 5 | Personal operativo | 3 | 60 |
| | | Daños en el sistema de dirección | Fuga de aceite hidráulico en los cilindros de dirección | 5 | Contaminación ambiental | 3 | Personal operativo | 3 | 45 |
| 4 | Revisión de sistema eléctrico | Baja carga de baterías | Consumo de voltaje | 4 | Pérdida económica | 5 | Personal operativo | 3 | 60 |
| | | Mala información en tablero de sensores | Daño en cableado | 4 | Pérdida económica | 5 | Personal operativo | 3 | 60 |
| | | Solenoides electromagnéticos a destiempo | Regularización de voltaje | 5 | Pérdida económica | 5 | Personal operativo | 3 | 75 |
| 5 | Mantenimiento ABC de motor | Consumo de aceite | Humo negro/contaminación | 5 | Disminución de rendimiento potencial del motor | 2 | Supervisión informal | 8 | 80 |
| | | Descalibración de válvulas del cabezote | Rutura en sus elementos | 8 | Mala combustión de aire/combustible | 3 | Supervisión informal | 5 | 120 |
| | | Reducción de potencia máxima | Mayor tiempo en ejecución de operación | 5 | Pérdida económica | 3 | Supervisión informal | 7 | 105 |
| | | Recalentamiento en baja potencia | Consumo de combustible | 7 | Pérdida económica | 2 | Supervisión informal | 6 | 84 |
| | | Presiones de combustible elevadas | Tiempo de inyección no correspondiente | 8 | Mala combustión de aire/combustible | 3 | Supervisión informal | 6 | 144 |
| | | Consumo de líquido refrigerante | Rotura en conexión de mangueras | 9 | Pérdida económica | 3 | Supervisión informal | 4 | 108 |

| | | | | | | | | | |
|----|--|--|---|---|----------------------------|---|----------------------|---|-----|
| 6 | Revisión de fuga hidráulica | Baja presión en elementos hidráulicos | Daño de bomba hidráulica | 5 | Pérdida económica | 3 | Supervisión informal | 5 | 75 |
| | | Lenta ejecución del trabajo | Saturación en acoples de conexión de mangueras | 4 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervisión informal | 5 | 60 |
| | | Derramamiento de aceite hidráulico | Daño en válvulas de descarga | 5 | Pérdida económica | 2 | Supervisión informal | 6 | 60 |
| 7 | Desmontaje de tanque de combustible | Baja presión en riel de inyectores | Daño de bomba de gasolina | 4 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervisión informal | 6 | 72 |
| | | Suciedad en el interior | Daño de válvula de sobrepresión | 4 | Paralización de maquinaria | 3 | Personal operativo | 6 | 72 |
| | | Sometido a bajas-altas temperaturas | Tanque deteriorado por corrosión | 4 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 6 | 96 |
| 8 | Cambio de bomba de combustible | Baja presión en riel de inyectores | Mal tiempo de inyección | 4 | Paralización de maquinaria | 6 | Personal operativo | 5 | 120 |
| | | Bomba de combustible sometido en calor | Baja presión en sistema de combustible | 5 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 5 | 100 |
| | | Bujías de mala chispa | Mal tiempo de ignición | 8 | Paralización de maquinaria | 8 | Personal operativo | 5 | 320 |
| 9 | Cambio de Aceite de motor/filtro/Combustible /Aire | Aceite lubricante incorrecto | Daño de piezas mecánicas internas del motor | 8 | Paralización de maquinaria | 3 | Personal operativo | 6 | 144 |
| | | Consumo de aceite | Sobrecalentamiento del motor | 7 | Paralización de maquinaria | 2 | Personal operativo | 7 | 98 |
| | | Nivel de aceite incorrecto | Golpeteo interno de sus piezas mecánicas | 5 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 6 | 60 |
| 10 | Cambio de manguera | Fugas de aceite | Fuga de aceite en los cilindros hidráulicos | 8 | Pérdida económica | 5 | Supervisión informal | 3 | 120 |
| | | Daño en las mangueras hidráulicas | Pérdida de presión en el circuito hidráulico | 9 | Pérdida económica | 5 | Supervisión informal | 3 | 135 |
| | | Daños en los acoples hidráulicos | Fuga de aceite en los acoples. | 8 | Pérdida económica | 4 | Supervisión informal | 4 | 128 |
| 11 | Engrasado de la máquina | Reducir la fricción entre piezas | Daño de piezas mecánicas externas al sistema | 8 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 4 | 128 |
| | | Reducción de ruido | Protección de elementos que están en constante fricción | 8 | Paralización de maquinaria | 3 | Personal operativo | 4 | 96 |
| | | Facilitar el movimiento | Lubricación del mecanismo hidráulico | 7 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 4 | 112 |

Tabla 12

Modos y Efectos Maquinaria Tractor

| UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA | | INGENIERIA AUTOMOTRIZ | | | | CUENCA - ECUADOR | | | |
|---|---|---|---|-----------|--|------------------|----------------------|----------------|-------------------------------------|
| MAQUINARIA: TRACTOR | | | | | | | | | |
| INSTRUMENTO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) PARA EL REDISEÑO DE UN PROCESO DE RIESGO | | | | | | | | | |
| Número de actividad | ACTIVIDAD | MODO DE FALLO | EFECTO DE FALLO | SEVERIDAD | CAUSA DEL FALLO | OCURRENCIA | CONTROL | DETECTIBILIDAD | Indice de prioridad de riesgo (IPR) |
| 1 | Mantenimiento ABC de motor | Consumo de aceite | Humo negro/contaminación | 5 | Disminución de rendimiento potencial del | 2 | Supervicion informal | 8 | 80 |
| | | Descalibración de valvulas del cabezote | Rutura en sus elementos | 8 | Mala combustión de aire/combustible | 3 | Supervicion informal | 5 | 120 |
| | | Reducción de potencia máxima | Mayor tiempo en ejecución de operación | 5 | Pérdida económica | 3 | Supervicion informal | 7 | 105 |
| | | Recalentamiento en baja potencia | Consumo de combustible | 7 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 6 | 84 |
| | | Presiones de combustible elevadas | Tiempo de inyección no correspondiente | 8 | Mala combustión de aire/combustible | 3 | Supervicion informal | 6 | 144 |
| | | Consumo de liquido refrigerante | Rotura en conexión de mangueras | 9 | Pérdida económica | 3 | Supervicion informal | 4 | 108 |
| 2 | Limpieza de respiradero de carter del motor | Mala ventilación en circulación de aceite | Desperdicio de aceite motor | 5 | Contaminación ambiental | 4 | Personal operativo | 5 | 100 |
| | | Válvula en desgaste mecánico | Consumo de combustible | 6 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 5 | 90 |
| | | Presión de empuje hacia la valvula bajo | Mala recirculación de gases | 8 | Contaminación ambiental | 3 | Personal operativo | 4 | 96 |
| 3 | Cambio de aceites y filtros | Aceite de alta viscosidad | Daño de piezas mecánicas internas del motor | 5 | Paralización de maquinaria | 4 | Supervicion informal | 3 | 60 |
| | | Filtro de aceite tapado | Mala lubricación hacia los componentes internos del motor | 8 | Contaminación ambiental | 5 | Supervicion informal | 4 | 160 |
| | | Consumo alto de aceite | Humo negro/contaminación | 5 | Contaminación ambiental | 5 | Personal operativo | 4 | 100 |
| 4 | Reparación de neumaticos | Menor adherencia con el suelo | Mayor demanda de potencia del motor | 4 | Mayor consumo de combustible | 3 | Personal operativo | 7 | 84 |
| | | Daños en el sistema de dirección | Fuga de aceite hidráulico en los cilindros de direccion | 8 | Contaminación ambiental | 2 | Personal operativo | 6 | 96 |
| | | Daños en la goma del neumatico | Desgaste mecánico en el aro | 3 | Paralización de maquinaria | 5 | Supervicion informal | 6 | 90 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|----------------------------|---|----------------------|---|-----|
| 5 | Reparación del radiador | Perdida de liquido refrigerante | Aumento de temperatura en el motor | 5 | Paralización de maquinaria | 5 | Personal operativo | 6 | 150 |
| | | Obstrucción en los conductos internos | Daños en la bomba de agua | 4 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 6 | 96 |
| 6 | Cambio de pastillas de freno | Mala fricción entre zapatas y pastillas | Daño de conjunto de elementos para el frenado | 7 | Pérdida económica | 2 | Supervicion informal | 3 | 42 |
| | | Pérdidas de aceite hidraulico por fuerza de par excedido | Daño en bomba hidraulico para frenado | 7 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 6 | 126 |
| | | Mal accionamiento en disco de freno | Daño en disco de frenado | 8 | Pérdida económica | 1 | Supervicion informal | 7 | 56 |
| | | Mal accionamiento al frenado | Daño en varilla de accionamiento al disco | 7 | Paralización de maquinaria | 2 | Supervicion informal | 3 | 42 |
| 7 | Cambio de cuchillas y esquineros de corte | Mala resistencia al impacto | Daño habitaculo de maquinaria | 5 | Pérdida económica | 4 | Personal operativo | 3 | 60 |
| | | Bajo coeficiente en dureza | Daño en prosupuesto de horas de trabajo | 5 | Pérdida económica | 5 | Personal operativo | 4 | 100 |
| | | Esquineros desafiladas | Daño en material de terreno | 3 | Pérdida económica | 5 | Supervicion informal | 5 | 75 |
| 8 | Revisión de fuga hidraulica | Baja presión en elementos hidráulicos | Daño de bomba hidráulica | 8 | Pérdida económica | 5 | Supervicion informal | 6 | 240 |
| | | Lenta ejecución del trabajo | Saturación en acoples de conexión de mangueras | 8 | Paralización de maquinaria | 3 | Supervicion informal | 6 | 144 |
| | | Derramamiento de aceite hidráulico | Daño en válvulas de descarga | 7 | Pérdida económica | 4 | Supervicion informal | 6 | 168 |
| 9 | Engrasado de la máquina | Reducir la fricción entre piezas | Daño de piezas mecánicas externas al sistema | 7 | Paralización de maquinaria | 3 | Personal operativo | 4 | 84 |
| | | Reducción de ruido | Protección de elementos que están en constante fricción | 6 | Paralización de maquinaria | 3 | Personal operativo | 6 | 108 |
| | | Facilitar el movimiento | Lubricación del mecanismo hidraulico | 4 | Paralización de maquinaria | 5 | Personal operativo | 5 | 100 |

| | | | | | | | | | |
|----|---------------------------------------|--|--|---|----------------------------|---|----------------------|---|-----|
| 10 | Cambio de eslabon y pasador de cadena | Ceja en el juego axial entre eslabon y cadena | Daño en el acondicionamiento para el uso del desgarrador | 5 | Pérdida económica | 5 | Personal operativo | 3 | 75 |
| | | Fallos en desplazamiento de la maquinaria | Crecimiento de coeficiente de aquaplaning | 5 | Pérdida económica | 5 | Personal operativo | 3 | 75 |
| | | Servotransmisión en mal estado | Bajo rendimiento de servotransmision en plena carga | 5 | Pérdida económica | 5 | Personal operativo | 4 | 100 |
| 11 | Revisión de sistema de encendido | Operación de arranque con éter en mal funcionamiento | Giro de motor no responde al encendido | 5 | Pérdida económica | 5 | Personal operativo | 6 | 150 |
| | | Tablero de información de sensores en mal estado | Información incorrecta | 5 | Pérdida económica | 5 | Personal operativo | 4 | 100 |
| | | Sistema monitor electronico (EMS) en mal estado | El EMS no advierte al operador ante algun daño | 4 | Paralización de maquinaria | 5 | Personal operativo | 3 | 60 |
| 12 | Arreglo de cuerpo de valvulas | Mala presión de ATF | Derramamiento de aceite hidraulico | 6 | Pérdida económica | 4 | Personal operativo | 5 | 120 |
| | | Solenoides actuan a destiempo | Demoras en operaciones de trabajo | 5 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 5 | 75 |
| | | Fugas de aire | Accionamientos del sistema hidraulico mal ejecutados | 5 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 4 | 40 |
| 13 | Cambio de bases de motor | Provocación de fuertes ruidos | Fuerzas excesivas | 5 | Paralización de maquinaria | 5 | Personal operativo | 4 | 100 |
| | | Cauchos de bases desgastados | Golpes en maniobres | 5 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 6 | 120 |
| | | Tambaleo del motor | Block de motor golpeado | 8 | Paralización de maquinaria | 4 | Personal operativo | 5 | 160 |
| 14 | Cambio de portacruquetas | Desfase en juego axial | Daño de elementos en junta cardan | 6 | Paralización de maquinaria | 5 | Supervicion informal | 5 | 150 |
| | | Cambios de acelearión ruidosos | Portacruquetas en mal estado | 7 | Paralización de maquinaria | 5 | Supervicion informal | 5 | 175 |
| | | Derramamiento de lubricante o engrase | Anillo de retencion y sello interno reventados | 7 | Paralización de maquinaria | 5 | Personal operativo | 5 | 175 |

| | | | | | | | | | |
|----|--|---|--|---|----------------------------|---|----------------------|---|-----|
| 15 | Mantenimiento en cárden | Corrosión en el elemento | Daños en junta cardan | 5 | Paralización de maquinaria | 4 | Supervicion informal | 3 | 60 |
| | | Holguras fuera de rango en cruceta | Cruceta produce ruido y fugas de engrase | 5 | Paralización de maquinaria | 5 | Supervicion informal | 4 | 100 |
| | | Mal giro angular en sistema de dirección | Daño en sisetma de direccion | 8 | Paralización de maquinaria | 6 | Personal operativo | 6 | 288 |
| 16 | Revisión y cambio de kit del templador de cadena | Ceja en el juego axial entre eslabon y cadena | Daño en el acondicionamiento para el uso del desgarrador | 6 | Pérdida económica | 4 | Personal operativo | 4 | 96 |
| | | Fallos en desplazamiento de la maquinaria | Crecimiento de coeficiente de aquaplaning | 5 | Pérdida económica | 3 | Personal operativo | 5 | 75 |
| | | Servotransmisión en mal estado | Bajo rendimeinto de servotransmision en plena carga | 6 | Pérdida económica | 2 | Personal operativo | 5 | 60 |

6. CAPITULO 3: INTERFAZ GRÁFICA PARA LA EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD

Como consecuente, en esta sección se redacta acerca de la creación de interfaz gráfica para la evaluación de confiabilidad, utilizando los softwares estadísticos planteados en anteriores capítulos (Excel-Risk Simulator). La interfaz del programa garantiza el cálculo para el posterior análisis de evaluación de confiabilidad en la flota de maquinaria pesada.

6.1 Instalación de recursos necesarios

En lo que conlleva a la creación de la interfaz gráfica para la evaluación de confiabilidad, se da como necesidad la instalación del software-complemento para Excel, denominado Risk Simulator.

Risk Simulator es un software simulador de riesgo basado en metodologías de distribución probabilística como Monte Carlo. Al ser un complemento para Excel garantiza un manejo accesible de historial de fallos de la empresa de maquinaria pesada.

Figura 10

Instalación de complemento necesarios

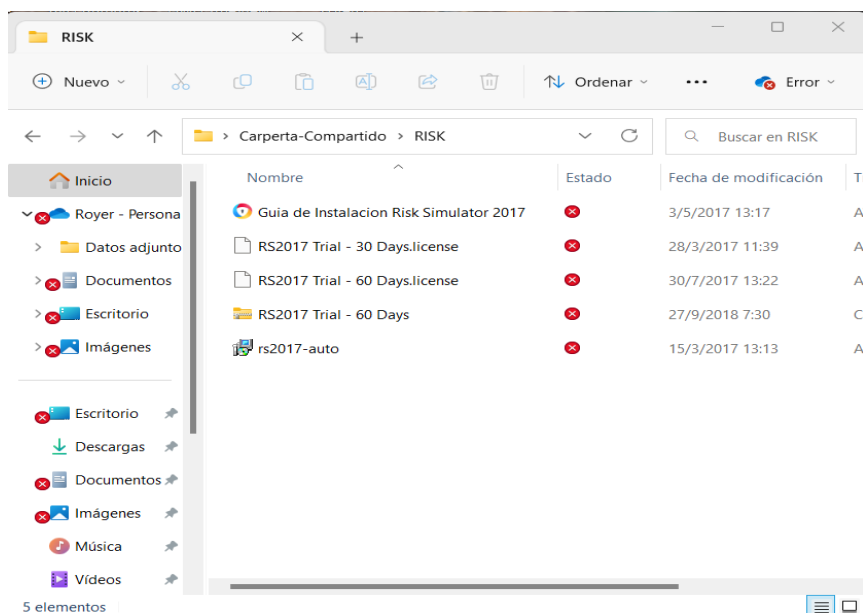


Figura 11

Verificación de licencia para Risk Simulator



6.2 Estructura de Risk Simulator

El simulador de riesgo Risk Simulator tiene una estructura basada en los siguientes módulos:

- Simulación Monte Carlo
- Pronostico (Procesos estocásticos)
- Optimización bajo incertidumbre
- Modelación y herramientas de análisis

En este caso se aplica el módulo de simulación Monte Carlo, por lo que corre simulación paramétricas y no paramétricas de 42 distribuciones de probabilidad, con diferentes perfiles de simulación y a su vez corre simulaciones con distribuciones personalizadas controladas en términos de precisión y error. (Mun, 2005)

6.3 Hipervínculos hacia la evaluación de confiabilidad en Risk Simulator

Una vez obtenido el historial de mantenimiento, los modos, efectos de falla (AMFE), mediante el cálculo de la distribución de Weibull, se obtuvieron los parámetros de forma β ,

escala η , origen γ y MTBF que son los parámetros necesarios para los supuestos de entrada en la evaluación de confiabilidad de Risk Simulator.

La creación de hipervínculo, son botones que conllevan hacia los distintos análisis que fueron necesarios para la evaluación de confiabilidad en la flota de maquinaria pesada y a su vez conlleva hacia la programación de Risk Simulator.

A continuación, en la figura 10 se demuestra el menú que abarca los botones vinculados al historial de mantenimiento, modos y efectos de falla (AMFE), a su vez hacia la evaluación de confiabilidad

Figura 12

Hipervínculos hacia la evaluación de confiabilidad en Risk Simulator

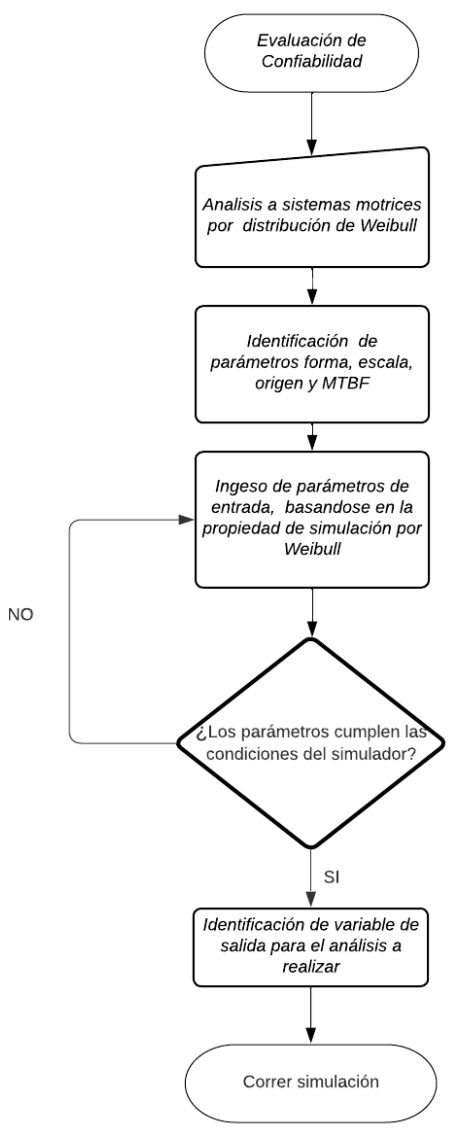


Nota: La figura representa los hipervínculos para la evaluación de confiabilidad en Risk Simulator (Autores)

6.4 Procedimiento para evaluación de confiabilidad en Risk Simulator

Figura 13

Diagrama de flujo para el proceso evaluación de confiabilidad



6.4.1 Desarrollo de análisis de los sistemas motrices mediante la distribución Weibull

En esta sección se redacta el proceso para calcular la media de tiempo de buen funcionamiento (MTBF) mediante la distribución de Weibull ya que utiliza parámetros característicos, los cuales ayudan ajustarse a una gran variedad de modelos, en otras palabras, no

se limita a calcular la confiabilidad con datos de un solo equipo, sino que generaliza y determina acoplándose al funcionamiento de los modelos diversos actuales. (Conde & Mosquera, 2022)

Para el cálculo de este proceso se realiza un análisis en cada uno de los sistemas motrices de la flota de maquinaria pesada, basándose en el historial de mantenimiento, identificando el tiempo de buen funcionamiento (TBF) en función de horas de trabajo.

Una vez identificados los números de fallos totales sucedidos en el sistema con su respectivo TBF, se procede a calcular la probabilidad de fallo $F(t)$, mediante la siguiente ecuación:

- Probabilidad de fallo $F(t)$

$$\frac{i - 0.3}{n + 0.4} \quad [8]$$

Donde:

- i = Número de fallos
- n = Número de muestra de fallos

Cuantificado la probabilidad de fallo $R(t)$, se procede a realizar los cálculos de logaritmo natural $\ln(t)$ que corresponde al eje “X” y de logaritmo natural $\ln(\ln(1/(1-F(t))))$ que corresponde al eje “Y” mediante la siguiente función de Excel: $\ln(TBF)$

Donde

- $\ln(TBF)$ = logaritmo natural de cada uno de los tiempos de buen funcionamiento

$$= \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - Ft} \right) \right] \quad [9]$$

Donde:

- $F(t)$ = Probabilidad de fallo

6.4.2 Identificación de parámetros de forma β , escala η , origen γ y MTBF

Los parámetros de la distribución de Weibull se los calcula primeramente obteniendo la función pendiente de “Excel” la cual evalúa la pendiente de la recta al ajustarla a los valores de “Y” y “X” en este caso “Y” corresponde a $\ln(\ln(1/(1-F(t))))$ y “X” a los $\ln(t)$ mediante la ecuación:

$$PENDINGENTE = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - Ft} \right) \right]; \ln(t) \quad [11]$$

Donde:

- Pendiente: Función de Excel

Obtenido la Pendiente, se procede a calcular mediante la Intersección de “Excel” la cual evalúa el término independiente de la recta al ajustar los valores de “Y” y “X” en este caso “Y” corresponde a $\ln(\ln(1/(1-F(t))))$ y “X” a los $\ln(t)$ mediante la ecuación:

$$INTERSECCIÓN. EJE = \left[\ln \left(\frac{1}{1 - Ft} \right) \right]; \ln(t) \quad [12]$$

Donde:

- Intersección. Eje= Función de Excel

Se procede a calcular “R2” mediante el Coeficiente.R2 la cual evalúa la bondad de ajuste de la recta para los valores de “Y” y “X” en este caso “Y” corresponde a $\ln(\ln(1/(1-F(t))))$ y “X” a los $\ln(t)$ mediante la ecuación:

$$COEFICIENTE. R2 = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - Ft} \right) \right]; \ln(t) \quad [13]$$

Donde:

- Coeficiente.R2= Función de Excel

Para calcular los tres parámetros de forma β , escala η origen γ y MTBF se realiza los cálculos de la siguiente manera:

En el parámetro de forma β se calcula:

$$PENDIENTE = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - Ft} \right) \right]; \ln(t) \quad [14]$$

En el parámetro de escala η se calcula:

$$EXP \left(\frac{\beta}{-Ordenada} \right) \quad [15]$$

Para el parámetro de origen γ es igual a 0, tomando en cuenta que no existe un historial de reparación hacia las máquinas y equipos. Por lo tanto, el estudio es basado bajo la distribución de Weibull de dos parámetros.

El MTBF se calcula con la ecuación 16, conocidos los valores A, η y γ se sustituye y se lleva a cabo la operación.

$$MTBF = A * \eta + \gamma \quad [16]$$

Donde

- $MTBF$ = Media de tiempo de buen funcionamiento
- A = Valores de tablas.
- η = Parámetro de escala (tiempo)
- γ =Parámetro de origen(tiempo)

6.4.3 Identificación de variable para el pronóstico de salida

Cumpliendo con el objetivo de este proyecto técnico se realiza el análisis de evaluación de confiabilidad. Por ende, la variable de pronóstico de salida para Risk Simulator es la confiabilidad $R(t)$, la cual está en función del MTBF. La simulación está derivada por un intervalo de tiempo guiada por los TBF de cada sistema motriz. El intervalo de tiempo garantiza el cálculo del $R(t)$ de todo el sistema motriz que se va a analizar.

Ecuación para el cálculo de la confiabilidad $R(t)$ con un intervalo de tiempo en función del MTBF:

$$R(t) = 1 - [R(t_0) - R(t_1)]$$

$$R(t) = 1 - \left[e^{-\left(\frac{t_0 - \gamma}{MTBF/A}\right)^\beta} - e^{-\left(\frac{t_1 - \gamma}{MTBF/A}\right)^\beta} \right] \quad [17]$$

Donde:

- $R(t)$ = Funcion de confiabilidad
- t_0 = Instante de inicio de tiempo de análisis
- t_1 = Instante final de tiempo de análisis
- $MTBF$ =Media de tiempo de buen funcionamiento
- A = Valores de tablas.
- η = Parámetro de escala (tiempo)
- β =Parámetro de forma (adimensional)
- γ =Parámetro de origen(tiempo)

Si $\gamma=0$ entonces la formula pasa a ser de 2 parámetros.(McCOOL, 2012)

7. CAPITULO 4: PROPUESTAS PARA LAS MEJORAS A LA FLOTA DE TRANSPORTE TIPO MAQUINARIA PESADA EN BASE A LA SIMULACIÓN DEL MÉTODO MONTE CARLO

Luego de haber realizado el cálculo de los MTBF en todos los sistemas motrices de los equipos de la flota de maquinaria pesada y definido los supuestos de entrada y salida para el Risk Simulator. En este apartado se procede a redactar los resultados acerca de la simulación Monte Carlo y el análisis respectivo en cada sistema motriz de la evaluación de confiabilidad. Para finalizar se enlista propuestas para mejoras en base al análisis.

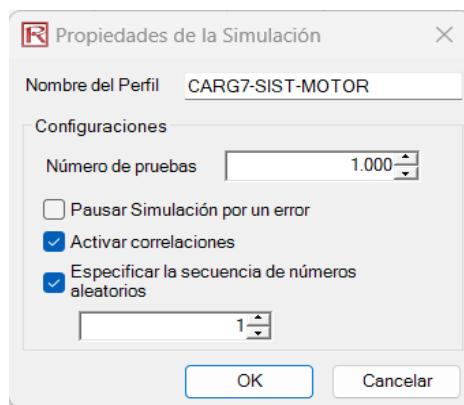
7.1 Proceso para simulación de riesgo Monte Carlo-Risk

7.1.1 Creación del nuevo perfil

Para la creación del nuevo perfil se establece un nombre y la cantidad máxima de secuencia de números aleatorios que el programa puede ofrecer. Hacia el intervalo de 999999 y la cantidad de pruebas que se decreta es de $N= 1000$.

Figura 14

Creación del nuevo perfil



7.1.2 Establecer los supuestos de entrada y Pronostico de salida

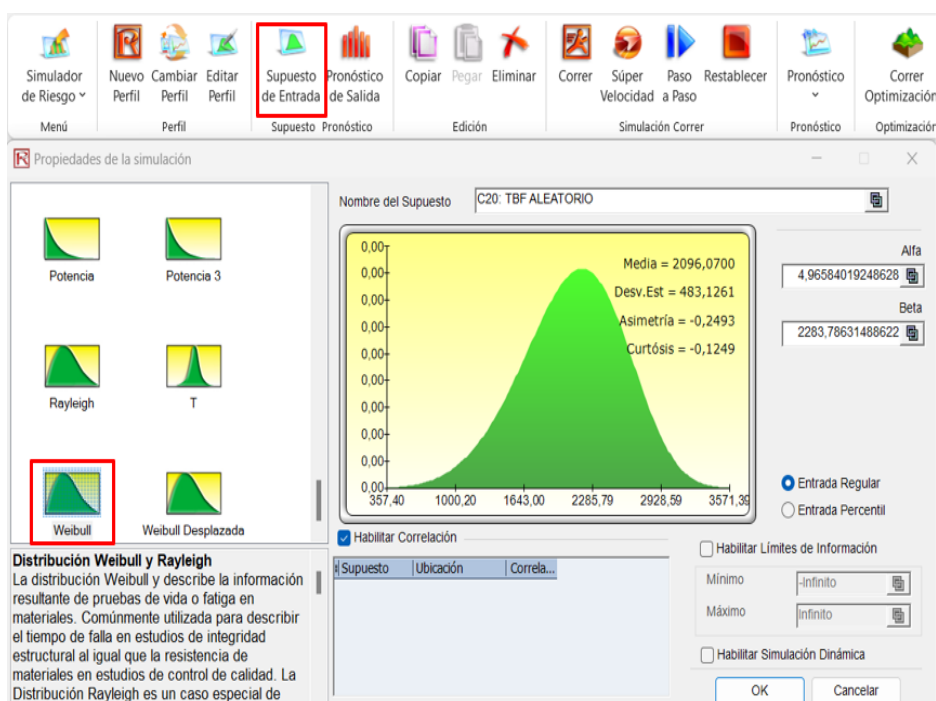
Se establece los supuestos de entrada, donde se ha tomado como referencia el MTBF del sistema motriz, antes de aquello, para la evaluación de confiabilidad se debe seleccionar la

propiedad de distribución de Weibull, como se muestra en la figura 14. Luego se debe seleccionar la celda para el nombre del Supuesto. Para finalizar se selecciona la celda para las variables o supuestos de entrada denominadas Alfa y Beta. Los supuestos de entrada deben cumplir los siguientes requisitos:

- El parámetro de forma β debe ser mayor a 0.5.
- El parámetro de escala η deber ser mayor a 0 y puede tomar cualquier valor positivo.

Figura 15

Selección de la propiedad distribución Weibull



En la tabla 13 se muestran los parámetros de Weibull calculados, el tiempo medio de buen funcionamiento, los datos para la simulación en Risk Simulator

Tabla 13

Cálculo de parámetros, MTBF y pronósticos de entrada y salida

| Cálculo MTBF CARGADORA 7 | | | | | | |
|---|------|-------------|-------------|--------------------|-----------|------------------------|
| SISTEMA MOTOR ANALISIS 2018-19 | | | | | | |
| FALLO | TBF | F(t) | ln | ln(ln(1/(1-F(t)))) | PENDIENTE | |
| 1 | 1750 | 0,12962963 | 7,46737107 | -1,974458694 | ORDENADA | 4,9658402 -38,40377 |
| 2 | 1750 | 0,314814815 | 7,46737107 | -0,972686141 | R2 | 0,8317598 |
| 3 | 2000 | 0,5 | 7,60090246 | -0,366512921 | β | 4,9658402 |
| 4 | 2250 | 0,685185185 | 7,7186855 | 0,144767396 | η | 2283,7863 |
| 5 | 2750 | 0,87037037 | 7,91935619 | 0,714455486 | A | 0,9178048 |
| SIMULACIÓN RISK CARGADORA 7 SISTEMA MOTOR | | | | | B | 0,2115461 |
| TBF | | | 2096,07 | MTBF | | 2096,07 |
| T0 | | | 150 | σ | | 483,12614 |
| T1 | | | 2500 | | | |
| R(t) Calculado | | | 0,208662712 | | | |

Cabe destacar, que para la simulación en lo que respecta en este proceso de definición de supuestos de entrada, se debe considerar lo siguiente:

- El supuesto de entrada Alfa debe ser considerado como el parámetro de forma β , que está calculado en la tabla 13. A razón de cumplir con la condición predispuesta.
- El supuesto de entrada Beta debe ser considerado como el parámetro de escala η , que está calculado en la tabla 13. A razón de cumplir con la condición predispuesta.

Una vez establecido los supuestos de entrada se procede a plantear como pronóstico de salida el indicador de confiabilidad $R(t)$, como se señala en la figura 16

Figura 16

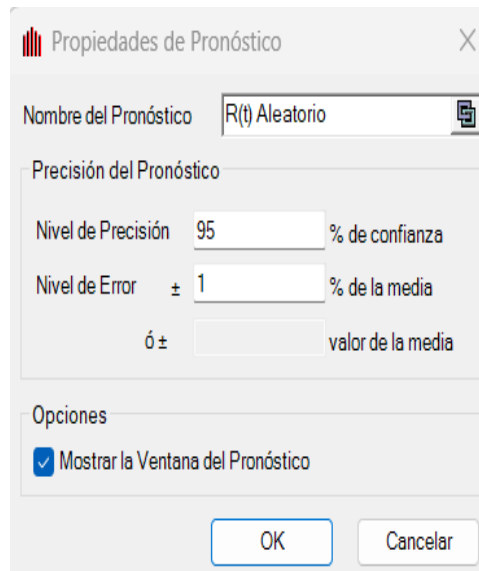
Pronóstico de salida confiabilidad $R(t)$

| Cálculo MTBF CARGADORA 7 | | | | | | |
|---|------|-------------|-------------|--------------------|-----------|------------------------|
| SISTEMA MOTOR ANALISIS 2018-19 | | | | | | |
| FALLO | TBF | F(t) | ln | ln(ln(1/(1-F(t)))) | PENDIENTE | |
| 1 | 1750 | 0,12962963 | 7,46737107 | -1,974458694 | ORDENADA | 4,9658402 -38,40377 |
| 2 | 1750 | 0,314814815 | 7,46737107 | -0,972686141 | R2 | 0,8317598 |
| 3 | 2000 | 0,5 | 7,60090246 | -0,366512921 | β | 4,9658402 |
| 4 | 2250 | 0,685185185 | 7,7186855 | 0,144767396 | η | 2283,7863 |
| 5 | 2750 | 0,87037037 | 7,91935619 | 0,714455486 | A | 0,9178048 |
| SIMULACIÓN RISK CARGADORA 7 SISTEMA MOTOR | | | | | B | 0,2115461 |
| TBF | | | 2096,07 | MTBF | | 2096,07 |
| T0 | | | 150 | σ | | 483,12614 |
| T1 | | | 2500 | | | |
| R(t) Calculado | | | 0,208662712 | | | |

Una vez establecido el pronóstico de salida se propone un nivel de Precisión de confianza del 95%, con un nivel de error de la media de 1%, como se puede observar en la figura 17.

Figura 17

Pronósticos de salida



Propiedades de Pronóstico

Nombre del Pronóstico: R(t) Aleatorio

Precisión del Pronóstico

Nivel de Precisión: 95 % de confianza

Nivel de Error: ± 1 % de la media

ó ± valor de la media

Opciones

Mostrar la Ventana del Pronóstico

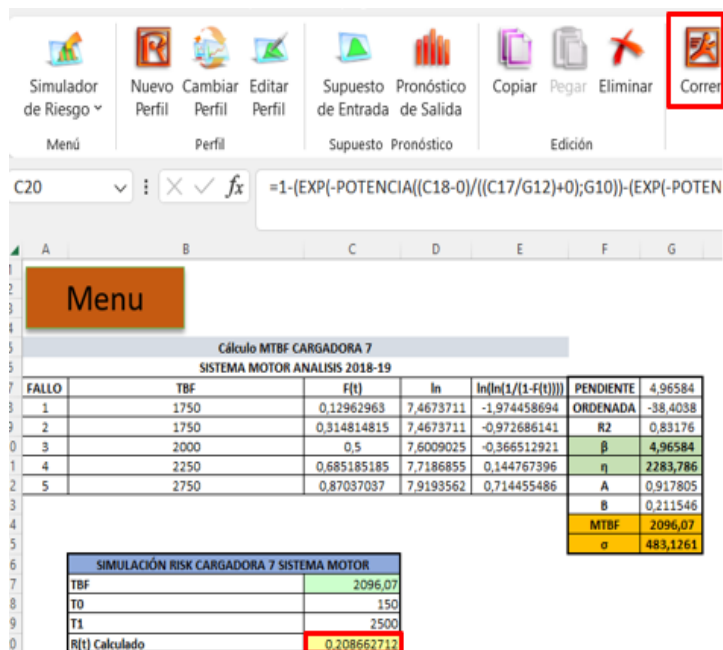
OK Cancelar

7.1.3 Simulación de perfil creado

Una vez que se define el nombre del perfil para la evaluación de confiabilidad, los supuestos de entrada y pronóstico de salida. Se procede a realizar la simulación en base al perfil creado. Para ello se debe identificar la celda de la variable de salida y el botón correr.

Figura 18

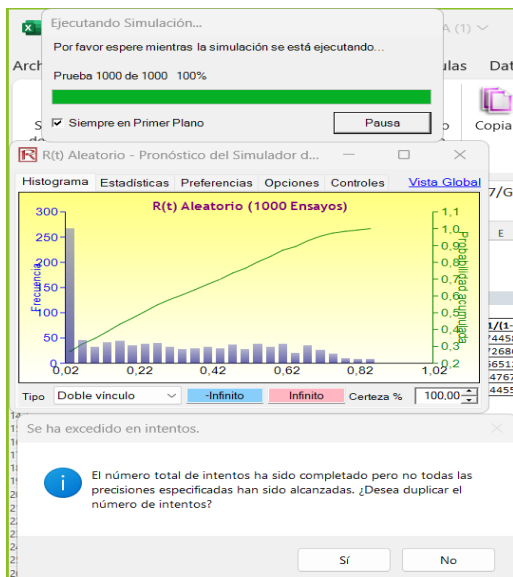
Identificación de variable de salida y el botón correr de Risk Simulator



Para finalizar, la simulación realiza un ensayo con 1000 pruebas, donde se visualizará el proceso de la simulación y la gráfica del histograma. Para la lectura de resultados se selecciona el botón de vista global, como se observa en la figura 19

Figura 19

Proceso de simulación



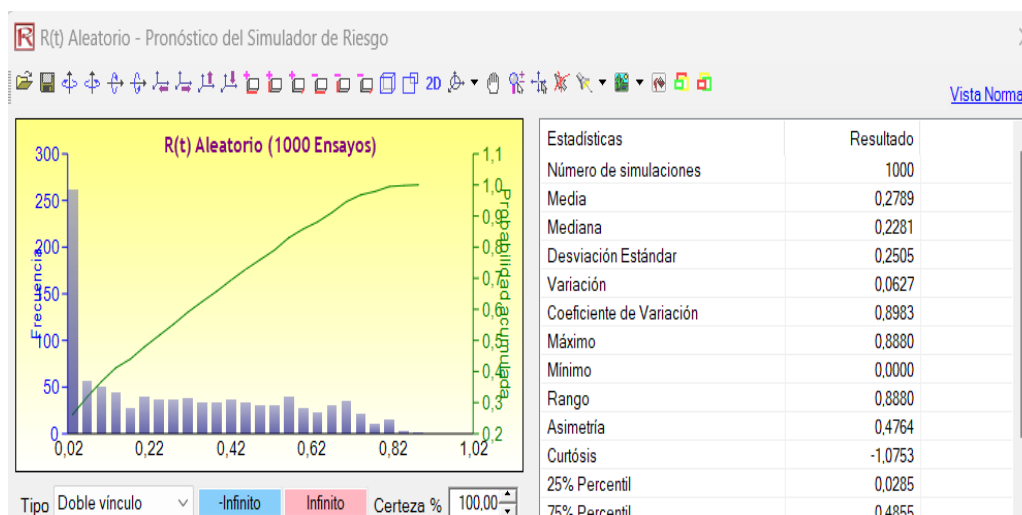
7.2 Análisis del sistema motriz más crítico de un equipo perteneciente a la flota de maquinaria pesada

7.2.1 Cargadora 7 Komatsu W-90-2

Después de establecer los supuestos de entrada y pronósticos de salida se evalúa los resultados de la simulación en los histogramas que se obtiene del software Risk Simulator. La evaluación de confiabilidad está basada para simular durante los intervalos de tiempo $t_0=150$ horas y $t_1=2500$ horas y un $MTBF=2096,07$ horas. Dicha evaluación es analizada en el sistema de motor, basándose en el estudio mediante la matriz AMFE y el resultado del IPR que define el nivel de riesgo mayor a comparación de otros sistemas. La razón del planteamiento del intervalo de tiempo es por el historial de mantenimiento, este análisis se lo realiza durante los periodos 2018 y 2019.

Figura 20

Resultados de la simulación de perfil sistema motor Cargadora 7



En la figura 20 se observa el resultado de la evaluación de confiabilidad. De lo cual se interpreta que la línea de probabilidad acumulada resulta convergente hacia la variable de estudio. Los datos con la cantidad de interacciones programadas $N=1000$, la confiabilidad toma cantidades

distintas con una media de 27,89% y una mediana de 22.81%, se corrobora mediante la confiabilidad $R(t)$ calculado es igual 20,86%.

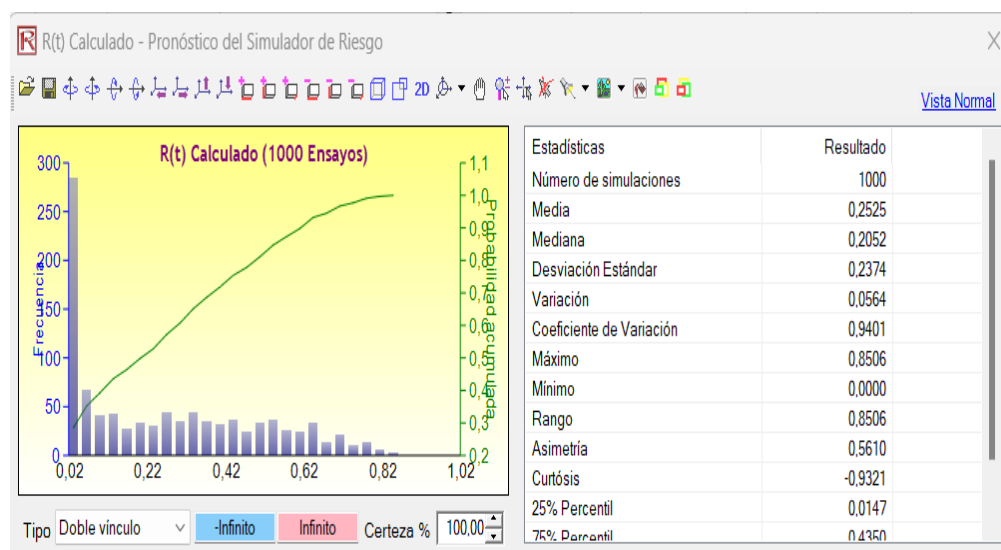
La evaluación realizada en el sistema motor de las cargadoras tiene como resultado una confiabilidad baja y se interpreta que en el intervalo de tiempo evaluado se tendrá al menos un fallo en el sistema

7.2.2 Excavadora 4 Komatsu PC-200LC-8.

Después de establecer los supuestos de entrada y pronósticos de salida se evalúa los resultados de la simulación en los histogramas que se obtiene de la herramienta Risk Simulator. La evaluación de confiabilidad está basada para simular durante los intervalos de tiempo $t_0=500$ horas y $t_1=15210$ horas y un $MTBF=14509,70$ horas. Dicha evaluación es analizada en el sistema de hidráulico, basándose en el estudio mediante la matriz AMFE y el resultado del IPR que define el nivel de riesgo mayor a comparación de otros sistemas. La razón del planteamiento del intervalo de tiempo es por el historial de mantenimiento, este análisis se lo realiza durante los periodos 2018 y 2019.

Figura 21

Resultados de la simulación de perfil sistema Hidráulico Excavadora 4



En la figura 21 se observa el resultado de la evaluación de confiabilidad. De lo cual se interpreta que la línea de probabilidad acumulada resulta convergente hacia la variable de estudio. Los datos con la cantidad de interacciones programadas $N=1000$, la confiabilidad toma cantidades distintas con una media de 25,25% y una mediana de 20.52%, se corrobora mediante la confiabilidad $R(t)$ calculado es igual 13,45%.

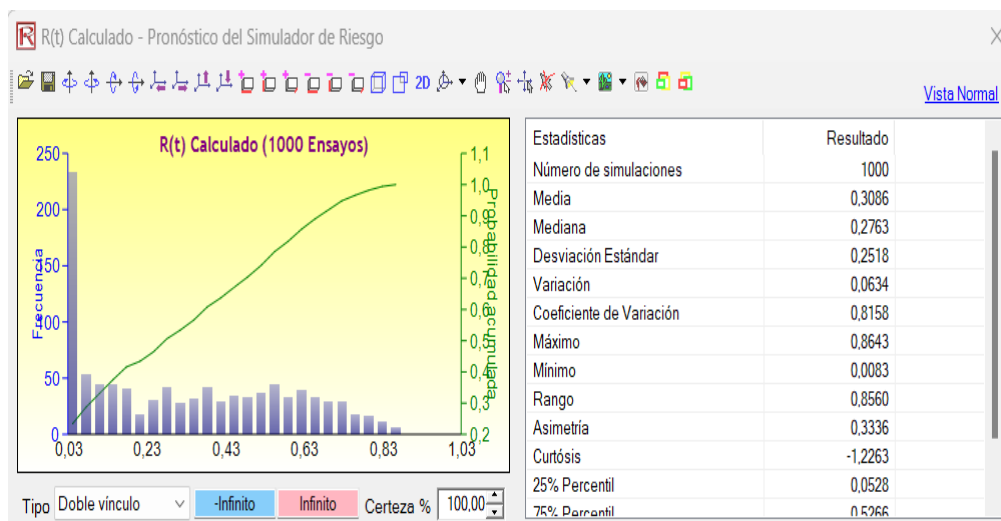
La evaluación realizada en el sistema hidráulico de las excavadoras tiene como resultado una confiabilidad baja y se interpreta que en el intervalo de tiempo evaluado se tendrá al menos un fallo en el sistema

7.2.3 Motoniveladora 10 John Deere 670-C

Después de establecer los supuestos de entrada y pronósticos de salida se evalúa los resultados de la simulación en los histogramas que se obtiene de la herramienta Risk Simulator. La evaluación de confiabilidad está basada para simular durante los intervalos de tiempo $t_0=150$ horas y $t_1=2500$ horas y un $MTBF=2035,76$ horas. Dicha evaluación es analizada en el sistema de hidráulico, basándose en el estudio mediante la matriz AMFE y el resultado del IPR que define el nivel de riesgo mayor a comparación de otros sistemas. La razón del planteamiento del intervalo de tiempo es por el historial de mantenimiento, este análisis se lo realiza durante los periodos 2018 y 2019.

Figura 22

Resultados de la simulación de perfil sistema Hidráulico Motoniveladora 10



En la figura 21 se observa el resultado de la evaluación de confiabilidad. De lo cual se interpreta que la línea de probabilidad acumulada resulta convergente hacia la variable de estudio. Los datos con la cantidad de interacciones programadas $N=1000$, la confiabilidad toma cantidades distintas con una media de 30,86% y una mediana de 27,63%, se corrobora mediante la confiabilidad $R(t)$ calculado es igual 29,34%.

La evaluación realizada en el sistema hidráulico de las motoniveladoras tiene como resultado una confiabilidad baja y se interpreta que en el intervalo de tiempo evaluado se tendrá al menos un fallo en el sistema.

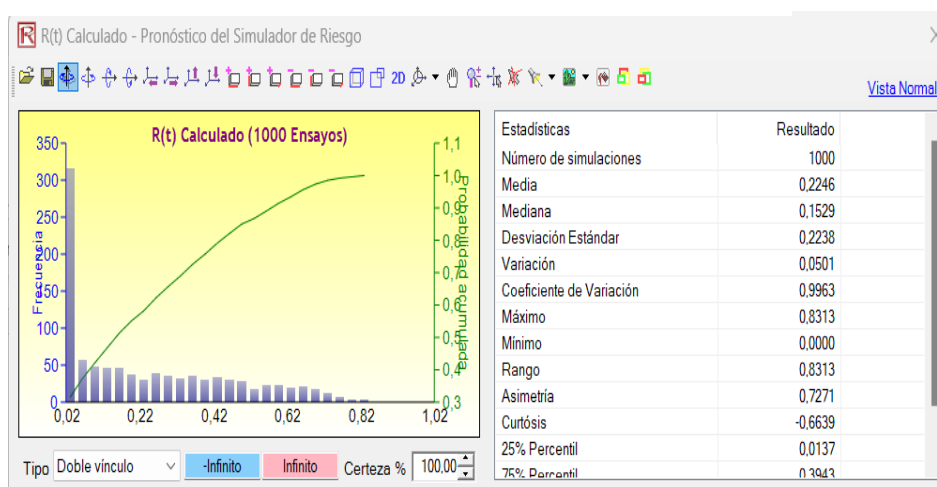
7.2.4 Retroexcavadora 6 Komatsu WB-146-5

Después de establecer los supuestos de entrada y pronósticos de salida se evalúa los resultados de la simulación en los histogramas que se obtiene de la herramienta Risk Simulator. La evaluación de confiabilidad está basada para simular durante los intervalos de tiempo $t_0=750$ horas y $t_1=10500$ horas y un $MTBF=9772.69$ horas. Dicha evaluación es analizada en el sistema

de motor, basándose en el estudio mediante la matriz AMFE y el resultado del IPR que define el nivel de riesgo mayor a comparación de otros sistemas. La razón del planteamiento del intervalo de tiempo es por el historial de mantenimiento, este análisis se lo realiza durante los periodos 2018 y 2019.

Figura 23

Resultados de la simulación de perfil sistema Motor Retroexcavadora 6



En la figura 22 se observa el resultado de la evaluación de confiabilidad. De lo cual se interpreta que la línea de probabilidad acumulada resulta convergente hacia la variable de estudio. Los datos con la cantidad de interacciones programadas $N=1000$, la confiabilidad toma cantidades distintas con una media de 22,46% y una mediana de 15,29%, se corrobora mediante la confiabilidad $R(t)$ calculado es igual 10,95%.

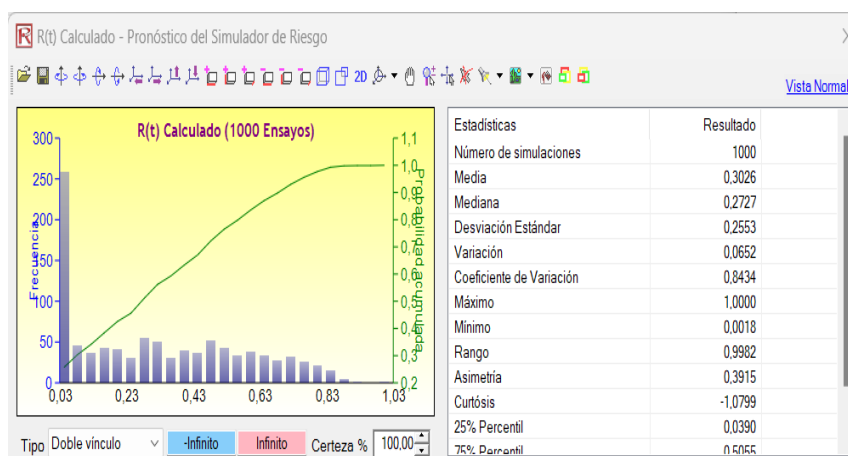
La evaluación realizada en el sistema de motor de las retroexcavadoras tiene como resultado una confiabilidad baja y se interpreta que en el intervalo de tiempo evaluado se tendrá al menos un fallo en el sistema.

7.2.5 Rodillo 14 Ingresoll Rand SD-100D B.

Después de establecer los supuestos de entrada y pronósticos de salida se evalúa los resultados de la simulación en los histogramas que se obtiene de la herramienta Risk Simulator. La evaluación de confiabilidad está basada para simular durante los intervalos de tiempo $t_0=50$ horas y $t_1=6000$ horas y un $MTBF=5039,31$ horas. Dicha evaluación es analizada en el sistema hidráulico, basándose en el estudio mediante la matriz AMFE y el resultado del IPR que define el nivel de riesgo mayor a comparación de otros sistemas. La razón del planteamiento del intervalo de tiempo es por el historial de mantenimiento, este análisis se lo realiza durante los periodos 2018 y 2019.

Figura 24

Resultados de la simulación de perfil sistema Hidráulico Rodillo 14



En la figura 23 se observa el resultado de la evaluación de confiabilidad. De lo cual se interpreta que la línea de probabilidad acumulada resulta convergente hacia la variable de estudio. Los datos con la cantidad de interacciones programadas $N=1000$, la confiabilidad toma cantidades distintas con una media de 30,26% y una mediana de 27,27%, se corrobora mediante la confiabilidad $R(t)$ calculado es igual 33,03%.

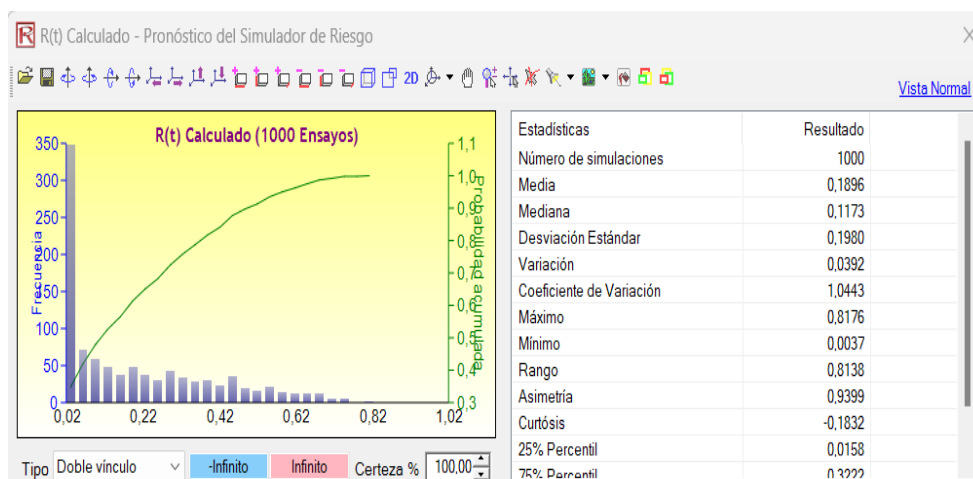
La evaluación realizada en el sistema hidráulico de los rodillos tiene como resultado una confiabilidad baja y se interpreta que en el intervalo de tiempo evaluado se tendrá al menos un fallo en el sistema.

7.2.6 Tractor 14 Caterpillar D7G

Después de establecer los supuestos de entrada y pronósticos de salida se evalúa los resultados de la simulación en los histogramas que se obtiene de la herramienta Risk Simulator. La evaluación de confiabilidad está basada para simular durante los intervalos de tiempo $t_0=50$ horas y $t_1=1382$ horas y un $MTBF=891,22$ horas. Dicha evaluación es analizada en el sistema hidráulico, basándose en el estudio mediante la matriz AMFE y el resultado del IPR que define el nivel de riesgo mayor a comparación de otros sistemas. La razón del planteamiento del intervalo de tiempo es por el historial de mantenimiento, este análisis se lo realiza durante los periodos 2018 y 2019.

Figura 25

Resultados de la simulación de perfil sistema Hidráulico Tractor 14



En la figura 24 se observa el resultado de la evaluación de confiabilidad. De lo cual se interpreta que la línea de probabilidad acumulada resulta convergente hacia la variable de estudio.

Los datos con la cantidad de interacciones programadas $N=1000$, la confiabilidad toma cantidades distintas con una media de 18,96% y una mediana de 11,73%, se corrobora mediante la confiabilidad $R(t)$ calculado es igual 12,30%.

La evaluación realizada en el sistema hidráulico de los tractores tiene como resultado una confiabilidad baja y se interpreta que en el intervalo de tiempo evaluado se tendrá al menos un fallo en el sistema.

7.3 Propuestas para mejoras en base al análisis evaluativo de confiabilidad

Luego de evaluar y analizar las simulaciones de confiabilidad mediante el método Monte Carlo en los sistemas motrices con mayor IPR de los equipos que conforman la flota de maquinaria pesada, en esta sección se enlista propuestas de mejoras generales para el desarrollo eficaz, logrando un mayor porcentaje de confiabilidad y un menor IPR en los sistemas motrices.

- Las evaluaciones de confiabilidad mediante la simulación Monte Carlo, en primera instancia se obtuvo como resultado un porcentaje bajo de confiabilidad, a consecuencia de un IPR alto en cada sistema motriz. Para disminuir el nivel de riesgo y tener un porcentaje de confiabilidad óptimo, se propone mejorar el plan de mantenimiento, transfiriéndose hacia un plan de mantenimiento específico y a corto plazo, efectuándose conjuntamente entre técnico y operario. Donde el operador tenga capacitaciones sobre los mantenimientos que pueda ejecutar en base a sus conocimientos adquiridos
- En el análisis de los tiempos de funcionamiento muestran las distintas actividades de mantenimiento de las maquinarias realizadas durante los periodos 2018-2019 donde no se tiene una toma de datos correctos respecto al mantenimiento realizado, se propone mejorar la recolección de datos de manera minuciosa ya que un análisis

de confiabilidad de las maquinarias se necesita de toda la información documentada que se pueda obtener, para que así los análisis de confiabilidad que se simulen mediante el método de Monte Carlo sean más certeros a la realidad de funcionamiento de las maquinarias. De tal manera que se logre determinar un mejor análisis sobre la confiabilidad de los sistemas motrices. También se debe aprovechar de la experiencia del personal técnico, porque al operar a diario con estas maquinarias pueden brindar con mucha información acerca de las mismas.

- Con la aplicación de la metodología AMFE se identifica los modos y efectos de fallos en las actividades específicas de los mantenimientos realizadas, definiendo el nivel de riesgo a través de la evaluación del IPR. Donde se evidenció que el sistema hidráulico y motor presentan un índice de riesgo alto. Se propone al departamento técnico un nuevo plan de mantenimiento bajo órdenes específicas en función de las horas de trabajo de la maquinaria y se referencia el MTBF como un valor límite al que se debe realizar el mantenimiento, independientemente del sistema. Garantizando que el nivel de confiabilidad este dentro del margen técnico y lógico.

8 CONCLUSIONES

Luego de realizar el modelado de confiabilidad en una flota de transporte de maquinaria pesada aplicando el método Monte Carlo con el complemento de Risk-Simulator, se efectuó mediante la revisión del estado de arte en diferentes fuentes bibliográficas, repositorios universitarios, artículos y páginas web. De las cuales se destaca el análisis de modos y efectos de falla (AMFE) que fue de importancia para el desarrollo de la simulación, así como las conceptualizaciones de metodología Monte Carlo y Risk-Simulator

Como se señala, en la revisión del estado de arte fue de importancia la interpretación del análisis de modos y efectos de falla (AMFE), donde mediante el historial de mantenimiento que fue otorgado por la empresa, se realizó el análisis respectivo referente a las horas de trabajo antes de una falla o mantenimiento con lo cual se estableció los modos y efectos de fallo hacia cada , se optó por realizar un análisis individual en cada equipo que está conformada por: cargadoras, tractores, motoniveladoras, retroexcavadoras, excavadoras y rodillos.

A partir del análisis de modos y efecto de falla en cada equipo, se obtuvieron los siguientes resultados que se detallan a continuación : para la evaluación de confiabilidad en la Cargadora 7 Komatsu, se realizó en el sistema motor bajo intervalos de tiempo $t_0=150$ horas a $t_1=2500$ horas y un $MTBF=2096,07$ horas, donde se obtuvo una media de 27.89%, una mediana de 22.81%.

Para la Excavadora 4 Komatsu PC 200LC-8 se evaluó el nivel de confiabilidad analizando en el sistema hidráulico bajo intervalos de tiempo $t_0=500$ horas y $t_1=15210$ horas y un $MTBF=14509,70$ horas, donde se obtuvo una media de 25.25% y una mediana de 20.52%.

En la Motoniveladora 10 John Deere 670-C se evaluó el nivel de confiabilidad su sistema hidráulico bajo intervalos de tiempo $t_0=150$ horas a $t_1=2500$ horas y un $MTBF=2035,76$ horas, como resultado se obtuvo una media de 30,86% y una mediana de 27,63%.

Para la evaluación de confiabilidad en la Retroexcavadora 6 Komatsu WB-146-5 se analizó en el sistema de motor con intervalos de tiempo $t_0=750$ horas y $t_1=10500$ horas y un $MTBF=9772,69$ horas, donde se obtuvieron resultados una media de 22,46% y una mediana de 15,29%.

Para la evaluación de confiabilidad del Rodillo 14 Ingersoll Rand SD-100D B se realizó en su sistema hidráulico bajo intervalos de tiempo $t_0=50$ horas y $t_1=6000$ horas y un $MTBF=5039,31$ horas, donde se obtuvo una media de 30,26% y una mediana de 27,27%.

Para la evaluación de confiabilidad en el Tractor 14 Caterpillar D7G se analizó en el sistema hidráulico bajo intervalos de tiempo $t_0=50$ horas y $t_1=1382$ horas y un $MTBF=891,22$ horas, como resultados se obtuvieron una media de 18,96% y una mediana de 11,73%.

Como antecede a la simulación, se realizó la identificación de las actividades específicas de mantenimiento en cada maquinaria, consecuentemente se calculó el índice de prioridad de riesgo (IPR) mediante el análisis de modos y efectos de falla (AMFE). El valor del IPR está definido dentro de rangos menores a 100. De lo cual los sistemas hidráulicos y motor exceden a este valor definido, dándose 120 y 150 respectivamente.

Para el proceso de simulación fue necesario crear una interfaz gráfica, programada para vincular directamente con el complemento de Risk-Simulator. Esto beneficia para al estudio de la confiabilidad en los sistemas de las maquinarias, con respecto a cada uno de los modos y efectos de fallo (AMFE) establecidos, con esta interfaz se puede determinar cuáles son los sistemas que presentan un indicador de confiabilidad bajo.

En cuanto a las propuestas de mejoras, se analizó respecto a la simulación de confiabilidad, del cual el punto mas importante para mejorar los sistemas con menor indicador de confiabilidad porcentual son los hidráulicos y de motor. La propuesta principal es basada al criterio técnico de los autores que consiste en implementar un departamento mecánico especializado en flotas de maquinaria pesada que efectúen un nuevo plan de mantenimiento y bajo los resultados de la simulación de la metodología Monte Carlo.

9 RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa la implementación del Software elaborado, ya que está diseñado para el cálculo de cualquier tipo de maquinaria y así se mantengan en perfectas condiciones de trabajo, disponibilidad en cualquier momento y sobre todo para evitar paradas inesperadas

Para un análisis y evaluación de confiabilidad con un menor rango de error, se recomienda tener un programa especializado en la toma de datos, por lo que se hace muy indispensable al momento de realizar la simulación por la metodología Monte Carlo.

Bajo el interés de la empresa de flota de maquinaria pesada que sus equipos tengan un menor tiempo de paralización o falla, se recomienda la ejecución de un departamento de servicio técnico, que se incorpore a un ingeniero especializado en maquinaria pesada, con un equipo de trabajo netamente comprometido con el objetivo.

En la simulación de modelado de confiabilidad para la empresa de flota de maquinaria pesada crea una expectativa de tratar que los equipos y/o maquinarias mejoren y que tengan las mínimas paralizaciones de trabajo. Para lograr aquello se recomienda en base a la evaluación de confiabilidad realizar mejoras en el plan de mantenimiento y otorgando tareas apropiadas hacia el operador.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudo, S., & Ortiz, A. (2022). Propuesta de indicadores económicos para la gestión de mantenimiento de flotas de transporte considerando la metodología LCC. 125.
- Aguilar. (2010). Empleando criterios de riesgo y confiabilidad. 25(1), 13.
- Bestratén, M., & Orriols, R. (2004). Análisis modal de fallos y efectos. AMFEC. 8.
- Conde, A. A., & Mosquera, C. A. (2022). Desarrollo de una herramienta informática para el estudio de la confiabilidad en flotas de transporte basado en el método de Weibull. 16, 90.
- Hoyos, J. J. M., & Restrepo, M. C. R. (2011). RISK IT COMO COMPLEMENTO A LA GESTIÓN DE RIESGOS EN COMPAÑÍAS DE LA INDUSTRIA DE SOFTWARE. 101.
- Janeth, E., Jiménez, S., Alexander, W., & Castro, A. (2016). SIMULACIÓN MONTE CARLO: ANÁLISIS DE UNA HERRAMIENTA PARA LA PROYECCIÓN DEL ESTADO DE RESULTADOS. UN ESTUDIO DE CASO. 17.
- Maldonado, H., & Sigüenza, L. (2012). Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo. 173.
- Manuel Bestratén & Rosa Orriols. (s. f.). NTP 679. Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. 8.
- McCOOL, J. (2012). Using the Weibull Distribution Reability, Modeling, and Inference. John Wiley & Sons, Inc.
- Mora, L. (2008). Luis Aníbal Mora García—PDF Free Download. <https://docplayer.es/25800992-Luis-anibal-mora-garcia.html>
- Mora, L. (2009). MANTENIMIENTO Planeación, ejecución y control (Primera edición). Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México. https://www.academia.edu/37071909/Libro_Mantenimiento_Alberto_Mora_1ed_1_

- Mun, J. (2005). Simulador de riesgo. Real Options Valuation.
<https://rovdnloads.com/attachments/rsmanual-spanish.pdf>
- Palencia, I. O. G. (2006). La Confiabilidad Humana en la Gestión del Mantenimiento. 16.
- Swain, A. D., & Guttman, H. E. (1983). Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications. Final report (NUREG/CR-1278; SAND-80-0200). Sandia National Labs., Albuquerque, NM (USA). <https://doi.org/10.2172/5752058>
- Larrea, E. J. (Enero de 2006). Guía para la Gestión del Combustible en las flotas de transporte por Carretera. Obtenido de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10232_Guia_gestion_combustible_flotas_carretera_06_32bad0b7.pdf
- Rivera, N. R. (2020). Obtenido de <file:///C:/Users/andre/Downloads/Maestr%C3%ADa%20D.M.%2015-%20Poaquiza%20Rivera%20Nelson%20Rodrigo.pdf>

11. ANEXOS

Tabla 14

Historial de mantenimiento Cargadora 7

| EQUIPO | CARGADORA 7 | KOMATSU W90-2 |
|------------|------------------|--|
| FECHA | HORAS DE TRABAJO | MANTENIMIENTO REALIZADO |
| 24/1/2017 | 1250 | REVISION DE FUGA DE ACEITE POR GATOS HIDRAULICOS |
| 8/6/2017 | 1250 | CAMBIO DE 2 BATERIAS |
| 28/8/2017 | 1250 | CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS |
| 29/8/2017 | 1250 | ABC MOTOR |
| 4/9/2017 | 1250 | CAMBIO DE BOMBA DE AGUA, REPARACION DE CILINDRAS DE LA DIRECCION, CORRECCION DE FUGAS DE ACEITE |
| 4/9/2017 | 1250 | REVISION DE MOTOR DE ARRANQUE |
| 4/9/2017 | 1250 | CONSTRUCCION DE 2 MANGUERAS HIDRAULICAS |
| 4/9/2017 | 1250 | REVISION DE FUGA DE ACEITE TRANSMISION |
| 29/11/2017 | 1500 | CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS |
| 29/11/2017 | 1500 | ABC MOTOR |
| 11/1/2018 | 1500 | REVISION DE MOTOR DE ARRANQUE |
| 11/1/2018 | 1500 | REVISION DE MOTOR DE ARRANQUE |
| 5/2/2018 | 1750 | CAMBIO DE ACEITE MOTOR, TRANSMISION, HIDRAULICO, DIFERENCIAL Y FILTROS |
| 5/2/2018 | 1750 | REPARACION DE FUGA DE ACEITE DE BOMBA DE DIRECCION DERECHA Y FUGA DE ACEITE DE BOMBA AUXILIAR DE CONVERTIDOR |
| 5/2/2018 | 1750 | ABC MOTOR |
| 11/4/2018 | 2000 | CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS |
| 11/4/2018 | 2000 | ABC MOTOR |
| 17/5/2018 | 2000 | REPARACION DE RADIADOR |
| 17/5/2018 | 2000 | INSTALACION DE AMPERIMETRO, REVISION DE TROMPO DE TEMPERATURA |
| 17/5/2018 | 2000 | CONSTRUCCION DE MANGUERA HIDRAULICA |
| 13/6/2018 | 2000 | REVISION DE FUGAS DE ACEITE, CAMBIO DE FILTROS DE ACEITE Y AIRE |
| 27/6/2018 | 2250 | CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS |
| 27/6/2018 | 2250 | ABC MOTOR |
| 28/8/2018 | 2250 | REPARACION DE BOMBA DE INYECCION |
| 28/8/2018 | 2250 | CONSTRUCCION DE MANGUERA HIDRAULICA |
| 28/8/2018 | 2250 | CONSTRUCCION DE AMARRE DE LA BOMBA DE INYECCION |
| 5/9/2018 | 2500 | CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS |
| 3/10/2018 | 2500 | CONSTRUCCION DE AMARRE DE LA BOMBA DE INYECCION |
| 30/10/2018 | 2500 | REVISION DE MANGUERA HIDRAULICA |
| 30/10/2018 | 2500 | CONSTRUCCION DE MANGUERA HIDRAULICA |
| 1/4/2019 | 2750 | CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO MOTOR, CAMBIO DE BASE Y UÑA CUCHARON |
| 5/7/2019 | | MOTOR DE ARRANQUE 24V, USO DE SILICÓN |
| 8/7/2019 | | CAMBIO FILTRO DE ACEITE, USO DE PERNOS, TUERCAS, WAYPE |
| 10/7/2019 | | REPARACIÓN DE PUNTAS, USO DE PERNO, PIEDRA DE DESBASTE, PIEDRA DE CORTE, PUNTAS, ADAPTADOR, SEGUROS DE PUNTA |
| 12/8/2019 | | REVISIÓN FUGAS DE ACEITE DE MOTOR, MOTOR DE ARRANQUE |

Tabla 15

Historial de mantenimiento excavadora 4

| EQUIPO | EXCAVADORA 4 | KOMATSU PC 200 |
|------------|------------------|---|
| FECHA | HORAS DE TRABAJO | MANTENIMIENTO REALIZADO |
| 18/1/2017 | 12452 HRS | CAMBIO DE CUATRO MANGUERAS DEL HIDRÁULICO |
| 30/1/2017 | 12500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR) |
| 10/2/2017 | 12500 HRS | CAMBIO DE MANGUERAS, CONSTRUCCIÓN DE MANGUERA SEGÚN MUESTRA |
| 13/2/2017 | 12530 HRS | CONSTRUCCIÓN DE MANGUERA SEGÚN MUESTRA, REPARACIÓN DE MANGUERA |
| 15/3/2017 | | CONSTRUCCIÓN DE MANGUERA SEGÚN MUESTRA |
| 31/3/2017 | 12645 HRS | CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE |
| 24/4/2017 | 12750 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR) |
| 22/6/2017 | 13000 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR, AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO), CAMBIO DE ACEITE Y F |
| 1/9/2017 | 13250 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR) |
| 20/10/2017 | 13374 HRS | CONSTRUCCIÓN DE MANGUERA SEGÚN MUESTRA, CAMBIO DE TREN DE RODAJE Y CAMBIO DE PINES Y BOCINES DEL BRAZO, REVISIÓN GENERAL DEL SISTEMA E |
| 9/11/2017 | | CAMBIO DE UNA MANGUERA HIDRÁULICA POR ROTURA |
| 10/11/2017 | 13500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR) |
| 15/12/2017 | | CONSTRUCCIÓN DE UNA MANGUERA S/M |
| 22/12/2017 | 13750 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR) |
| 9/1/2018 | | CONSTRUCCIÓN DE UNA MANGUERA S/M, CORRECCIÓN DE FUGAS DE ACEITE HIDRÁULICO |
| 9/2/2018 | | CONSTRUCCIÓN DE DOS MANGUERAS S/M |
| 27/2/2018 | 14000 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR, AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO), CAMBIO DE ACEITE Y F |
| 1/3/2018 | | COLOCACIÓN DE MANGUERAS HIDRÁULICAS, COMPLETAR NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO, CONSTRUCCIÓN DE DOS MANGUERAS HIDRÁULICAS S/M |
| 15/3/2018 | | REVISIÓN DE FUGAS DE ACEITE, CONSTRUCCIÓN DE UNA MANGUERA HIDRÁULICA |
| 19/3/2018 | 14008 HRS | DESMONTAJE DE SILENCIADOR DE ESCAPE PARA MODIFICACIÓN, REVISIÓN DE TESTIGO DE BATERÍA (PRENDIDO), CAMBIO DE 3/4 DEL TURBO |
| 20/3/2018 | | CAMBIO DE UNA BATERÍA BOSCH N-150 S3 |
| 21/3/2018 | | CAMBIO DE UNA MANGUERA HIDRÁULICA POR ROTURA |
| 2/4/2018 | | CAMBIO DE UNA MANGUERA HIDRÁULICA POR ROTURA |
| 12/4/2018 | 14081 HRS | CAMBIO DE KIT DE REPARACIÓN DE VÁLVULA DE CONTROL |
| 18/4/2018 | | CAMBIO DE UNA MANGUERA HIDRÁULICA POR ROTURA |
| 20/4/2018 | | CAMBIO DEL RETÉN DEL CIGÜEÑAL |
| 10/5/2018 | | CAMBIO DE UNA MANGUERA HIDRÁULICA POR ROTURA |
| 29/5/2018 | 14250 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR) |
| 13/6/2018 | | CAMBIO DE UNA MANGUERA HIDRÁULICA POR ROTURA |
| 3/7/2018 | | CAMBIO DE ORINES DEL SISTEMA DE MANDOS DE LA PALANCA DE CONROL |
| 2/8/2018 | 14451 HRS | REVISIÓN DE FUGA DE ACEITE DEL MOTOR |
| 14/8/2018 | 14500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR) |
| 11/10/2018 | 14750 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR) |
| 7/11/2018 | | CAMBIO DE RETENES POR FUGA DE ACEITE DE LOS MANDOS DE CONTROL |
| 27/11/2018 | 14881 HRS | FUGA DE ACEITE EN EL CUERPO HIDRÁULICO |
| 4/12/2018 | 15000 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR, AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO), CAMBIO DE ACEITE Y F |
| 14/12/2018 | | CAMBIO DE BANDAS Y EMPAQUE DE TAPAVÁLVULAS |
| 18/2/2019 | 15250 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR) |
| 27/2/2019 | 15210 HRS | SOLDADO DEL CUCHARÓN, REVISIÓN DE MANDOS FINALES, CONSTRUCCIÓN DE UNA MANGUERA |
| 7/3/2019 | | CAMBIO DE PUNTAS Y PASADORES DEL CUCHARÓN |
| 25/6/2019 | 15500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR (ACEITE, DIESEL, SEPARADOR) |
| 8/7/2019 | | ENGRASADO DE LA MAQUINA, NIVELACION DE ACEITE MANDO FINAL |
| 12/8/2019 | | ENGRASADO DE LA MAQUINA |
| 26/8/2019 | | ENGRASADO DE LA MAQUINA (5 LIBRAS) |

Tabla 16

Historial de mantenimiento Motoniveladora 10

| EQUIPO | MOTONIVELADORA 10 | JOHN DEERE 670C |
|------------|-------------------|---|
| FECHA | HORAS DE TRABAJO | MANTENIMIENTO REALIZADO |
| 31/10/2016 | 17250h | ABC MOTOR |
| 10/2/2017 | 17510 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR, ARREGLO DE UNA LLANTA, CAMBIO DE SEIS LLANTAS, REVISIÓN DE BATERÍA |
| 24/2/2017 | 17510 HRS | REVISIÓN DEL ALTERNADOR Y BATERÍAS |
| 31/3/2017 | 17616 HRS | REVISIÓN DE FUGA DE ACEITE POR GATO HIDRÁULICO, CONSTRUCCIÓN DE CUATRO MANGUERAS SEGÚN MUESTRA, CONSTRUCCIÓN DE BASE DE SUJE |
| 18/4/2017 | 17750 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 3/5/2017 | 17770 HRS | ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 8/5/2017 | 17790 HRS | REPARACIÓN DE UNA LLANTA, CONSTRUCCIÓN DE UNA MANGUERA HIDRÁULICA |
| 9/5/2017 | | ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 15/5/2017 | 17820 HRS | REPARACIÓN DE UNA LLANTA |
| 24/5/2017 | 17870 HRS | ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 8/6/2017 | 17957 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR, CAMBIO DE ACEITES Y FILTRO GENERAL, REPARACIÓN DE UNA LLANTA |
| 12/6/2017 | 17970 HRS | REPARACIÓN DE UNA LLANTA |
| 15/6/2017 | 17994 HRS | ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 20/6/2017 | 18015 HRS | REPARACIÓN DE UNA LLANTA |
| 27/6/2017 | 18045 HRS | CONSTRUCCIÓN DE PARABRISAS S/M, REVISIONES VARIAS: FUGA DE AGUA DEL RADIADOR, FUGA DE ACEITE DE LA BOMBA DE ACEITE DE MOTOR, CARR |
| 11/7/2017 | 18045 HRS | REPARACIÓN DE UNA LLANTA |
| 19/7/2017 | 18120 HRS | REPARACIÓN DE UNA LLANTA |
| 24/7/2017 | 18138 HRS | CAMBIO DE SEIS LLANTAS REENCAUCHADAS, ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 15/8/2017 | 18250 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 14/9/2017 | 18341 HRS | EXTRACCIÓN DE PERNOS ROTOS DE LA CARRILERA, REVISIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO |
| 26/9/2017 | 18430 HRS | REPARACIÓN DE UNA LLANTA, REVISIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO (NO PRENDE) |
| 2/10/2017 | 18500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR, REVISIÓN DE BATERÍAS |
| 2/10/2017 | 18464h | MANTENIMIENTO DE BATERÍAS |
| 6/11/2017 | 18500 HRS | REVISIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO |
| 9/11/2017 | 18569 HRS | REPARACIÓN DE UNA LLANTA, REVISIÓN DE BOMBA E INYECTORES |
| 9/1/2018 | 18740 HRS | REPARACIÓN DE UNA LLANTA |
| 17/1/2018 | 18750 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 18/1/2018 | 18767 HRS | CAMBIO DE CARRILERAS, CAMBIO DE DOS BATERÍAS (ECUADOR) |
| 8/3/2018 | 19000 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR, CAMBIO DE ACEITES Y FILTRO GENERAL |
| 9/3/2018 | 19000 HRS | DESARMADO DE LLANTA PARA ARREGLO DE ARO |
| 20/3/2018 | 19000 HRS | CAMBIO DE GUÍAS DEL PLANCHON, AJUSTE Y CALIBRACIÓN, CAMBIO DE CARRILERAS (ORIGINALES), VIRAJE DE CUCHILLAS, CONSTRUCCIÓN DE PIÑÓN T |
| 2/4/2018 | | COLOCACIÓN DE TUBO EN LLANTA POSTERIOR |
| 11/4/2018 | 19060 HRS | ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 2/5/2018 | 19060 HRS | ARREGLO DE UNA LLANTA, INSTALACIÓN DEL MOTOR DE PLUMAS, REVISIÓN Y COLOCACIÓN DE BUJÍA DE PRECALENTAMIENTO, REVISIÓN DE FUGA DE |
| 24/5/2018 | 19126 HRS | ARREGLO DE LLANTA DELANTERA |
| 16/6/2018 | 19250 HRS | REVISIÓN DE FUGA DE ACEITE DEL MOTOR (RESPIRADERO), CAMBIO DE CUCHILLAS, REVISIÓN DE PAQUINS DEL CÍRCULO |
| 27/6/2018 | 19500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 8/8/2018 | 19352 HRS | CAMBIO DE SEIS LLANTAS NUEVAS 14.00X24, DESMONTAJE DEL CARDÁN DEL VENTILADOR, ARREGLO DEL RADIADOR, REPARACIÓN DE ESTRIADO DEL AI |
| 5/9/2018 | 19500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 3/10/2018 | 19500 HRS | CONSTRUCCIÓN DE DOS MANGUERAS HIDRÁULICAS S/M |
| 26/10/2018 | 19500 HRS | CONSTRUCCIÓN DE VARILLA ROSCADA DE ASIENTO S/M |
| 20/11/2018 | 19750 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR, CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE |
| 8/1/2019 | 19950 HRS | ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 22/2/2019 | 20000 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR, CAMBIO DE ACEITES Y FILTRO GENERAL, REVISIÓN DEL EJE DE CARDÁN DEL V |
| 19/3/2019 | | ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 1/4/2019 | 20250 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR, CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE |
| 9/5/2019 | | OVERHAUL COMPLETO POR DESGASTE DE COMPONENTES INTERNOS DEL MOTOR |
| 10/6/2019 | | REPARACIÓN DE BRAZO ESCARIFICADOR |
| 12/6/2019 | 20485h | CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR Y FILTROS DE ACEITE Y COMBUSTIBLE |
| 1/7/2019 | | NIVELACIÓN DEL ACEITE DE MOTOR |
| 16/7/2019 | | CAMBIO DE NEUMÁTICOS X6 |
| 7/8/2019 | | REPARACIÓN FUGAS DE ACEITE, REVISIÓN BOMBA HIDRÁULICA, CAMBIO DE LIMPIA PARABRISAS, TAPIZADO DEL ASIENTO, CAMBIO DE POSICION DE CU |
| 12/8/2019 | 20694h | RECONSTRUCCIÓN DEL ESCAPE Y CAMBIO DE FOCOS |
| 13/8/2019 | | COLOCACIÓN FIBRAS DE CALIBRACIÓN DEL CÍRCULO (TÁNDEM), USO DE DISCO DE CORTE, PENETRANTE, WAIPE |
| 19/8/2019 | | AJUSTE DE ACEITE HIDRÁULICO (3 GAL TO10), USO DE WAIPE |

Tabla 17

Historial de mantenimiento Retroexcavadora 6

| EQUIPO | RETROEXCAVADORA 6 | KOMATSU WB 146 |
|------------|-------------------|--|
| FECHA | HORAS DE TRABAJO | MANTENIMIENTO REALIZADO |
| 7/11/2016 | 8309 HRS | REVISIÓN DE FUGA DE ACEITE DEL CONVERTIDOR |
| 16/1/2017 | 8500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 20/2/2017 | | CAMBIO DEL RETÉN DEL CONVERTIDOR |
| 13/3/2017 | | REVISIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DEL MOTOR (EL MOTOR DE ENCUENTRA SIN FUERZA Y EXISTE SUBIDA DE TEMPERATURA) |
| 13/3/2017 | 8580h | REVISIÓN DE SISTEMA DE INYECCIÓN |
| 14/3/2017 | | CAMBIO DE FILTROS DE AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO |
| 12/9/2017 | | COLOCACIÓN DE NEPLÓS Y TAPONES SEGÚN MUESTRA, REVISIÓN POR FALTA DE FUERZA Y VELOCIDAD EN EL SISTEMA HIDRÁULICO |
| 11/10/2017 | | REVISIÓN DE FUGA DE ACEITE, REVISIÓN DE CRUCETA DE CARDÁN |
| 19/10/2017 | 8580 HRS | CORRECCIÓN DE FUGAS DE ACEITE HIDRÁULICO, CONSTRUCCIÓN DE DOS MANGUERAS |
| 7/11/2017 | 8750 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 8/11/2017 | | REVISIÓN DE BOMBA Y CORRECCIÓN DE FUGAS |
| 9/11/2017 | 8750 HRS | REVISIÓN DE FUGA DE ACEITE (MANGUERA ROTA), CONSTRUCCIÓN DE DOS MANGUERAS HIDRÁULICAS S/M, REPARACIÓN DE UNO DE LOS MANGUEROS |
| 14/12/2017 | 8980 HRS | REPARACIÓN DE UNA LLANTA DELANTERA, CONSTRUCCIÓN DE MANGUERA HIDRÁULICA S/M |
| 9/1/2018 | 9000 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS GENERAL (MOTOR, MOTOR DE ARRANQUE Y BOMBA) |
| 23/2/2018 | 9250 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 26/2/2018 | 9250 HRS | EXTRACCIÓN DE PERNO ROTO DEL DIFERENCIAL, REVISIÓN DE MANGUERAS DEL HIDRÁULICO CON FUGAS, CONSTRUCCIÓN DE MANGUERA HIDRÁULICA S/M |
| 13/3/2018 | 9317 HRS | CAMBIO DE DOS AROS Y LLANTAS NUEVAS |
| 18/4/2018 | 9500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR, CAMBIO DE CUCHILLA, PERNOS Y TUERCAS |
| 25/10/2018 | 9718 HRS | REVISIÓN DEL MOTOR DE ARRANQUE |
| 23/11/2018 | 9907 HRS | CAMBIO DE CRUCETA DE CARDÁN |
| 11/12/2018 | 10000 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 7/2/2019 | 10100 HRS | CORRECCIÓN DE FUGA DE ACEITE DEL MOTOR, RETAPIZADO DE ASIENTO DE OPERADOR |
| 20/2/2019 | 10250 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 21/3/2019 | 10427 HRS | ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 21/3/2019 | 10427h | REPARACION DE NEUMATICO |
| 26/3/2019 | 10435 HRS | REVISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO (NEUTRALIZADA) |
| 15/4/2019 | 10500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS DE MOTOR |
| 16/5/2019 | 10668 HRS | CONSTRUCCIÓN DE MANGUERA HIDRÁULICA S/M, DESMONTAJE DE MANGUERA PARA ARREGLO |
| 16/5/2019 | 10668h | REPARACION DE NEUMATICO Y SOLDADURA DE BASE DE UÑA DE CUCHARON |
| 13/6/2019 | 10750h | CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR, FILTRO DE ACEITE, COBUSTIBLE Y RACOR |
| 17/7/2019 | 10680h | ENGRASADO DE LA MAQUINA Y REPARACION DE NEUMATICO |
| 18/7/2019 | 10680h | CAMBIO DE NEUMATICO DELANTERO DERECHO, CAMBIO DE FUSIBLES |
| 7/8/2019 | 11000h | MANTENIMIENTO RADIADOR |
| 20/8/2019 | 10992h | REPARACION NEUMATICO |
| 26/8/2019 | 11047h | MANGUERA ROTA, AJUSTE DE ACEITE HIDRÁULICO 10 (5 GAL) |
| 27/8/2019 | | AJUSTE ACEITE HIDRÁULICO (1 GAL TO 10), USO DE WAIPÉ, RECONSTRUCCIÓN DE MANGUERA DE DIRECCIÓN (\$41,98) |

Tabla 18

Historial de mantenimiento Rodillo 14

| EQUIPO | RODILLO 14 | INGERSOLL RAND DD-90 |
|------------|------------------|---|
| FECHA | HORAS DE TRABAJO | MANTENIMIENTO REALIZADO |
| 11/8/2016 | 3250h | REVISIÓN DE FUGAS DE ACEITE DE MOTOR |
| 9/1/2017 | | CAMBIO DEL KIT GEAR (3 PIEZAS) |
| 16/1/2017 | | MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS. (FILTRO DE ACEITE, COMBUSTIBLE, RACOR, SEPARADOR, 3 GAL ACEITE 15W40) |
| 20/1/2017 | | 6 GAL ACEITE 10, 1 GAL ACEITE 15W40, CAMBIO DE FILTROS DE AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO |
| 17/2/2017 | | CAMBIO DE ABRAZADERAS |
| 6/3/2017 | | CAMBIO DE MANGUERA |
| 20/3/2017 | | CAMBIO DE BATERÍA |
| 24/4/2017 | | 5 GAL ACEITE 10 |
| 16/5/2017 | | AGUA ACIDULADA |
| 18/5/2017 | | MANGUERA |
| 1/6/2017 | | REVISIÓN MOTOR NO ENCIENDE, CAMBIO DE RODILLOS POR REPARACIÓN DE MASA |
| 15/6/2017 | | CAMBIO DE BOMBA MECÁNICA |
| 7/7/2017 | | MANTENIMIENTO PREVENTIVO 250 HORAS (FILTRO DE ACEITE, DIESEL SEPARADOR, AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO, 2,5 GAL DE ACEITE 15W40, 15 GAL D |
| 12/7/2017 | | ENGRASADO MÁQUINA 5 LIBRAS |
| 9/8/2017 | | CAMBIO DE MANGUERA DE ALTA PRESIÓN |
| 5/9/2017 | | MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS. (FILTRO DE ACEITE, COMBUSTIBLE, RACOR, SEPARADOR, 3 GAL ACEITE 15W40) |
| 5/9/2017 | | REEMPLAZO DE PORTACARNONES |
| 12/10/2017 | | 2 GAL ACEITE 10 |
| 29/11/2017 | 1000 HRS | CAMBIO DE BASES DE LA MASA |
| 29/11/2017 | | FILTRO DE DIESEL, SEPARADOR, 12 GAL ACEITE SHC-630 |
| 14/12/2017 | | REPARACIÓN DE PISTA DE RETÉN DE MASA, CONSTRUCCIÓN DE 2 MANGUERAS SEGÚN MUESTRA, LIMPIEZA Y SOLDADO RADIADOR, SOLDADURAS EN E |
| 9/1/2018 | | CAMBIO DE BATERÍA |
| 25/1/2018 | | REVISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO |
| 1/2/2018 | | 3 GAL ACEITE 75, 3 GAL ACEITE CHC-629, 10 GAL ACEITE 10 |
| 3/2/2018 | | MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS. (FILTRO DE ACEITE, COMBUSTIBLE, RACOR, SEPARADOR, 3 GAL ACEITE 15W40) |
| 5/2/2018 | | 5 GAL ACEITE 10 |
| 19/2/2018 | 4855 HRS | CONSTRUCCIÓN DE MANGUERA DE COMBUSTIBLE S/M, ENGRASADO MÁQUINA 5 LIBRAS |
| 2/3/2018 | | ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 27/3/2018 | 1750 | MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS. (FILTRO DE ACEITE, COMBUSTIBLE, RACOR, SEPARADOR, 3 GAL ACEITE 15W40) |
| 3/4/2018 | 5000 HRS | DESMONTAJE TANQUE DE COMBUSTIBLE POR LIMPIEZA Y ADECUACIÓN DE TAPÓN DE DRENAJE |
| 7/5/2018 | | CAMBIO DE CAUCHOS DE LA MASA |
| 9/5/2018 | | CAMBIO DE BOMBA DE COMBUSTIBLE |
| 10/5/2018 | | CAMBIO POR DESGASTE DE PIEZAS INTERNAS DE LA MAZA Y REVISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE LUCES |
| 22/5/2018 | | MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS. (FILTRO DE ACEITE, COMBUSTIBLE, RACOR, SEPARADOR, 3 GAL ACEITE 15W40), ENGRASADO MÁQUINA |
| 6/6/2018 | | ENGRASADO MÁQUINA 5 LIBRAS |
| 16/6/2018 | | CAMBIO DE BANDA DEL VENTILADOR Y O-RINES POR FUGAS DE ACEITE |
| 26/6/2018 | 5291 HRS | CAMBIO DE SWICHT BLOQUEO DE TRANSMISIÓN |
| 5/7/2018 | | REPARACIÓN GATOS HIDRÁULICOS DIRECCIÓN |
| 3/8/2018 | | 4 GAL ACEITE 10 |
| 6/8/2018 | | CAMBIO DE BOMBA DE COMBUSTIBLE |
| 17/8/2018 | | MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS. (FILTRO DE ACEITE, COMBUSTIBLE, RACOR, SEPARADOR, 3 GAL ACEITE 15W40) |
| 29/8/2018 | 5500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO 250 HORAS (FILTRO DE ACEITE, DIESEL SEPARADOR, AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO, 2,5 GAL DE ACEITE 15W40, 15 GAL D |
| 11/9/2018 | 5500 HRS | REVISIÓN DE FUGA DE ACEITE DE LA MASA DE VIBRACIÓN, REVISIÓN DE LUCES COMPLETO |
| 11/9/2018 | 5500h | REPARACIÓN DEL BLOQUEADOR, INSTALACIÓN DE LUCES |
| 27/9/2018 | | FILTRO DE DIESEL, SEPARADOR, REVISIÓN MOTOR NI ENCIENDE |
| 15/10/2018 | | ENGRASADO MÁQUINA 5 LIBRAS |
| 16/10/2018 | 2756 | CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR, TRABAJOS DE SUELDA EN LA MASA, LLAVE PARA DRENAR DIÉSEL |
| 25/10/2018 | 5750 HRS | REVISIÓN SISTEMA DE INYECCIÓN (FUGAS) |
| 6/11/2018 | 5750 HRS | CAMBIO DE MOTOR DE ARRANQUE |
| 28/11/2018 | | 5 GAL ACEITE 10 |
| 14/12/2018 | | CAMBIO DE BANDA DEL MOTOR |
| 26/12/2018 | 1720 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO 250 HORAS (FILTRO DE ACEITE, DIESEL SEPARADOR, AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO, 2,5 GAL DE ACEITE 15W40, 15 GAL D |
| 7/1/2019 | | SUELDA EN LA BOLA DE MASA DE VIBRACIÓN |
| 17/1/2019 | 6000 HRS | CONSTRUCCION DE MANGUERA S/M, CAMBIO DE CAUCHOS DE LOS TANDEM |
| 21/1/2019 | | ENGRASADO MÁQUINA 5 LIBRAS |
| 5/2/2019 | | 1 GAL ACEITE 10 |
| 19/2/2019 | 6087 HRS | RELLENADO DE DIENTES DE CORINILLA Y PIÑÓN DE MASA, REVISIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN |
| 20/2/2019 | 3000 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS. (FILTRO DE ACEITE, COMBUSTIBLE, AGUA, MANGÉTICO, ACEITE 15W40) |
| 21/2/2019 | | 2 GAL ACEITE 10 |
| 17/4/2019 | | UNA CANECA DE ACEITE SINTÉTICO |
| 23/4/2019 | | 5 GALONES DE ACEITE 10 |
| 24/4/2019 | | 3 GALONES ACEITE 10, CAMBIO DE 2 RODILLOS CON PISTA Y UN PORTA CARRIER |
| 20/5/2019 | | CAMBIO DE MANGUERA DE EXTREMA PRESIÓN CON NEPOS Y COLLARINES EXTREMA PRESIÓN |
| 23/5/2019 | 6375 HRS | ARREGLO DE UNA LLANTA |
| 23/5/2019 | 6375h | REPARACIÓN DE NEUMÁTICO |
| 18/6/2019 | | CHEQUEO DE MOTOR (NO ENCIENDE) |
| 26/7/2019 | | CAMBIO DE ACEITE MOTOR, FILTROS MOTOR, COMB Y RACOR |
| 8/8/2019 | | REPARACIÓN SISTEMA DE ENCENDIDO |
| 23/8/2019 | 6556h | NEUMÁTICO AVERIADO |
| 21/9/2019 | | CAMBIO DE SWICHT TÉRMICO 30 AMP |

Tabla 19*Historial de mantenimiento tractor 14*

| | |
|-------------------------|---|
| TRACTOR 14 | KOMATSU D155 |
| HORAS DE TRABAJO | MANTENIMIENTO REALIZADO |
| 200 HRS | REVISIÓN Y ARREGLO DE LA VIGA, SUELDAD VARIAS |
| | MANTENIMIENTO PREVENTIVO |
| | EXTRACCIÓN DE PERNO ROTO Y SOLDADO DE VIGA, COLOCACIÓN DE ESTRIADO DE RUEDA GUÍA, ARREGLO DE CONO DE CATALINA, CONSTRUCCIÓN |
| | REVISIÓN DE FUGA DE ACEITE (MANGUERA ROTA) |
| 1000 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO |
| 500 HRS | CORRECCIÓN DE FUGA DE ACEITE |
| 500 HRS | EXTRACCIÓN DE PERNO ROTO Y SOLDADO DE VIGA, COLOCACIÓN DE ESTRIADO DE RUEDA GUÍA, ARREGLO DE CONO DE CATALINA, CONSTRUCCIÓN |
| 500 HRS | REVISIÓN DE TEMPERATURA ALTA DEL CONVERTIDOR |
| 500 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO |
| 500 HRS | CONSTRUCCIÓN DE CAÑERÍA DE PASO DE COMBUSTIBLE SEGÚN MUESTRA |
| 500 HRS | REVISIÓN DE SISTEMA DE ENCENDIDO |
| | MANTENIMIENTO PREVENTIVO |
| 550 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO |
| 550 HRS | CONSTRUCCIÓN DE DOS MANGUERAS SEGÚN MUESTRA, DESMONTAJE Y MONTAJE DE DOS MANGUERAS HIDRÁULICAS POR ROTURA |
| 673 HRS | EXTRACCIÓN DE PERNO ROTO, SUELDAS VARIAS |
| 673 HRS | INSTALACIÓN Y SOLDADURA DE TRUNION, CAMBIO Y EXTRACCIÓN DE PERNOS ROTOS DEL BASTIDOR |
| 740 HRS | CONSTRUCCION DE DOS MANGUERAS SEGUN MUESTRA, ARREGLO DE TRIZADURA DE LA TAPA DE DISTRIBUCION, ARREGLO DE LA PUNTA DEL PLUS, ARREGLO DE LA BASE DEL CONO, ARREGLO DEL SOPORTE DEL BASTIDOR, LIMPIEZA DEL RADIADOR, REVISIÓN DE FUGA DE ACEITE DE LAS CATALINAS REVISIÓN GENERAL SUELDAS VARIAS |
| 779 HRS | REVISIÓN DE FUGA DE ACEITE POR EL MÚLTIPLE, REVISIÓN DE RODILLO DE TREN DE RODAJE |
| 550 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO |
| 5750 HRS | REVISIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO |
| 900 HRS | MANTENIMIENTO PREVENTIVO |
| 1308 HRS | REVISIÓN DE FUGA DE ACEITES, CHEQUEO GENERAL, CONSTRUCCIÓN DE UNA MANGUERA S/M |
| 1382 HRS | ARREGLO DE CAÑERÍA DE PASO DE ACEITE |
| 1907h | REPARACION DE BASTIDOR DERECHO |
| | TURBO, RODILLOS, ACOPLA DE TURBO |
| | USO DE TUERCAS (6) Y PERNOS (6) |
| | USO DE O-RIN |
| | AJUSTE DE ACEITE HIDRAULICO (1 GALÓN SAE 10) |
| 1910h | CAMBIO DE ACEITE, FILTROS DE ACEITE, COMBUSTIBLE Y RACOR |
| | AJUSTE DE ACEITE HIDRÁULICO (4 GAL) Y ACEITE DE TRANSMISIÓN (2 GAL T040) |
| | MANTENIMIENTO PREVENTIVO |
| | ACOPLE CON DOS RINES ARMADOS |
| | REPARACION BASE DE TURBO |