



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELECTRICA**

**Gestión De Mantenimiento De La Maquinaria De Construcción En Carretera, Para  
Incrementar La Disponibilidad Y Confiabilidad" En La Empresa Road Solutions Eirl**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
Ingeniero Mecánico

**AUTOR:**

Muro Taboada, Valdem (ORCID: 0000-0002-1211-5716)

**ASESOR:**

Ing. Celada Padilla, James Skinner (ORCID: 0000-0002-5901-2669)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas Y Planes De Mantenimiento

**CHICLAYO – PERÙ**

2020

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio, crecimiento profesional y personal.*

A mis amados padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy.

*Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.*

*A mi pareja por su apoyo que es mi soporte.*

## **AGRADECIMIENTO**

Debo presentar mi agradecimiento a la Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica, la Asociación de Estudiantes y egresados de Ingeniería Mecánica de la UCV en su conjunto por acogerme y permitirme ser parte de la excelencia de nuestra especialidad.

Le debo un entrañable agradecimiento a mi asesor el Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA; por guiarme durante toda la elaboración de esta tesis, orientando a mi persona para el correcto desarrollo de un trabajo de investigación en ingeniería mecánica.

Agradecimiento al Ing. Luis Barboza De La Cruz, en su momento Ingeniero de Línea Pesada del área de Equipos OBRAINSA S.A LIMA, por su importante y desinteresado apoyo.

Quisiera agradecer también a mis amados padres, Luis Muro Zapata y Rebeca Taboada Zeña, partícipes directos de mi formación humana, pues sin su apoyo y su amor, no habría podido realizar mis sueños.

Agradecer a mi pareja por su apoyo y su amor que siempre tengo para seguir adelante.

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada" **GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN EN CARRETERA, PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD" EN LA EMPRESA ROAD SOLUTIONS EIRL**", la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico.

## ÍNDICE

Ítems	Página.
1.1 Realidad Problemática	09
1.2 Trabajos previos	14
1.3 Teorías relacionadas al tema	17
1.3.1 Gestión de Mantenimiento	13
1.3.2 Disponibilidad y Confiabilidad	22
1.3.3 Bombas centrifugas	24
1.4 Formulación del problema	25
1.5 Justificación del estudio	25
1.6 Hipótesis	26
1.7 Objetivos	27
1.7.1 Objetivo General	27
1.7.2 Objetivo Especifico	27
<b>II.</b>	
2.1 Diseño de investigación	27
2.2 Variables, operacionalización	27
2.2.1 Identificación de Variables	27
2.2.2 Operacionalización de variables	29
2.3 Población y muestra	30
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	
2.4.1 Técnica de Recolección de Datos	31
2.4.2 Instrumentos de Recolección de Datos	31
2.4.3 Validez y Confiabilidad	32
2.5 Métodos de análisis de datos	32
2.6 Aspectos éticos	33

<b>III.</b>		
3.1	Diagnóstico actual	34
	3.1.1. Ritmo de operación de electrobombas	34
	3.1.2. Registro de paradas por reparación.	35
3.2	Planes, acciones y medidas	41.
	3.2.1. Plan de Reparación e Inspección de Electrobomba.	41
	3.2.2. Cálculo de nuevos Indicadores de Mantenimiento	46
3.3	Evaluación económica	49
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>51</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>53</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>55</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>58</b>

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación denominado: "GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN EN CARRETERA, PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD" EN LA EMPRESA ROAD SOLUTIONS EIRL, tiene como objeto de estudio los tiempos de operación de la maquinaria dentro de un contexto de funcionamiento eficiente, en el cual todas las variables estén dentro del rango de estándares internacionales, a fin de garantizar los trabajos de la empresa, así como también a incrementar su rentabilidad.

Los indicadores de mantenimiento de disponibilidad y confiabilidad son los que se busca incrementar para lo cual se hace la propuesta del mantenimiento preventivo de cada una de la maquinaria y/o equipos a fin de que los sistemas funcionen adecuadamente, y las operaciones no se paralizen por falencias en el funcionamiento de los sistemas mecánicos, eléctricos, hidráulicos, electrónicos.

En el primer objetivo se realiza el diagnóstico de la situación actual de los indicadores de mantenimiento en función a la data existente, clasificando a la maquinaria de acuerdo a las funciones que cumplen; luego se determina los valores de disponibilidad y confiabilidad de cada uno de los equipos, utilizando métodos estadísticos y probabilísticos como es el caso del análisis probabilístico de Weibull, lo cual determina los equipos con valores de indicadores de mantenimiento inferiores a los estándares mundiales, lo cual garantiza la funcionalidad y rentabilidad de la maquinaria.

Finalmente, se realiza el análisis de la mejora de los indicadores de mantenimiento, y el análisis económico de la propuesta, utilizando indicadores económicos de rentabilidad como son el valor actual neto y la tasa interna de retorno dentro de un periodo de doce meses, en el cual se hace la inversión de la propuesta.

**PALABRAS CLAVES:** Gestión de Mantenimiento, Disponibilidad, Confiabilidad

## **ABSTRACT**

The present research work called: MAINTENANCE MANAGEMENT OF THE ROAD CONSTRUCTION MACHINERY, TO INCREASE THE AVAILABILITY AND RELIABILITY "IN THE COMPANY ROAD SOLUTIONS EIRL, has as object of study the operation times of the machinery within an operating context efficient, in which all the variables are within the range of international standards, in order to guarantee the company's work, as well as to increase its profitability.

The indicators of maintenance of availability and reliability are those that are sought to increase for which the proposal of preventive maintenance of each of the machinery and / or equipment is made so that the systems work properly, and the operations are not paralyzed by shortcomings in the operation of mechanical, electrical, hydraulic, electronic systems.

The first objective is to diagnose the current status of maintenance indicators based on existing data, classifying machinery according to the functions they perform; then the availability and reliability values of each of the equipment are determined, using statistical and probabilistic methods such as the Weibull probabilistic analysis, which determines the equipment with maintenance indicator values below world standards, which guarantees the functionality and profitability of the machinery.

Finally, the analysis of the improvement of the maintenance indicators is carried out, and the economic analysis of the proposal, using economic indicators of profitability such as the net present value and the internal rate of return within a twelve month period, in the which is the investment of the proposal.

**KEY WORDS:** Maintenance Management, Availability, Reliability.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La Minería de la República de Argentina, tiene un crecimiento significativo, por lo cual existe el auge de adquirir maquinaria pesada, se está realizando proyectos mineros, los cuales requieren de una gran contingencia de maquinaria pesada y también liviana; sin embargo, no se tiene proyectado las actividades de mantenimiento de dicha maquinaria, que es un aspecto que, de no tomarse en cuenta, va a tener implicancias en el buen funcionamiento de estos equipos. (Klimasauskas, 2014, p.12).

En Países de América Latina, muchas empresas constructoras se dedican al mantenimiento de las carreteras, así como también a la colocación de las carpetas asfálticas, utilizan maquinaria de última generación, con sistemas electrónicos que controlan su funcionamiento, por lo cual requieren de programas de mantenimientos de los sistemas de los equipos, para que se garantice su operatividad, y no se tenga la maquinaria sin funcionar por fallas en sus sistemas.

En todo el mundo, el sector minero realiza grandes esfuerzos para que sus procesos productivos no se vean afectados por las paradas intempestivas, debido a la falta de planificación del mantenimiento, y la falta de una adecuada gestión del mantenimiento, que conlleven a que los procesos fallen cada vez menos y que logre una continuidad en el tiempo más largo posible. (Klimasauskas, 2014, p.12).

Las labores de mantenimiento preventivo de la maquinaria para carreteras, en Chile, mejoran la disponibilidad de los equipos, por lo tanto, se cuenta con indicadores de mantenimiento dentro de los estándares internacionales, sin embargo, los costos por este concepto incrementan el costo por hora de cada equipo. El incremento de los costos de estos equipos, es por el lugar en dónde se realiza dicha labor de mantenimiento, es decir se realiza en el mismo lugar en donde se encuentra la carretera, al no tener las condiciones para la realización de los arreglos de las averías de los sistemas de los equipos.

En Colombia, empresas del sector de construcción, son fiscalizadas con la finalidad de verificar si la maquinaria dentro de los campamentos que se establecen cerca al proyecto de construcción de carretera, están disponibles durante el tiempo de operación. Se establece que, si la disponibilidad de la maquinaria es inferior al 80% de funcionamiento, la eficiencia de la empresa en cuanto a la ejecución de la obra es baja, lo cual hace que se alargue el tiempo del proyecto, así como también los costos.

Fuente: Cabrera, 2017

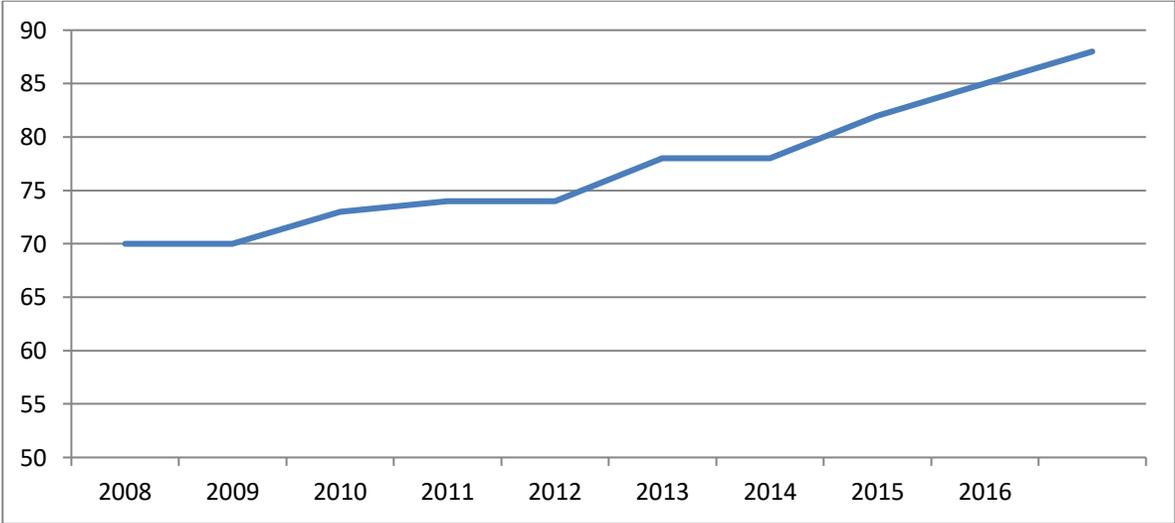


Figura 1. Tendencia del incremento de disponibilidad (en %)

“En el Perú, el sector de construcción contribuye al incremento del PBI, no sólo por el costo del proyecto, sino por la importancia del proyecto en el desarrollo de la zona, utiliza maquinaria propia y alquilada, la cual posee tecnología de punta, la cual requiere de un mantenimiento especializado”

Entre los años 2000 al 2017, en el Perú se ha realizado inversiones por parte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Gobiernos regionales y municipales, para la construcción de carreteras; las empresas que ejecutan las labores, invierten ingentes cantidades de dinero en la adquisición de maquinaria pesada, para realizar las labores de corte de terreno, traslado de tierra, instalación de carpeta asfáltica, los cuales son operados por personal que muchas veces desconocen el funcionamiento de los sistemas de los equipos, debido a la complejidad de éstos.

En la Selva del Perú, la maquinaria muchas veces se queda en la zona debido a que el traslado hacia otros lugares, tiene un costo muy elevado, y muchas veces la maquinaria se queda en la zona de influencia de la carretera. Contar con equipos automatizados ya están revolucionando las operaciones mineras. Y es que se espera que a medida que se potencien estos sistemas, las máquinas tengan la capacidad de realizar actividades que permitan la reducción de costos de mano de obra y, por ende, mejoren la productividad. En ese sentido, las empresas podrían llegar a operar las minas totalmente autónomas desde sus centros funcionales. (Benavides, 2014).

En la tabla 1, se muestra los valores de los costos de alquiler de la maquinaria pesada que se emplea en la construcción de carreteras, en el cual no incluye los costos de mantenimiento, que son asumidos por los propietarios, los cuales, al no contabilizar dichos costos en su balance económico, finalmente se perjudican debido a que tienen que realizar préstamos para levantar la unidad con averías.

Tabla 1. Costo de Alquiler de Maquinaria por hora

Maquinaria	Costo de alquiler S/
Cisterna de agua	220
Retroexcavadora	340
Cargador frontal.	560
Volquetes	310
Rodillo	250
Recicladora	410

*Fuente: MTC, 2018*

La **EMPRESA ROAD SOLUTIONS EIRL**, dedicada a la construcción y mantenimiento de carretera, con más de 20 años con presencia en la zona norte y centro del Perú, posee la maquinaria para realizar dichas labores, como también alquila maquinaria a terceros en zonas en donde el traslado es complicado por la accesibilidad de la zona; dicha maquinaria es de diferentes años de fabricación y gradualmente renueva sus unidades de acuerdo a las necesidades de uso.

La empresa cuenta con un área de mantenimiento, el cual está a cargo del Jefe de Mantenimiento y personal técnico entre mecánicos y electricistas, los cuales realizan labores de reparación de averías que presentan las unidades, tanto en el mismo lugar en donde se encuentran operando como también en los talleres con las cuales cuenta la empresa; en ocasiones se envía los motores y otros dispositivos hacia terceros, que normalmente son factorías para la rectificación de los motores.

No se realiza un programa de mantenimiento preventivo de las unidades, y los mantenimientos que se realizan son correctivos, realizando algunos preventivos, cuando la falla es inminente a suceder. En ocasiones se ha tenido que alquilar retro excavadoras, volquetes y otras unidades debido a que no se pudo levantar la avería, como consecuencia de no tener los repuestos en el momento oportuno y la adquisición de ellos, toma un tiempo dado, debido a que son solicitados al mismo proveedor y muchas veces al mismo fabricante.

En la tabla 2, se muestra en porcentaje la utilización de la maquinaria para la construcción de carretera.

Tabla 2. Maquinaria en Empresa **ROAD SOLUTIONS EIRL**

Condición	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018
Maquinaria Propia	78	75	65	82	73
Maquinaria Alquilada	22	25	35	18	27

Fuente: **ROAD SOLUTIONS EIRL**

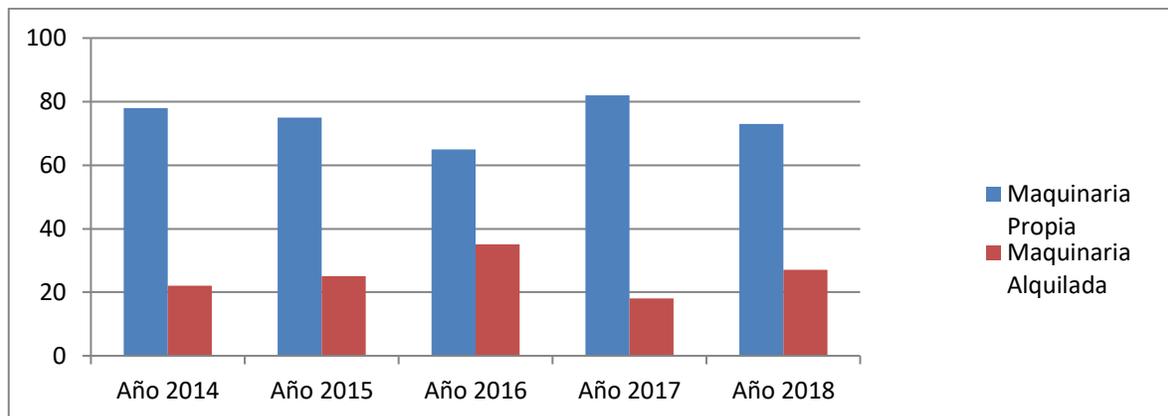


Figura 2. Porcentaje de Maquinaria utilizada en Empresa ROAD SOLUTIONS EIRL

(Zúñiga 2012, p. 1), “Manual de certificación para talleres en el diagnóstico, reparaciones e instalación de equipos de bombeo y mezcladores sumergibles FLYGT”, la elaboración de este proyecto permitió aplicar en diversas tareas los conocimientos adquiridos en el periodo de estudio de la ingeniería, además de desarrollar habilidades y estrategias de mercado siempre enfocados a mantenimiento. Se pudo entender la importancia de la estandarización de los procesos, políticas, objetivos y métodos de trabajo, entre diferentes compañías que buscan un mismo fin, sin duda esto les permitirá tener una mejor relación y presencia dentro del mercado. La realización de los procedimientos y establecer los diferentes lineamientos y requisitos para los talleres de servicio, permitió tener una visión más amplia y clara de las medidas de seguridad, el equipamiento y la capacitación que se deben tener para poder realizar las distintas tareas dentro de las áreas de trabajo, y a su vez ayudo también a mejorar las condiciones con las que se contaba en la empresa.

(Viveros y Stegmaier 2013, p. 5), en su investigación “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo” El escenario actual de las organizaciones con alta dotación de activos indica que las necesidades de mantenimiento han ido aumentando durante los últimos años, por lo cual se estima conveniente que la evaluación de estrategias de mantenimiento, la selección de tareas y por ende la gestión global del mantenimiento en la organización se deba manejar de manera formal y responsable, dejando de lado la improvisación y aleatoriedades. Este artículo desarrolla un modelo de gestión de mantenimiento bajo la visión de mejora continua, considerando una revisión profunda de un conjunto representativo de modelos de gestión de mantenimiento, los cuales siguen una secuencia lógica de actuación jerarquizada.

(Abella 2014, p. 2), en tu trabajo de Investigación denominada “optimización del uso de convertidores de frecuencia con bombas centrifugas y motores trifásicos en sistemas de bombeo fotovoltaico” nos indica que los sistemas de bombeo (generador fotovoltaico) FV que utilizan convertidores de frecuencia pueden ser más económicos que otros sistemas tradicionalmente utilizados, sin un decrecimiento de la fiabilidad ni del rendimiento. Por otro lado, los (convertidor de frecuencia) FC ofrecen una alternativa para los sistemas de media y elevada potencia donde no se dispone de productos comerciales para bombeo FV. No es necesario realizar ninguna modificación externa de los FC para operar con generadores FV, basta con una adecuada programación para trabajar a tensión constante de generador FV. El nivel de tensión de trabajo es un parámetro crítico, pero si se realiza adecuadamente en función de las características del generador FV y de las condiciones ambientales las pérdidas por no seguimiento del punto de máxima potencia pueden minimizarse a un valor inferior al 2% anual. Se puede utilizar un circuito electrónico de diseño simple y bajo coste para corregir la tensión de operación en función de la temperatura de operación de los módulos Se hace necesaria una adecuada programación del FC para su óptima operación en sistemas FV.

(Yepes, 2014, p, 6). En su estudio nos dice que En las operaciones y procesos industriales existen requerimientos de flujo en los que es necesario utilizar una bomba o un sistema de bombeo, esto puede ser porque la demanda de gasto o de carga del proceso sea excesivamente variable Una bomba centrífuga consiste en un dispositivo que permite convertir la energía de un motor, bien sea eléctrico o turbina en primer lugar, en energía cinética para luego convertirla en energía de presión.

(León 2015, p. 5), en su investigación “*servicio de reparación de los equipos del sistema de bombeo del área de servicios mina – fuera de mina*”, Este estudio da a conocer el Mantenimiento Mecánico de equipos de bombeo inadecuados correspondiente a electrobombas, bombas de Minera Yanacocha para el área de Mantenimiento Servicios Mina – Cajamarca, la cual está presentado dificultades en el rendimiento y fiabilidad de estos equipos (3 de cada 4 electrobombas) fallan por falta de inspecciones programadas , programas de mantenimiento preventivo correctivo, un mantenimiento inadecuado, personal no capacitado para este tipo de mantenimiento. La cual este proyecto está enfocado a realizar la optimización y fiabilidad de estos equipos brindado un servicio con alta disponibilidad de equipos y herramientas adecuadas, los cuales cuenten con el mayor nivel de confiabilidad durante su funcionamiento.

## **GESTION DE MANTENIMIENTO**

(Pico 2011, p, 15) define a la gestión del mantenimiento como: Aquellas actividades de la gestión que determinan los objetivos del mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades, que se las realiza por medio de planificación del mantenimiento, control y supervisión del mantenimiento, y mejora de los métodos en la organización incluyendo los aspectos económicos.

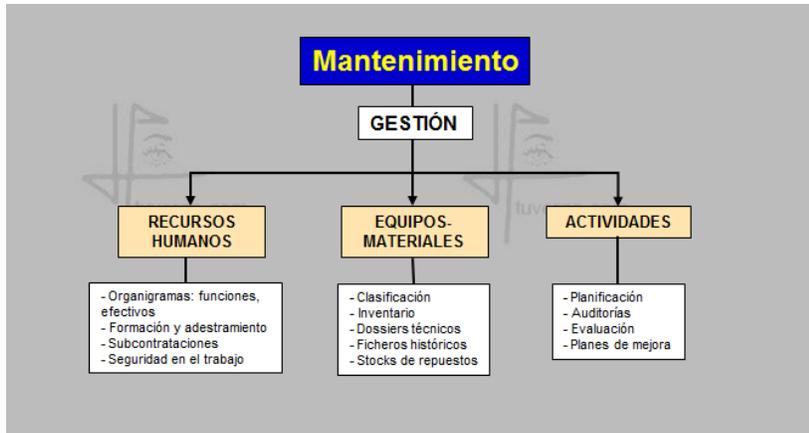


Figura 3. Elementos de la gestión del mantenimiento

Es importante comprender por gestión, el arte, donde están implícitas las actitudes y aptitudes de los individuos, para lograr que las cosas se hagan correctamente. El objetivo principal del mantenimiento planificado es buscar establecer un sistema de gestión de la disponibilidad y mantenimiento de los equipos, facilitar la gestión de repuestos aumentar el tiempo entre fallos, facilitar la mantenibilidad, prevenir el deterioro, prever averías, etc.

El concepto actual de la gestión de mantenimiento, está determinado por sus índices de: fiabilidad, mantenimiento y disponibilidad



Figura 4 Integración para una buena gestión de mantenimiento

(Pablo 2012, p, 2) Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas: Desarrollo e implementación de un modelo real y factible para la gestión global del mantenimiento se ha convertido en un tema de investigación y discusión fundamental para alcanzar un buen desempeño en la gestión de mantenimiento, cuyos objetivos están alineados al cumplimiento de los objetivos de la empresa. La moderna gestión del mantenimiento incluye todas aquellas actividades destinadas a determinar objetivos y prioridades de mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades. Todo ello facilita la planificación, programación y control de la ejecución del mantenimiento, buscando siempre una mejora continua y teniendo en cuenta aspectos económicos relevantes para la organización. Una adecuada gestión del mantenimiento, teniendo en cuenta el ciclo de vida de cada activo físico, debe cumplir con los objetivos de reducir los costos globales de la actividad productiva, asegurar el buen funcionamiento de los equipos y sus funciones, disminuir al máximo los riesgos para las personas y los efectos negativos sobre el medio ambiente, generando, además, procesos y actividades que soporten los objetivos mencionados

(Carlos 2009, p, 45) Define al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral. Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos maquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con este fin. El mantenimiento se divide en mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

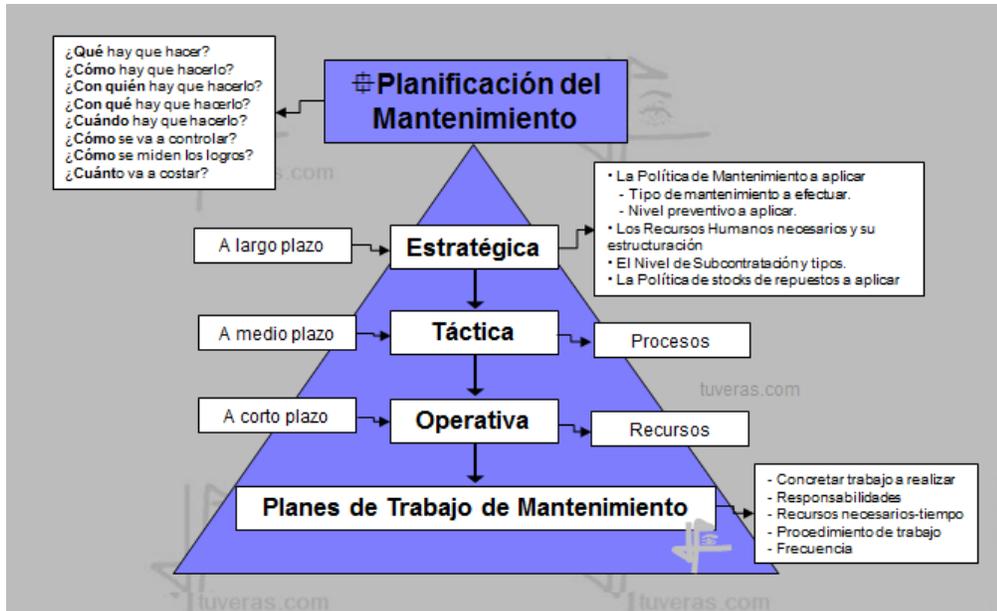
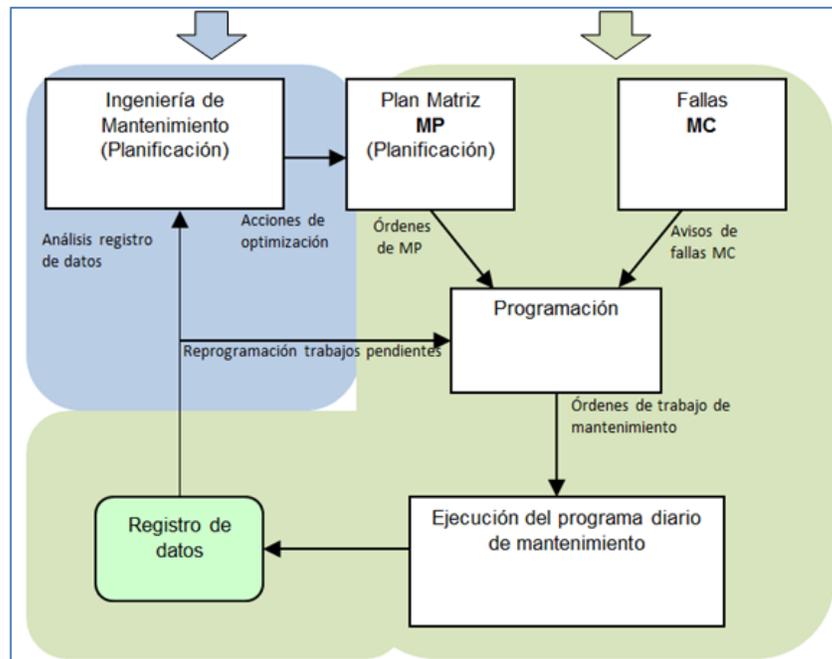


Figura 5. Planificación del mantenimiento

La programación de actividades asegura la ejecución del mantenimiento de corto plazo

Figura 6



Programación del mantenimiento

## **Disponibilidad y Confiabilidad.**

### **Disponibilidad**

Se determina como la posibilidad de que una máquina esté listo para la elaboración en un período de duración, y no esté inoperativo por fallas o reajustes.

Definimos que la disponibilidad depende de:

La repetición de las deficiencias.

Al periodo que nos demore en reiniciar el trabajo.

Se expresa que:

$$D = \text{TPEF} / (\text{TPEF} + \text{TPPR})$$

Donde:

MTBF = Tiempo centro entre defectos.

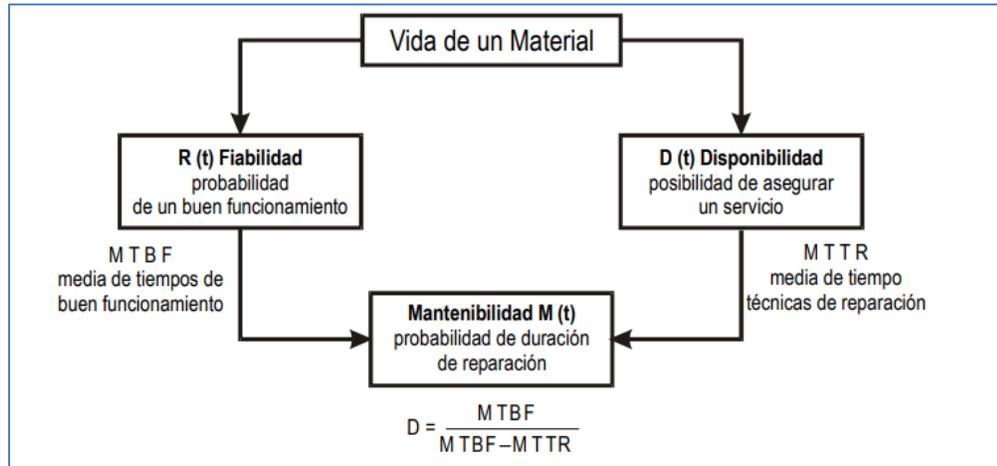
MTTR = Tiempo centro de arreglo.

“Se determina como la posibilidad de que un conjunto desempeñe correctamente las actividades para las cuales se plantea” (Rodríguez, 2010, p. 73).

Se determina como la posibilidad de que un conjunto desempeñe correctamente las actividades para las cuales se plantea, durante un límite de periodo determinado y bajo acciones normales de actuación. El lapso centro en averías es una muestra de la confiabilidad, entre más elevado sea este, más grande es la confiabilidad conjunta y se cuenta mediante la siguiente expresión: (Rodríguez, 2010, p. 73)

MTBF=N° de horas totales del periodo / N° de averías

Figura 7



Relación entre indicadores de Mantenimiento.

## CONFIABILIDAD.

La confiabilidad de un equipo o producto puede ser expresada a través de la expresión:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado

e: constante Neperiana (e=2. 303.)

$\lambda$ : Tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

t: tiempo

La confiabilidad es la probabilidad de que no ocurra una falla de determinado tipo, para una misión definida y con un nivel de confianza dado.

La formulación del problema de investigación es: ¿Cómo determinar el incremento de la disponibilidad y la confiabilidad de la maquinaria de construcción en carretera realizando una gestión de mantenimiento en la empresa ROAD SOLUTIONS EIRL?

La investigación tiene justificación técnica, ambiental, económica y social.

Se justifica técnicamente, porque existen la infraestructura y la tecnología para la realización de los mantenimientos preventivos a las diferentes unidades que tiene la empresa, es decir se tiene información técnica de los parámetros de funcionamiento de los sistemas, con manuales de los fabricantes, herramientas, equipos de diagnóstico, entre otros; los cuales mediante un protocolo previamente determinado es posible técnicamente determinar los cambios y ajustes a los mecanismos analizados de cada equipo y/o maquinaria

Ambientalmente, se justifica debido a que las unidades deben de operar dentro de lo especificado por el fabricante en sus diferentes variables de funcionamiento, lo cual hace que se tenga un consumo específico de combustible óptimo, sin embargo si los mecanismos funcionan fuera del rango especificado, lo más probables es que se incremente el consumo de combustible tanto por la potencia que genera, como también por el tiempo que funcione; esto es proporcional a las emisiones de los gases de escape del motor de combustión interna que utiliza.

Económicamente, el proyecto se justifica porque al tener mayor disponibilidad de la maquinaria, los costos de alquiler disminuyen, lo cual incrementa la rentabilidad de la empresa, al utilizar mayormente maquinaria propia, que si bien es cierto también se cuantifica el costo por hora de utilización, resulta siendo inferior si es comprado al costo de alquiler de equipos y/o maquinaria.

Socialmente se justifica porque al tener mayor disponibilidad y confiabilidad de los equipos, los tiempos de ejecución de la carretera se realizan dentro de lo estipulado, lo cual hace que las molestias en la carretera para el transporte no causen problemas a la población aledaña. El cumplimiento de la programación de una carretera beneficia a la población, al tener en el tiempo dado, la carretera en condiciones de operatividad.

La Hipótesis de la investigación es “La gestión de mantenimiento de la maquinaria de construcción en carretera, determina el incremento de la disponibilidad y confiabilidad EN LA EMPRESA ROAD SOLUTIONS EIRL”

El Objetivo General es hacer una propuesta de gestión de mantenimiento de la maquinaria de construcción en carretera, para determinar el incremento de la disponibilidad y confiabilidad EN LA EMPRESA ROAD SOLUTIONS EIRL.

**Los objetivos específicos son:**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la maquinaria de construcción en carretera en la empresa ROAD SOLUTIONS EIRL.
- Cálculo de Indicadores de Mantenimiento: Disponibilidad y Confiabilidad.
- Realizar un plan de mantenimiento Preventivo de la Maquinaria para carretera de la Empresa ROAD SOLUTIONS EIRL
- Determinar los nuevos indicadores de mantenimiento.
- Hacer una evaluación económica de la Propuesta.

## **II. METODOLOGIA.**

### **2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de investigación es **no experimental**

### **2.2 VARIABLES OPERACIONALIZACIÓN**

#### **2.2.1 IDENTIFICACION DE VARIABLES**

**Independiente: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN EN CARRETERA**

**Dependiente: LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD" EN LA EMPRESA ROAD SOLUTIONS EIRL**

## 2.2.2 Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Dependiente.</p> <p><b>GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN EN CARRETERA</b></p>	<p>Conjunto de actuaciones orientadas a corregir, mediante la conservación adecuada, el desgaste que por el uso se produce en las instalaciones (Miranda, s.f., p. 1).</p>	<p>Estrategia y responsabilidad para realizar con planificación, ejecución y control del mantenimiento de los equipos y maquinaria pesada que se utiliza en la construcción de carretera</p>	<p>Planificación.</p> <p>Ejecución</p> <p>Control</p>	<p>Razón o Proporción</p>
<p>Independiente:</p> <p><b>LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD " EN LA EMPRESA ROAD SOLUTIONS EIRL</b></p>	<p>La confiabilidad es la probabilidad de no fallar los equipos y maquinaria durante el tiempo previsto para su funcionamiento bajo condiciones de trabajo perfectamente definidas, en cambio la disponibilidad es la probabilidad de que las máquinas se encuentren operando en óptimas condiciones en un instante de tiempo y bajo condiciones de trabajo normales</p>	<p>El incremento de la confiabilidad y la disponibilidad de las electrobombas centrífugas garantizan la cantidad de agua para los procesos de extracción del oro.</p>	<p>Confiabilidad</p> <p>Disponibilidad</p>	<p>Razón o Proporción</p>

## 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

### POBLACIÓN:

En la presente investigación tiene como población de estudio a los 4 tipos de equipos que se utilizan que son los equipos pesados, equipos de transporte, equipos industriales y equipos menores, los cuales se detallan:

Tipo de Equipo	Descripción
EQUIPO PESADO	RECICLADORA 1
	RECICLADORA 2
	CARGADOR FRONTAL
	FRESADORA ASFALTO
	Moto Niveladora
	Pavimentadora
	Rodillo Compactador
	RODILLO NEUMÁTICO
	RETRO EXCAVADORA
	MINICARGADOR
EQUIPOS DE TRANSPORTE	CISTERNA DE AGUA 1
	CISTERNA DE AGUA 2
	CISTERNA DE COMBUSTIBLE 1
	CISTERNA EMULSIÓN 1
	CISTERNA EMULSIÓN 2
	CAMIÓN DONGFENG 1
	CAMIÓN DONGFENG 2
	CAMIÓN BARANDA 1
	CAMION BARANDA 2
	CAMION BARANDA 3
	VOLQUETES 1
	VOLQUETES 2
	VOLQUETES 3
	VOLQUETES 4
	VOLQUETES 5
	VOLQUETES 6
	VOLQUETES 7
	VOLQUETES 8
	VOLQUETES 9
TRACTO REMOLCADOR	
EQUIPOS INDUSTRIALES	PLANTA DE ASFALTO
	MICRO PAVIMENTADORA
	MICRO PAVIMENTADORA
EQUIPO MENORES	CAMIONETA PICK UP 1
	CAMIONETA RURAL
	CAMIONETA PICK UP 2
	CAMIONETA PICK UP 3
	CAMIONETA PICK UP / BARANDA
	CAMIONETA PICK UP 4
	MINI BUS / 16 PASAJEROS
	CAMIONETA PICK UP 5
MINI BUS / 16 PASAJEROS	

## MUESTRA:

La muestra considerada para el presente trabajo de investigación coincide con la población de estudio.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad

### Técnicas

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTO
Revisión documentaria.	Se realizará la revisión de las teorías científicas en lo referente a la gestión de mantenimiento, así como también a análisis estadístico y probabilístico.	Evaluación Documentaria.
Observación.	Se realizará la evaluación de los registros de mantenimiento, fallas más comunes, así como también el estado de los equipos y maquinarias.	Guía de observación.

Instrumento de recolección de datos

Guías de observación

Validez y confiabilidad

Validez: la validez de los instrumentos será dada por la aprobación de uno a tres especialistas en el área.

Confiabilidad: Este proyecto tendrá la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos, accediendo mejoras de éxito.

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

Los datos se analizan utilizando el método probabilístico de Weibull, a fin de determinar el porcentaje de fallos de los equipos y maquinaria, para lo cual se utiliza el cálculo numérico y el Software Microsoft Excel, para el desarrollo de los mismos

## **2.6. Aspectos éticos**

El presente proyecto se elaborará manteniendo la confidencialidad de los antecedentes, datos y documentos con cual se realiza el estudio a fin de evitar cualquier hecho o situación que pudiera suponer o llegar a ocasionar un conflicto entre de intereses.

### III. RESULTADOS.

#### 3.1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de la maquinaria de construcción en carretera en la empresa ROAD SOLUTIONS EIRL.

##### 3.1.1. Inventario de la Maquinaria.

**Tabla 1. Inventario de maquinaria**

Tipo de Equipo	Descripción	MARCA	MODELO
EQUIPO PESADO	RECICLADORA	WIRTGEN	WR240
	RECICLADORA	WIRTGEN	WR240
	CARGADOR FRONTAL	CATERPILLAR	962 H
	FRESADORA ASFALTO	WIRTGEN	W - 200
	Moto Niveladora	Komatsu	GD555-5
	Pavimentadora	CATERPILLAR	APD600
	Rodillo Compactador	Hamm	3411
	RODILLO NEUMÁTICO	CATERPILLAR	CW34
	RETRO EXCAVADORA	CATERPILLAR	420F2
MINICARGADOR	BOBCAT	S630	
EQUIPOS DE TRANSPORTE	CISTERNA DE AGUA	CISTERNA AGUA	HINO
	CISTERNA DE AGUA	VM 6X4R	VOLVO
	CISTERNA DE COMBUSTIBLE	ISUZO	ISUZO
	CISTERNA EMULSIÓN	HINO	HINO
	CISTERNA EMULSIÓN	HINO	HINO
	CAMIÓN DONGFENG	DONGFENG - EURO 5	DONGFENG - EURO 5
	CAMIÓN DONGFENG	DONGFENG - EURO 5	DONGFENG - EURO 5
	CAMIÓN BARANDA	HINO	DUTRO
	CAMION BARANDA	JAC	HFC1083KN/SIN VERSION
	CAMION BARANDA	JAC	HFC1083KN/SIN VERSION
	VOLQUETES	VOLVO	FMX 6X4R
	VOLQUETES	VOLVO	FMX 6X4R
	VOLQUETES	MERCEDES BENZ	ACTROS 3344K
	VOLQUETES	MERCEDES BENZ	ACTROS 3344K
	VOLQUETES	MERCEDES BENZ	ACTROS 3344K
	VOLQUETES	MERCEDES BENZ	CQ3254HTG384
	VOLQUETES	MERCEDES BENZ	ACTROS 3344K
VOLQUETES	MERCEDES BENZ	ACTROS 3344K	
VOLQUETES	MERCEDES BENZ	ACTROS 3344K	
TRACTO REMOLCADOR	KENWORTH	T800ISX450	
EQUIPOS INDUSTRIALES	PLANTA DE ASFALTO	ADM	SPL160
	MICRO PAVIMENTADORA	ZHETONG	LMT5255TXF
	MICRO PAVIMENTADORA	ZHETONG	LMT5255TXF
EQUIPO MENORES	CAMIONETA PICK UP	TOYOTA	HILUX
	CAMIONETA RURAL	HYUNDAI	H1 - M / BUS
	CAMIONETA PICK UP	TOYOTA	HILUX
	CAMIONETA PICK UP	TOYOTA	HILUX
	CAMIONETA PICK UP / BARANDA	IZUZO	NLR85L - EE1AYPE
	CAMIONETA PICK UP	TOYOTA	HILUX
	MINI BUS / 16 PASAJEROS	JAC	SUNRAY
	CAMIONETA PICK UP	TOYOTA	HILUX
MINI BUS / 16 PASAJEROS	NISSAN		

Fuente: ROAD SOLUTIONS EIRL.

La maquinaria de la empresa se divide en cuatro grandes grupos, los que se muestran en la tabla 1, siendo éstas: equipos pesados, equipos de transporte, equipos industriales y equipos menores.

Están constituidos por la maquinaria que se utiliza para realizar operaciones de remoción de tierra, excavación y de colocación de la capa asfáltica. Los equipos actualmente se encuentran operativos, sin embargo, en ocasiones no se encuentran disponibles para su uso debido a problemas técnicos en sus sistemas, problemas de coordinación administrativa, falta de mantenimiento preventivo, entre otras.

### **3.1.2. Tiempo de Reparación de Fallos (MTTR)**

El tiempo promedio de reparación de fallos de toda la maquinaria que se utiliza en carretera, se tiene el registro del tiempo durante el cual la maquinaria ingresa a taller para reparación, o el tiempo en el cual se realiza la reparación in situ. En el año 2108, durante la labor de operación de mantenimiento de carretera y de colocación de capa asfáltica, la maquinaria tuvo muchas fallas, las cuales fueron superadas por el personal mecánico de la empresa, siendo uno de los motivos del incremento de dicho tiempo, el no tener un plan de mantenimiento preventivo, no tener los repuestos oportunos, paradas intempestivas por fallo mecánico, entre otros.

Los equipos están programados para que operen 8 horas diarias, durante 6 días a la semana, es decir que el número total de horas al mes de operación es de  $8 \times 6 \times 4 = 192$  Horas. En la tabla 2 se tiene un reporte de las horas que no operaron debido a fallas técnicas en sus sistemas.

Tabla 2. Tiempo Promedio de reparación de fallos (MTTR) Año 2018

Tipo de Equipo	Descripción	Tiempo (en Horas) Promedio de reparación de fallos (MTTR) Año 2018											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EQUIPO PESADO	RECICLADORA 1	22	18	23	19	25	31	12	19	22	11	19	25
	RECICLADORA 2	11	13	16	11	15	11	24	21	25	23	11	13
	CARGADOR FRONTAL	14	0	0	0	3	15	19	0	0	16	15	0
	FRESADORA ASFALTO	12	4	23	12	4	0	0	0	11	5	13	2
	Moto Niveladora	21	13	21	15	13	12	11	13	21	12	13	9
	Pavimentadora	3	0	0	0	5	3	3	2	0	0	0	0
	Rodillo Compactador	0	0	0	0	12	15	12	0	0	12	15	19
	RODILLO NEUMÁTICO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RETRO EXCAVADORA	0	0	0	17	19	21	0	0	0	0	0	12
	MINICARGADOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQUIPOS DE TRANSPORTE	CISTERNA DE AGUA 1	0	0	23	12	0	0	0	0	21	14	11	6
	CISTERNA DE AGUA 2	12	16	0	0	0	0	0	0	0	13	32	7
	CISTERNA DE COMBUSTIBLE 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CISTERNA EMULSIÓN 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CISTERNA EMULSIÓN 2	0	0	0	0	13	0	0	0	0	27	0	0
	CAMIÓN DONGFENG 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIÓN DONGFENG 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIÓN BARANDA 1	0	0	0	0	0	0	13	14	12	0	0	0
	CAMION BARANDA 2	0	0	0	0	0	0	32	0	0	26	0	0
	CAMION BARANDA 3	14	0	0	0	0	14	11	0	0	0	0	13
	VOLQUETES 1	13	10	0	0	0	0	0	12	9	11	12	9
	VOLQUETES 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 3	24	21	21	19	13	3	4	12	14	18	11	13
	VOLQUETES 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 7	16	21	21	29	22	21	31	22	12	5	5	0
	VOLQUETES 8	0	0	0	0	12	16	19	11	22	27	0	0
	VOLQUETES 9	11	12	11	0	0	0	0	0	0	31	0	0
TRACTO REMOLCADOR	12	11	15	12	12	25	21	6	7	5	0	25	
EQUIPOS INDUSTRIALES	PLANTA DE ASFALTO	12	11	0	0	0	0	0	0	23	0	0	
	MICRO PAVIMENTADORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	MICRO PAVIMENTADORA	0	0	0	0	0	0	0	15	19	0	0	
EQUIPO MENORES	CAMIONETA PICK UP 1	3	4	12	12	3	3	3	2	2	1	1	1
	CAMIONETA RURAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIONETA PICK UP 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIONETA PICK UP 3	19	11	0	0	0	0	0	0	0	0	15	13
	CAMIONETA PICK UP / BARANDA	2	0	0	0	3	3	11	0	0	0	0	4
	CAMIONETA PICK UP 4	21	18	25	11	23	25	12	15	18	0	0	12
	MINI BUS / 16 PASAJEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIONETA PICK UP 5	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0
MINI BUS / 16 PASAJEROS	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: ROAD SOLUTIONS EIRL.

Tipo de Equipo	Descripción	Tiempo (en Horas) Promedio de reparación de fallos (MTTR) Año 2017											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EQUIPO PESADO	RECICLADORA 1	18	17	21	12	14	24	11	17	14	12	14	19
	RECICLADORA 2	10	13	14	11	14	11	12	21	21	23	12	17
	CARGADOR FRONTAL	12	0	2	0	3	15	19	2	0	11	15	0
	FRESADORA ASFALTO	12	4	23	12	4	0	0	0	11	5	13	2
	Moto Niveladora	18	13	21	15	13	12	11	13	21	12	13	9
	Pavimentadora	2	0	0	0	5	3	3	2	0	0	0	0
	Rodillo Compactador	0	0	0	0	12	15	12	0	0	12	15	19
	RODILLO NEUMÁTICO	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RETRO EXCAVADORA	0	2	0	17	19	21	0	0	0	0	0	2
	MINICARGADOR	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQUIPOS DE TRANSPORTE	CISTERNA DE AGUA 1	0	0	21	11	0	0	0	0	18	14	10	4
	CISTERNA DE AGUA 2	12	16	0	0	0	0	0	0	0	13	32	7
	CISTERNA DE COMBUSTIBLE 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CISTERNA EMULSIÓN 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CISTERNA EMULSIÓN 2	0	0	0	0	13	0	0	0	0	27	0	0
	CAMIÓN DONGFENG 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIÓN DONGFENG 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIÓN BARANDA 1	0	0	0	0	0	0	13	14	12	0	0	0
	CAMION BARANDA 2	0	0	0	0	0	0	32	0	0	26	0	0
	CAMION BARANDA 3	14	0	0	0	0	14	11	0	0	0	0	13
	VOLQUETES 1	13	10	0	0	0	0	0	12	9	11	12	9
	VOLQUETES 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 3	24	21	21	19	13	3	4	12	14	18	11	13
	VOLQUETES 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 7	16	21	21	29	22	21	31	22	12	5	5	0
	VOLQUETES 8	0	0	0	0	12	16	19	11	22	27	0	0
	VOLQUETES 9	10	12	11	0	0	0	0	0	0	31	0	0
TRACTO REMOLCADOR	11	11	15	12	12	25	21	1	2	5	0	21	
EQUIPOS INDUSTRIALES	PLANTA DE ASFALTO	8	8	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0
	MICRO PAVIMENTADORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MICRO PAVIMENTADORA	0	0	0	0	0	0	0	15	19	0	0	0
EQUIPO MENORES	CAMIONETA PICK UP 1	3	4	12	12	3	3	3	2	2	1	1	1
	CAMIONETA RURAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIONETA PICK UP 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIONETA PICK UP 3	19	11	0	0	0	0	0	0	0	0	15	11
	CAMIONETA PICK UP / BARANDA	2	0	0	0	3	3	11	0	0	0	0	4
	CAMIONETA PICK UP 4	18	11	12	10	14	25	12	11	11	0	0	10
	MINI BUS / 16 PASAJEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIONETA PICK UP 5	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0
	MINI BUS / 16 PASAJEROS	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0

Tipo de Equipo	Descripción	Tiempo (en Horas) Promedio de reparación de fallos (MTTR) Año 2016											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EQUIPO PESADO	RECICLADORA 1	12	11	12	18	14	24	11	17	14	12	14	12
	RECICLADORA 2	8	13	14	11	14	11	12	21	21	23	12	16
	CARGADOR FRONTAL	9	0	2	0	3	15	19	2	0	11	15	0
	FRESADORA ASFALTO	11	2	23	12	4	0	0	0	11	5	13	2
	Moto Niveladora	9	11	21	17	11	10	11	13	12	12	17	7
	Pavimentadora	2	0	0	0	5	3	3	2	0	0	0	0
	Rodillo Compactador	0	0	0	0	9	15	11	0	0	12	15	18
	RODILLO NEUMÁTICO	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RETRO EXCAVADORA	0	2	0	17	19	21	0	0	0	0	0	2
	MINICARGADOR	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQUIPOS DE TRANSPORTE	CISTERNA DE AGUA 1	0	0	21	11	0	0	0	0	18	14	10	4
	CISTERNA DE AGUA 2	10	16	0	0	0	0	0	0	0	12	32	3
	CISTERNA DE COMBUSTIBLE 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CISTERNA EMULSIÓN 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CISTERNA EMULSIÓN 2	0	0	0	0	13	0	0	0	0	27	0	0
	CAMIÓN DONGFENG 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIÓN DONGFENG 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIÓN BARANDA 1	0	0	0	0	0	0	13	14	12	0	0	0
	CAMIÓN BARANDA 2	0	0	0	0	0	0	32	0	0	26	0	0
	CAMIÓN BARANDA 3	14	0	0	0	0	14	11	0	0	0	0	13
	VOLQUETES 1	13	10	0	0	0	0	0	12	9	11	12	9
	VOLQUETES 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 3	24	21	21	19	13	3	4	12	14	18	11	13
	VOLQUETES 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VOLQUETES 7	16	18	20	27	18	18	21	28	12	5	4	3
	VOLQUETES 8	0	0	0	0	12	16	19	11	22	27	0	2
	VOLQUETES 9	10	12	11	0	0	0	0	0	0	31	0	0
	TRACTO REMOLCADOR	11	11	15	12	12	25	21	1	2	5	0	21
EQUIPOS INDUSTRIALES	PLANTA DE ASFALTO	8	8	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0
	MICRO PAVIMENTADORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MICRO PAVIMENTADORA	0	0	0	0	11	0	0	12	12	0	0	0
EQUIPO MENORES	CAMIONETA PICK UP 1	3	4	12	12	3	3	3	2	2	1	1	1
	CAMIONETA RURAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIONETA PICK UP 2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIONETA PICK UP 3	19	11	0	0	0	0	0	0	0	0	15	11
	CAMIONETA PICK UP / BARANDA	2	0	0	0	3	3	11	0	0	0	0	4
	CAMIONETA PICK UP 4	11	16	12	14	14	25	12	12	11	0	0	11
	MINI BUS / 16 PASAJEROS	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIONETA PICK UP 5	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0
MINI BUS / 16 PASAJEROS	2	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	

De los equipos pesados, se tiene la siguiente distribución de los tiempos de reparación (horas al mes)

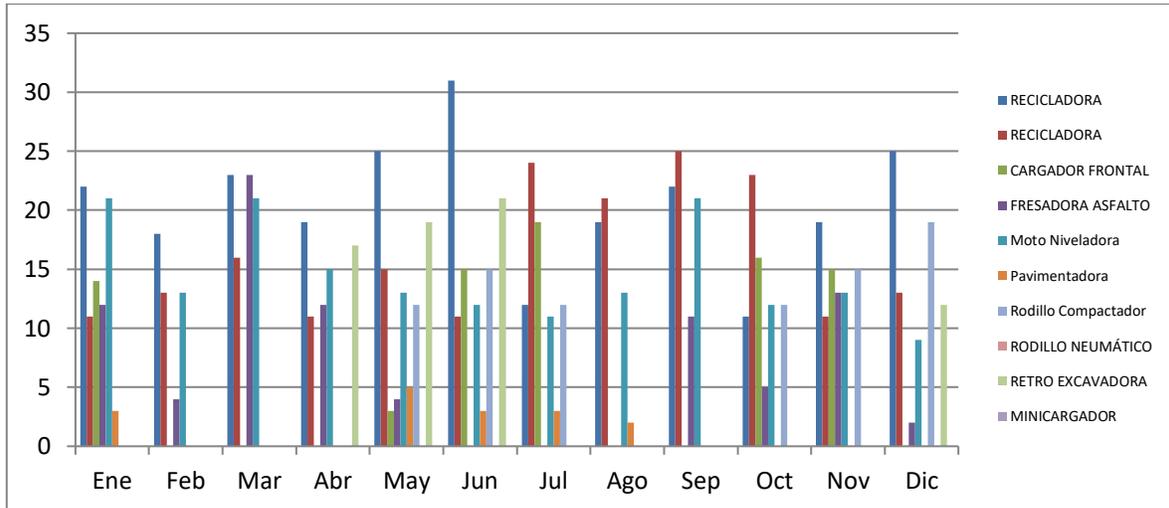


Figura 1. Tiempo de reparación de fallos al mes (MTTR), de equipos pesados.

De los 10 equipos pesados, se tiene que la recicladora 1, en el mes de Junio, tuvo el registro mayor de número de horas para la reparación de sus sistemas, con 31 horas, lo cual significa que las labores en carretera se paralizaban debido a que es un equipo que realiza la instalación de la capa asfáltica.

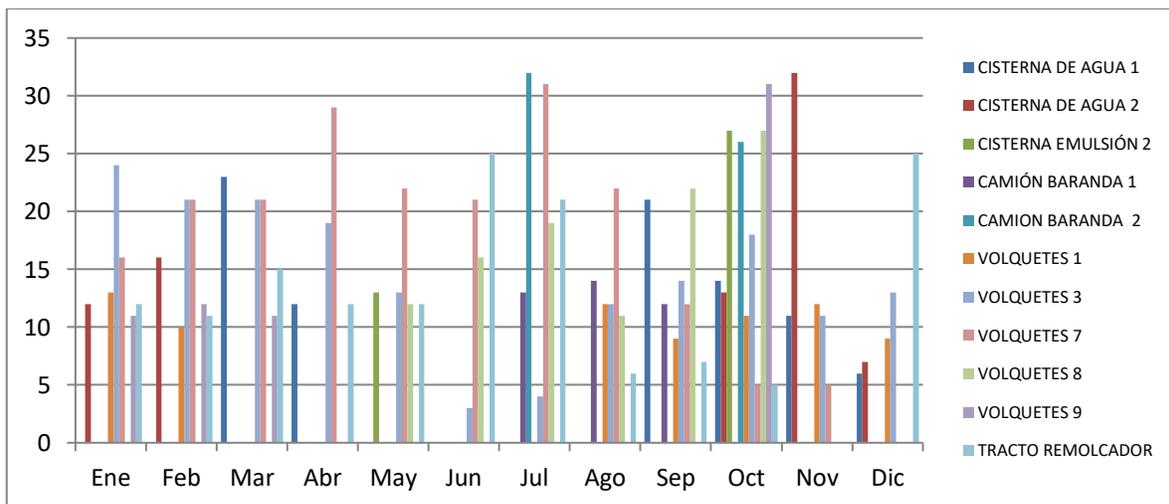


Figura 2. Tiempo de reparación de fallos al mes (MTTR), de equipos Industriales.

De los 20 equipos de transporte, se tiene que la cisterna de agua 2, en el mes de Noviembre, tuvo el registro mayor de número de horas para la reparación de sus sistemas, con 32 horas, lo cual significa que las labores en carretera se paralizaban debido a que es un equipo que lleva el agua hacia la carretera para la compactación de material en la carretera.

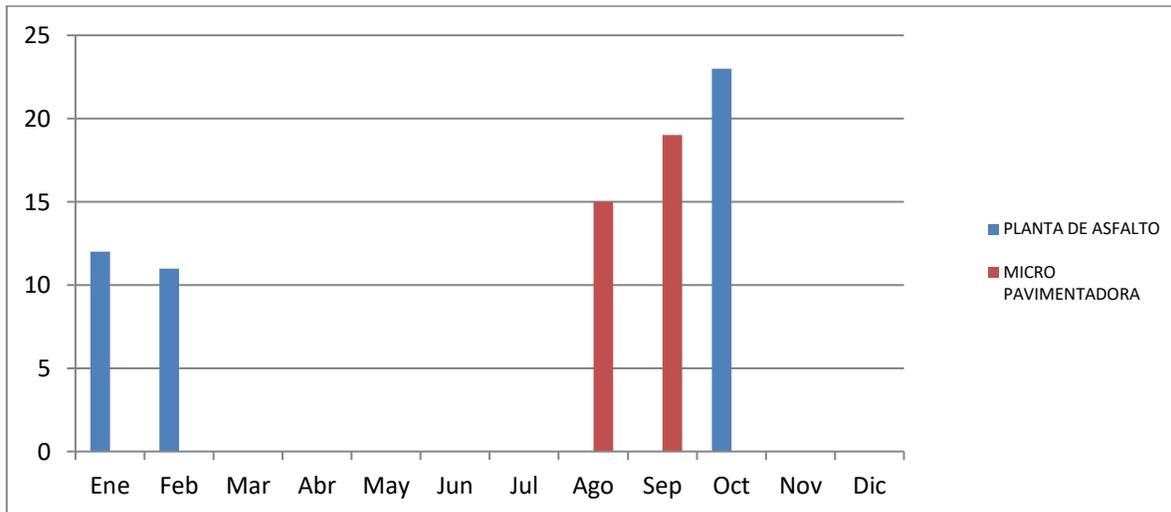


Figura 3. Tiempo de reparación de fallos al mes (MTTR), de equipos de transporte.

De los 3 equipos industriales, se tiene que la planta de asfalto, en el mes de Octubre, tuvo el registro mayor de número de horas para la reparación de sus sistemas, con 23 horas, lo cual significa que las labores en carretera se paralizaban debido a que es un equipo que realiza el proceso de mezcla de los insumos para la capa de asfalto en carretera.

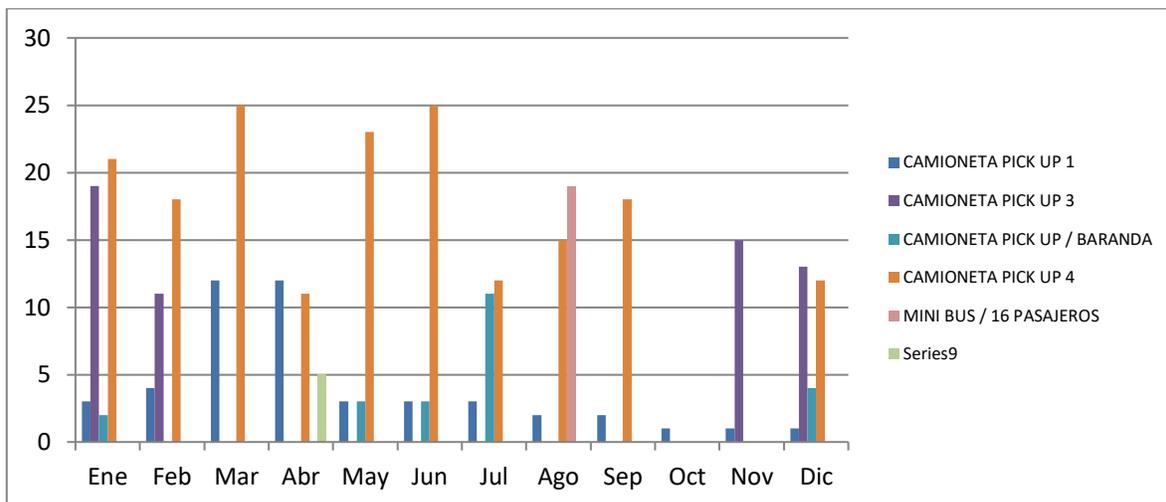


Figura 4. Tiempo de reparación de fallos al mes (MTTR), de equipos menores.

De los 9 equipos menores, se tiene que la CAMIONETA PICK UP 4, en el mes de Marzo, tuvo el registro mayor de número de horas para la reparación de sus sistemas, con 25 horas, lo cual significa que las labores en carretera se paralizaban debido a que es un equipo necesario para el transporte de insumos, repuestos, accesorios a la maquinaria de carretera.

## 3.2. Cálculo de Indicadores de Mantenimiento: Disponibilidad y Confiabilidad.

### 3.2.1. Cálculo de la Disponibilidad

Para determinar el valor de la disponibilidad actual de cada bus de la empresa, se emplea con la siguiente relación, el cual relaciona los tiempos promedios entre defectos y los tiempos promedios de arreglos.

$$D = 100 * \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Dónde:

D: Disponibilidad.

MTBF = Tiempo promedio entre defectos.

MTTR = Tiempo promedio de arreglo.

El valor de tiempo promedio entre defectos MTBF, se determina a partir del tiempo total de operación de la maquinaria durante un tiempo determinado (en un mes el tiempo de operación es de 192 horas), menos el tiempo promedio de arreglo MTTR, es decir

$$MTBF = TO - MTTR$$

Dónde:

MTBF. Tiempo promedio entre defectos.

TO: Tiempo total de operación.

MTTR: Tiempo promedio de arreglo.

Reemplazando valores de la tabla 2, se determina el MTBF Tiempo promedio entre defectos. En la tabla 3 se muestra los valores del MTBF de los 4 tipos de equipos que se tiene en la empresa ROAD SOLUTIONS EIRL.: equipos pesados, equipos de transporte, equipos industriales y equipos menores.

Tabla 3. MTBF de maquinaria de ROAD SOLUTIONS EIRL.

Tipo de Equipo	Descripción	Tiempo promedio entre defectos (MTBF) Año 2018											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic
EQUIPO PESADO	RECICLADORA	170	174	169	173	167	161	180	173	170	181	173	167
	RECICLADORA	181	179	176	181	177	181	168	171	167	169	181	179
	CARGADOR FRONTAL	178	192	192	192	189	177	173	192	192	176	177	192
	FRESADORA ASFALTO	180	188	169	180	188	192	192	192	181	187	179	190
	Moto Niveladora	171	179	171	177	179	180	181	179	171	180	179	183
	Pavimentadora	189	192	192	192	187	189	189	190	192	192	192	192
	Rodillo Compactador	192	192	192	192	180	177	180	192	192	180	177	173
	RODILLO NEUMÁTICO	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	RETRO EXCAVADORA	192	192	192	175	173	171	192	192	192	192	192	180
MINICARGADOR	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	
EQUIPOS DE TRANSPORTE	CISTERNA DE AGUA 1	192	192	169	180	192	192	192	192	171	178	181	186
	CISTERNA DE AGUA 2	180	176	192	192	192	192	192	192	192	179	160	185
	CISTERNA DE COMBUSTIBLE 1	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	CISTERNA EMULSIÓN 1	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	CISTERNA EMULSIÓN 2	192	192	192	192	179	192	192	192	192	165	192	192
	CAMIÓN DONGFENG 1	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	CAMIÓN DONGFENG 2	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	CAMIÓN BARANDA 1	192	192	192	192	192	192	179	178	180	192	192	192
	CAMION BARANDA 2	192	192	192	192	192	192	160	192	192	166	192	192
	CAMION BARANDA 3	178	192	192	192	192	178	181	192	192	192	192	179
	VOLQUETES 1	179	182	192	192	192	192	192	180	183	181	180	183
	VOLQUETES 2	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	VOLQUETES 3	168	171	171	173	179	189	188	180	178	174	181	179
	VOLQUETES 4	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	VOLQUETES 5	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	VOLQUETES 6	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	VOLQUETES 7	176	171	171	163	170	171	161	170	180	187	187	192
	VOLQUETES 8	192	192	192	192	180	176	173	181	170	165	192	192
VOLQUETES 9	181	180	181	192	192	192	192	192	192	161	192	192	
TRACTO REMOLCADOR	180	181	177	180	180	167	171	186	185	187	192	167	
EQUIPOS INDUSTRIALES	PLANTA DE ASFALTO	180	181	192	192	192	192	192	192	192	169	192	192
	MICRO PAVIMENTADORA	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	MICRO PAVIMENTADORA	192	192	192	192	192	192	192	177	173	192	192	192
EQUIPO MENORES	CAMIONETA PICK UP 1	189	188	180	180	189	189	189	190	190	191	191	191
	CAMIONETA RURAL	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	CAMIONETA PICK UP 2	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	CAMIONETA PICK UP 3	173	181	192	192	192	192	192	192	192	192	177	179
	CAMIONETA PICK UP / BARANDA	190	192	192	192	189	189	181	192	192	192	192	188
	CAMIONETA PICK UP 4	171	174	167	181	169	167	180	177	174	192	192	180
	MINI BUS / 16 PASAJEROS	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
	CAMIONETA PICK UP 5	192	192	192	192	192	192	192	173	192	192	192	192
MINI BUS / 16 PASAJEROS	192	192	192	187	192	192	192	192	192	192	192	192	

Fuente: ROAD SOLUTIONS EIRL.

Tipo de Equipo	Descripción	Tiempo promedio entre defectos (MTBF) Año 2017											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic
EQUIPO PESADO	RECICLADORA	173	177	172	176	170	164	184	176	173	185	176	170
	RECICLADORA	185	183	180	185	181	185	171	174	170	172	185	183
	CARGADOR FRONTAL	182	196	196	196	193	181	176	196	196	180	181	196
	FRESADORA ASFALTO	184	192	172	184	192	196	196	196	185	191	183	194
	Moto Niveladora	174	183	174	181	183	184	185	183	174	184	183	187
	Pavimentadora	193	196	196	196	191	193	193	194	196	196	196	196
	Rodillo Compactador	196	196	196	196	184	181	184	196	196	184	181	176
	RODILLO NEUMÁTICO	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	RETRO EXCAVADORA	196	196	196	179	176	174	196	196	196	196	196	184
	MINICARGADOR	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
EQUIPOS DE TRANSPORTE	CISTERNA DE AGUA 1	196	196	172	184	196	196	196	196	174	182	185	190
	CISTERNA DE AGUA 2	184	180	196	196	196	196	196	196	196	183	163	189
	CISTERNA DE COMBUSTIBLE 1	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	CISTERNA EMULSIÓN 1	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	CISTERNA EMULSIÓN 2	196	196	196	196	183	196	196	196	196	168	196	196
	CAMIÓN DONGFENG 1	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	CAMIÓN DONGFENG 2	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	CAMIÓN BARANDA 1	196	196	196	196	196	196	183	182	184	196	196	196
	CAMION BARANDA 2	196	196	196	196	196	196	163	196	196	169	196	196
	CAMION BARANDA 3	182	196	196	196	196	182	185	196	196	196	196	183
	VOLQUETES 1	183	186	196	196	196	196	196	184	187	185	184	187
	VOLQUETES 2	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	VOLQUETES 3	171	174	174	176	183	193	192	184	182	177	185	183
	VOLQUETES 4	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	VOLQUETES 5	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	VOLQUETES 6	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	VOLQUETES 7	180	174	174	166	173	174	164	173	184	191	191	196
	VOLQUETES 8	196	196	196	196	184	180	176	185	173	168	196	196
	VOLQUETES 9	185	184	185	196	196	196	196	196	196	164	196	196
	TRACTO REMOLCADOR	184	185	181	184	184	170	174	190	189	191	196	170
EQUIPOS INDUSTRIALES	PLANTA DE ASFALTO	184	185	196	196	196	196	196	196	196	172	196	196
	MICRO PAVIMENTADORA	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	MICRO PAVIMENTADORA	196	196	196	196	196	196	196	181	176	196	196	196
EQUIPO MENORES	CAMIONETA PICK UP 1	193	192	184	184	193	193	193	194	194	195	195	195
	CAMIONETA RURAL	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	CAMIONETA PICK UP 2	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	CAMIONETA PICK UP 3	176	185	196	196	196	196	196	196	196	196	181	183
	CAMIONETA PICK UP / BARANDA	194	196	196	196	193	193	185	196	196	196	196	192
	CAMIONETA PICK UP 4	174	177	170	185	172	170	184	181	177	196	196	184
	MINI BUS / 16 PASAJEROS	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
	CAMIONETA PICK UP 5	196	196	196	196	196	196	196	176	196	196	196	196
MINI BUS / 16 PASAJEROS	196	196	196	191	196	196	196	196	196	196	196	196	

Tipo de Equipo	Descripción	Tiempo promedio entre defectos (MTBF) Año 2016											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic
EQUIPO PESADO	RECICLADORA	159	163	158	162	156	151	168	162	159	169	162	156
	RECICLADORA	169	168	165	169	166	169	157	160	156	158	169	168
	CARGADOR FRONTAL	167	180	180	180	177	166	162	180	180	165	166	180
	FRESADORA ASFALTO	168	176	158	168	176	180	180	180	169	175	168	178
	MOTO NIVELADORA	160	168	160	166	168	168	169	168	160	168	168	171
	PAVIMENTADORA	177	180	180	180	175	177	177	178	180	180	180	180
	RODILLO COMPACTADOR	180	180	180	180	168	166	168	180	180	168	166	162
	RODILLO NEUMÁTICO	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	RETRO EXCAVADORA	180	180	180	164	162	160	180	180	180	180	180	168
	MINICARGADOR	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
EQUIPOS DE TRANSPORTE	CISTERNA DE AGUA 1	180	180	158	168	180	180	180	180	160	167	169	174
	CISTERNA DE AGUA 2	168	165	180	180	180	180	180	180	180	168	150	173
	CISTERNA DE COMBUSTIBLE 1	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	CISTERNA EMULSIÓN 1	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	CISTERNA EMULSIÓN 2	180	180	180	180	168	180	180	180	180	154	180	180
	CAMIÓN DONGFENG 1	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	CAMIÓN DONGFENG 2	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	CAMIÓN BARANDA 1	180	180	180	180	180	180	168	167	168	180	180	180
	CAMIÓN BARANDA 2	180	180	180	180	180	180	150	180	180	155	180	180
	CAMIÓN BARANDA 3	167	180	180	180	180	167	169	180	180	180	180	168
	VOLQUETES 1	168	170	180	180	180	180	180	168	171	169	168	171
	VOLQUETES 2	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	VOLQUETES 3	157	160	160	162	168	177	176	168	167	163	169	168
	VOLQUETES 4	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	VOLQUETES 5	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	VOLQUETES 6	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	VOLQUETES 7	165	160	160	153	159	160	151	159	168	175	175	180
	VOLQUETES 8	180	180	180	180	168	165	162	169	159	154	180	180
	VOLQUETES 9	169	168	169	180	180	180	180	180	180	151	180	180
	TRACTO REMOLCADOR	168	169	166	168	168	156	160	174	173	175	180	156
EQUIPOS INDUSTRIALES	PLANTA DE ASFALTO	168	169	180	180	180	180	180	180	158	180	180	
	MICRO PAVIMENTADORA	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	
	MICRO PAVIMENTADORA	180	180	180	180	180	180	180	166	162	180	180	
EQUIPO MENORES	CAMIONETA PICK UP 1	177	176	168	168	177	177	177	178	178	179	179	179
	CAMIONETA RURAL	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	CAMIONETA PICK UP 2	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	CAMIONETA PICK UP 3	162	169	180	180	180	180	180	180	180	166	168	180
	CAMIONETA PICK UP / BARANDA	178	180	180	180	177	177	169	180	180	180	180	176
	CAMIONETA PICK UP 4	160	163	156	169	158	156	168	166	163	180	180	168
	MINI BUS / 16 PASAJEROS	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	CAMIONETA PICK UP 5	180	180	180	180	180	180	180	162	180	180	180	180
	MINI BUS / 16 PASAJEROS	180	180	180	175	180	180	180	180	180	180	180	180

Luego, se determina el valor de disponibilidad de la maquinaria, el cual se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Disponibilidad de maquinaria en carretera. Año 2018

Tipo de Equipo	Descripción	DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA EN CARRETERA. Año 2018											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic
EQUIPO PESADO	RECICLADORA	88.5	90.6	88.0	90.1	87.0	83.9	93.8	90.1	88.5	94.3	90.1	87.0
	RECICLADORA	94.3	93.2	91.7	94.3	92.2	94.3	87.5	89.1	87.0	88.0	94.3	93.2
	CARGADOR FRONTAL	92.7	100.0	100.0	100.0	98.4	92.2	90.1	100.0	100.0	91.7	92.2	100.0
	FRESADORA ASFALTO	93.8	97.9	88.0	93.8	97.9	100.0	100.0	100.0	94.3	97.4	93.2	99.0
	Moto Niveladora	89.1	93.2	89.1	92.2	93.2	93.8	94.3	93.2	89.1	93.8	93.2	95.3
	Pavimentadora	98.4	100.0	100.0	100.0	97.4	98.4	98.4	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Rodillo Compactador	100.0	100.0	100.0	100.0	93.8	92.2	93.8	100.0	100.0	93.8	92.2	90.1
	RODILLO NEUMÁTICO	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	RETRO EXCAVADORA	100.0	100.0	100.0	91.1	90.1	89.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.8
MINICARGADOR	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
EQUIPOS DE TRANSPORTE	CISTERNA DE AGUA 1	100.0	100.0	88.0	93.8	100.0	100.0	100.0	100.0	89.1	92.7	94.3	96.9
	CISTERNA DE AGUA 2	93.8	91.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.2	83.3	96.4
	CISTERNA DE COMBUSTIBLE 1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	CISTERNA EMULSIÓN 1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	CISTERNA EMULSIÓN 2	100.0	100.0	100.0	100.0	93.2	100.0	100.0	100.0	100.0	85.9	100.0	100.0
	CAMIÓN DONGFENG 1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	CAMIÓN DONGFENG 2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	CAMIÓN BARANDA 1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.2	92.7	93.8	100.0	100.0	100.0
	CAMION BARANDA 2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.3	100.0	100.0	86.5	100.0	100.0
	CAMION BARANDA 3	92.7	100.0	100.0	100.0	100.0	92.7	94.3	100.0	100.0	100.0	100.0	93.2
	VOLQUETES 1	93.2	94.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.8	95.3	94.3	93.8	95.3
	VOLQUETES 2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	VOLQUETES 3	87.5	89.1	89.1	90.1	93.2	98.4	97.9	93.8	92.7	90.6	94.3	93.2
	VOLQUETES 4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	VOLQUETES 5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	VOLQUETES 6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	VOLQUETES 7	91.7	89.1	89.1	84.9	88.5	89.1	83.9	88.5	93.8	97.4	97.4	100.0
	VOLQUETES 8	100.0	100.0	100.0	100.0	93.8	91.7	90.1	94.3	88.5	85.9	100.0	100.0
VOLQUETES 9	94.3	93.8	94.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.9	100.0	100.0	
TRACTO REMOLCADOR	93.8	94.3	92.2	93.8	93.8	87.0	89.1	96.9	96.4	97.4	100.0	87.0	
EQUIPOS INDUSTRIALES	PLANTA DE ASFALTO	93.8	94.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.0	100.0	100.0
	MICRO PAVIMENTADORA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	MICRO PAVIMENTADORA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	92.2	90.1	100.0	100.0	100.0
EQUIPO MENORES	CAMIONETA PICK UP 1	98.4	97.9	93.8	93.8	98.4	98.4	98.4	99.0	99.0	99.5	99.5	99.5
	CAMIONETA RURAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	CAMIONETA PICK UP 2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	CAMIONETA PICK UP 3	90.1	94.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	92.2	93.2
	CAMIONETA PICK UP / BARANDA	99.0	100.0	100.0	100.0	98.4	98.4	94.3	100.0	100.0	100.0	100.0	97.9
	CAMIONETA PICK UP 4	89.1	90.6	87.0	94.3	88.0	87.0	93.8	92.2	90.6	100.0	100.0	93.8
	MINI BUS / 16 PASAJEROS	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	CAMIONETA PICK UP 5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	90.1	100.0	100.0	100.0	100.0
MINI BUS / 16 PASAJEROS	100.0	100.0	100.0	97.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

Fuente: Autoría Propia.

De la tabla 4, se puede apreciar que el valor de la disponibilidad en los 4 tipos de maquinaria que se tiene en la empresa es variable, presentando valores por debajo a los estándares internacionales, con lo cual se evidencia que los planes de mantenimiento preventivo en la maquinaria no es el correcto, y que solo se está realizando mantenimiento correctivo, lo que está ocasionando pérdidas de tiempo en las labores de mantenimiento de la carretera, y por ende pérdidas económicas a la empresa.

Para el caso de los equipos pesados, de la tabla de disponibilidad, se obtiene la frecuencia de los valores de disponibilidad dentro de un rango especificado.

Tabla 5. Disponibilidad Equipos Pesados

Disponibilidad %	fi
88.5- 90	15
90 - 95	40
95 - 100	65

Fuente: Autoría propia.

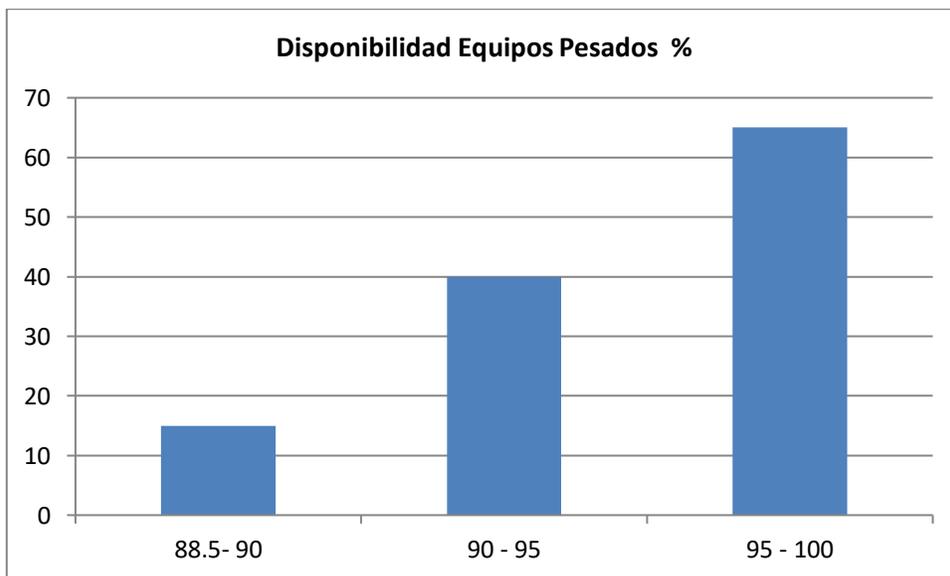


Figura 5. Disponibilidad de equipos pesados %.

De la figura 5, se puede observar que existe en los 12 meses del año 2018, 15 equipos pesados que presentaron un valor de disponibilidad entre 88.5 y 90%, es decir valores significativos en la operación de la maquinaria en carretera de la empresa ROAD SOLUTIONS EIRL.

Para el caso de los equipos de transporte, de la tabla de disponibilidad, se obtiene la frecuencia de los valores de disponibilidad dentro de un rango especificado.

Tabla 5. Disponibilidad Equipos de transporte

Disponibilidad %	fi
83.3-85	5
85-90	17
90-95	40
95 -100	178

Fuente: Autoría propia.

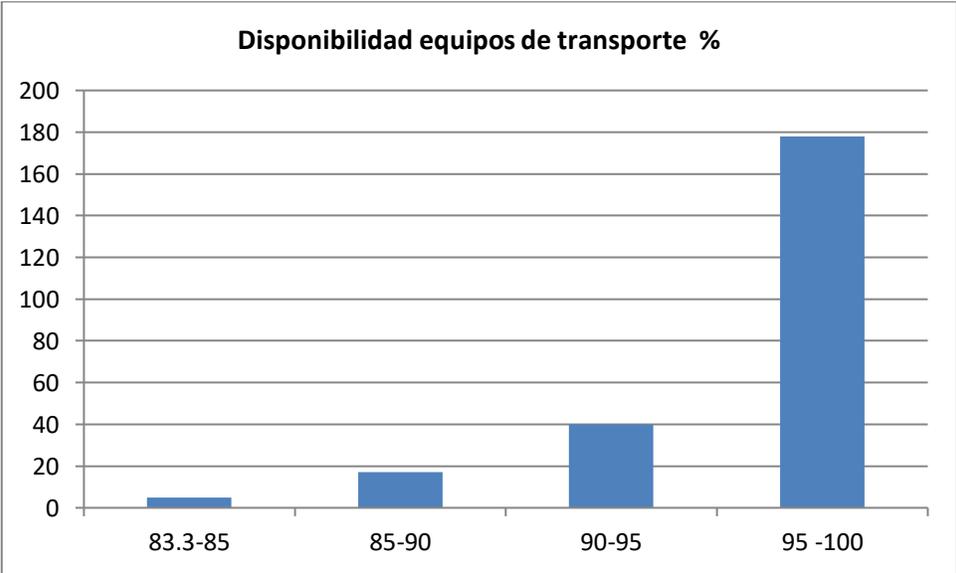


Figura 6. Disponibilidad de equipos de transporte %.

De la figura 6, se puede observar que existe en los 12 meses del año 2018, 5 equipos de transporte que presentaron un valor de disponibilidad entre 83.3 y 85%, es decir valores significativos en la operación de la maquinaria en carretera de la empresa ROAD SOLUTIONS EIRL.

Para el caso de los equipos industriales, de la tabla de disponibilidad, se obtiene la frecuencia de los valores de disponibilidad dentro de un rango especificado.

Tabla 6. Disponibilidad Equipos industriales

Disponibilidad %	fi
88- 90	1
90 - 95	4
95 - 100	30

Fuente: Autoría propia.

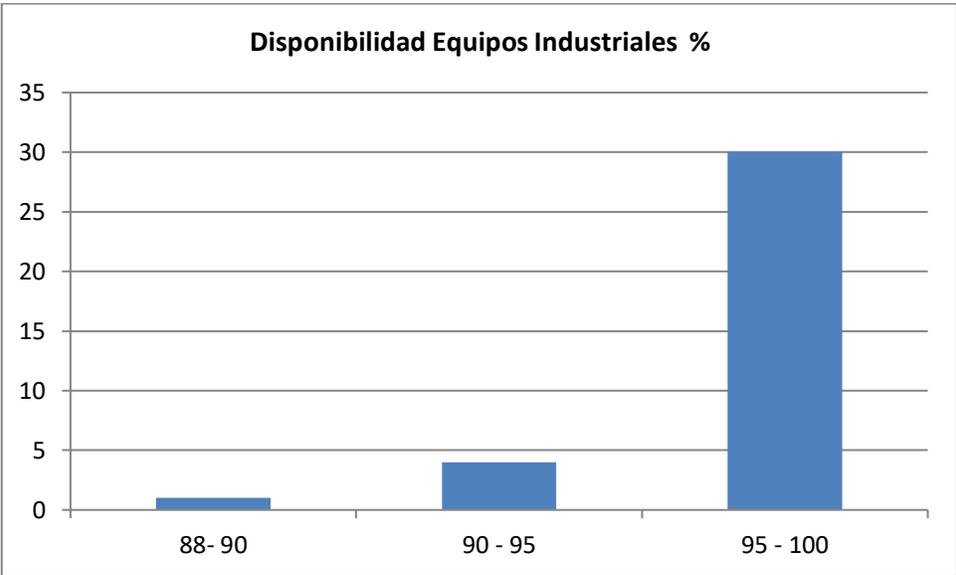


Figura 7. Disponibilidad de equipos industriales %.

De la figura 7, se puede observar que existe en los 12 meses del año 2018, 1 equipos de industriales que presentaron un valor de disponibilidad entre 88 – 90 %, es decir valores significativos en la operación de la maquinaria en carretera de la empresa ROAD SOLUTIONS EIRL.

### 3.2.2. Análisis de la Confiabilidad Actual de la Maquinaria.

Para realizar el análisis de confiabilidad de la maquinaria para carretera de la Empresa ROAD SOLUTIONS EIRL, se hace en función a los equipos que poseen un valor bajo de disponibilidad; en la tabla 7 se muestran dichos equipos.

Tabla 7. Equipos con valor bajo de disponibilidad

Descripción	Disponibilidad (%)
RECICLADORA 1	89.3
RECICLADORA 2	91.6
MOTO NIVELADORA	92.5
VOLQUETES 3	92.5
VOLQUETES 7	91.1
VOLQUETES 8	95.4
TRACTO REMOLCADOR	93.5
CAMIONETA PICK UP 4	92.2

Fuente Autoría Propia.

Para el análisis de la confiabilidad actual de los equipos que tienen bajo valor de confiabilidad de los pozos tubulares de la Empresa ROAD SOLUTIONS EIRL, se utiliza el método probabilístico de Weibull, el cual, mediante los valores del tiempo total entre fallos de cada mes, se determina el porcentaje de la probabilidad de fallo.

Tabla 8. Tiempo Total entre fallos (Horas)

Descripción	Tiempo Total entre fallos (Horas)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
RECICLADORA 1	170	174	169	173	167	161	180	173	170	181	173	167
RECICLADORA 2	181	179	176	181	177	181	168	171	167	169	181	179
MOTO NIVELADORA	171	179	171	177	179	180	181	179	171	180	179	183
VOLQUETES 3	168	171	171	173	179	189	188	180	178	174	181	179
VOLQUETES 7	176	171	171	163	170	171	161	170	180	187	187	192
VOLQUETES 8	192	192	192	192	180	176	173	181	170	165	192	192
TRACTO REMOLCADOR	180	181	177	180	180	167	171	186	185	187	192	167
CAMIONETA PICK UP 4	171	174	167	181	169	167	180	177	174	192	192	180

Empresa ROAD SOLUTIONS EIRL

El procedimiento se realiza:

- a) Ordenar todos los valores de tiempo total entre fallos, registrados en un determinado periodo.
- b) Ordenar todos los valores promedios en orden ascendente.
- c) Mediante la ecuación  $\text{Rango} = ((Mx - 0.3) / (N + 0.4))$ , se determina la mediana de la lista de observaciones, donde Mx, es la medida del valor de radiación en la posición x y N, es el número de observaciones.
- d) La función de Weibull, expresado en función exponencial, se resuelve linealizando los ejes cartesianos, mediante el logaritmo de la función, tanto para el x como para el eje y, que finalmente constituyen puntos que se enmarcan en una ecuación de la recta.
- e) En el eje Y, queda la expresión de  $\ln(\ln(1/(1 - \text{Median Rank})))$ , y en el eje X, los valores del tiempo total entre fallos

La confiabilidad de los tiempos entre fallos de los equipos de la empresa ROAD SOLUTIONS EIRL se realiza para cada uno de ellos, debido a que son dispositivos de diferentes características en cuanto a su potencia mecánica, velocidad, ritmo de uso, mantenimientos correctivos, etc.

### Análisis de confiabilidad de Recicladora 1

Se ordena los 12 valores del tiempo total entre fallos de la recicladora 1, en horas tal como se muestra en la tabla 9

Tabla 9. Tiempo total entre fallos de la recicladora 1

Nº	Valor de Tiempo total entre fallos	Mediana $((Mx - 0.3) / (N + 0.4))$ ,	$1/(1 - \text{Mediana})$	$Y = \ln(\ln(1/(1 - \text{Mediana})))$	$X = \ln(\text{Tiempo total entre fallos})$	X.Y	X2
1	161	0.1	1.1	-2.8	5.1	-14.5	25.8
2	167	0.1	1.2	-1.9	5.1	-9.8	26.2
3	167	0.2	1.3	-1.4	5.1	-7.2	26.2
4	169	0.3	1.4	-1.0	5.1	-5.3	26.3
5	170	0.4	1.6	-0.7	5.1	-3.8	26.4
6	170	0.5	1.9	-0.5	5.1	-2.5	26.4
7	173	0.5	2.2	-0.3	5.2	-1.3	26.6
8	173	0.6	2.6	0.0	5.2	-0.2	26.6
9	173	0.7	3.4	0.2	5.2	1.0	26.6
10	174	0.8	4.6	0.4	5.2	2.2	26.6
11	180	0.9	7.3	0.7	5.2	3.6	27.0
12	181	0.9	17.7	1.1	5.2	5.5	27.0
	suma			-6.4	61.7	-32.3	317.6

Esto se logra utilizando el método de regresión lineal, donde relaciona las variables, el proceso se ve reflejado por las ecuaciones:

$$Y_i = Ln[-Ln(1 - P_i)]$$

$$X_i = Ln(r)$$

$$a = -kLn(c)$$

$$b = k$$

$$a = \frac{n \cdot \sum(X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum(X \cdot Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$a = 33.72$$

$$b = -174.03 = k$$

La ecuación de la recta es:

$$Y = aX + b$$

De la expresión:  $a = -kLn(c)$  y  $b=k$

Se tiene:

$$c = e^{\frac{-k}{a}}$$

$$c = e^{\frac{174.03}{33.72}} = 174.13$$

El factor de escala c, indica el nivel promedio de la zona de estudio, y el factor de forma k es un índice de dispersión de los datos y la frecuencia con la que se presenta l tiempo entre fallos

Factor de forma	Factor de escala (Tiempo total entre fallos)
33.72	174.13

## Probabilidad de ocurrencia

Se utiliza la ecuación de distribución de Weibull,

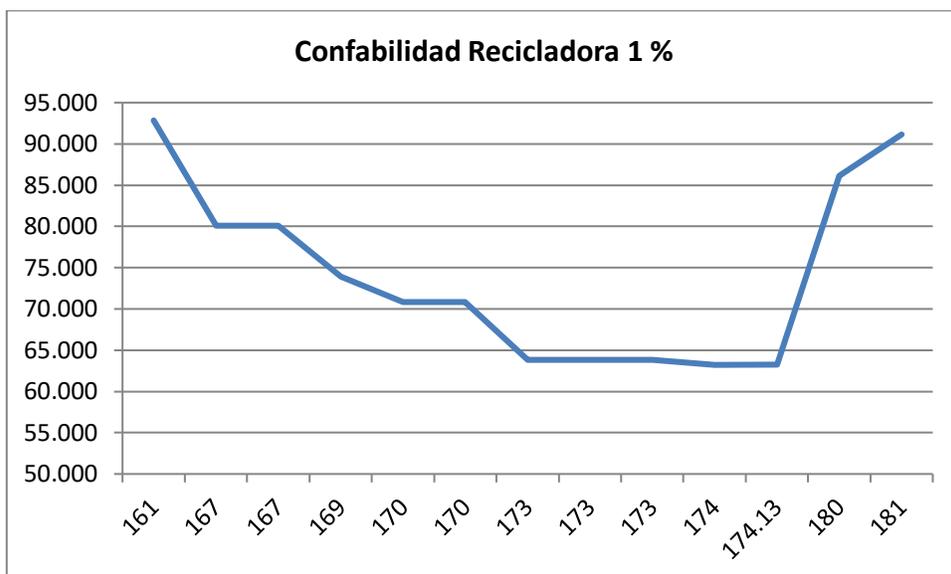
$$F(v) = 1 - \left(\frac{a}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{a-1}e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^a}$$

Reemplazando valores se tiene en la tabla 10, los valores de la probabilidad del tiempo de fallo de la Recicladora 1.

Tabla 10

Tiempo Total entre fallo Recicladora 1	Confiabilidad %
161	92.841
167	80.066
167	80.066
169	73.916
170	70.803
170	70.803
173	63.814
173	63.814
173	63.814
174	63.217
174.13	63.233
180	86.116
181	91.120

Fuente: Autoría Propia.



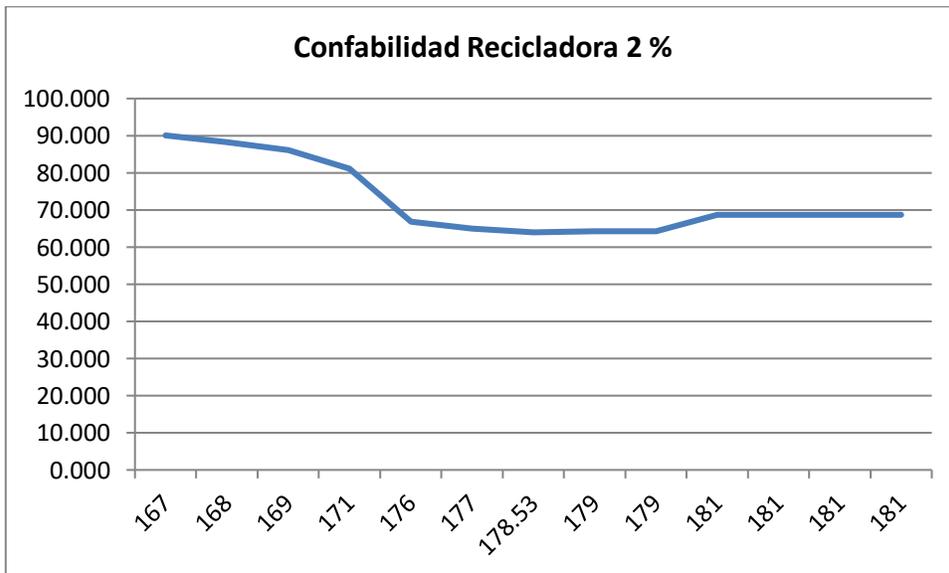
De manera análoga se determina el valor de confiabilidad de los equipos con bajo valor de disponibilidad, utilizando el mismo procedimiento descrito para el cálculo de la confiabilidad de la recicladora 1.

### Análisis de Confiabilidad Recicladora 2.

Nº	Valor de Tiempo total entre fallos	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(Tiempo total entre fallos)	X.Y	X2
1	167	0.1	1.1	-2.8	5.1	-14.6	26.2
2	168	0.1	1.2	-1.9	5.1	-9.8	26.3
3	169	0.2	1.3	-1.4	5.1	-7.2	26.3
4	171	0.3	1.4	-1.0	5.1	-5.3	26.4
5	176	0.4	1.6	-0.7	5.2	-3.8	26.7
6	177	0.5	1.9	-0.5	5.2	-2.5	26.8
7	179	0.5	2.2	-0.3	5.2	-1.3	26.9
8	179	0.6	2.6	0.0	5.2	-0.2	26.9
9	181	0.7	3.4	0.2	5.2	1.0	27.0
10	181	0.8	4.6	0.4	5.2	2.2	27.0
11	181	0.9	7.3	0.7	5.2	3.6	27.0
12	181	0.9	17.7	1.1	5.2	5.5	27.0
	suma			-6.4	62.0	-32.5	320.6

a	33.72
b	-174.81
c	178.54

Tiempo Total entre fallo Recicladora 2	Confiabilidad Recicladora 2 %
167	90.077
168	88.216
169	86.094
171	81.074
176	66.914
177	65.034
178.53	63.981
179	64.220
179	64.220
181	68.676
181	68.676
181	68.676
181	68.676

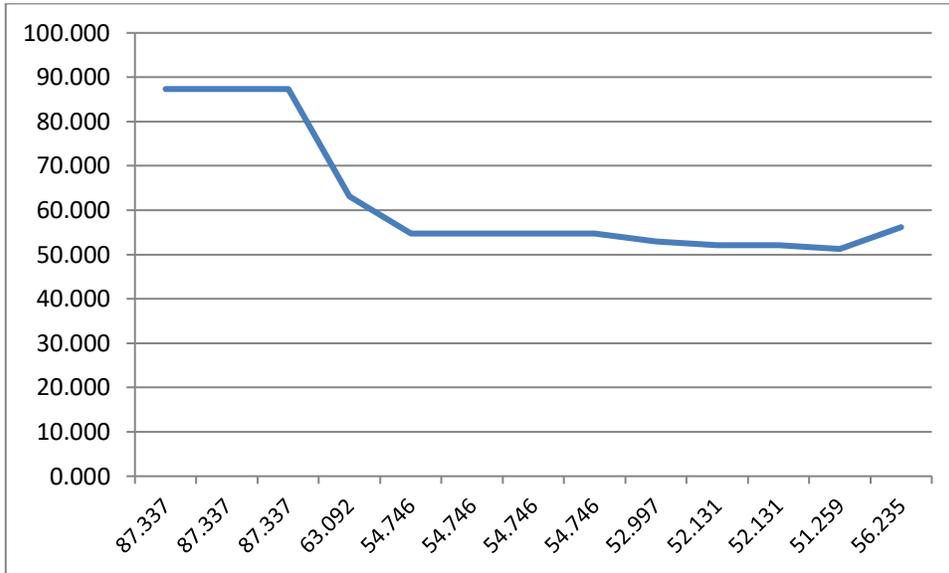


## Análisis de Confiabilidad Moto Niveladora.

Nº	Valor de Tiempo total entre fallos	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(Tiempo total entre fallos)	X.Y	X2
1	171	0.1	1.1	-2.8	5.1	-14.6	26.4
2	171	0.1	1.2	-1.9	5.1	-9.8	26.4
3	171	0.2	1.3	-1.4	5.1	-7.2	26.4
4	177	0.3	1.4	-1.0	5.2	-5.4	26.8
5	179	0.4	1.6	-0.7	5.2	-3.8	26.9
6	179	0.5	1.9	-0.5	5.2	-2.5	26.9
7	179	0.5	2.2	-0.3	5.2	-1.3	26.9
8	179	0.6	2.6	0.0	5.2	-0.2	26.9
9	180	0.7	3.4	0.2	5.2	1.0	27.0
10	180	0.8	4.6	0.4	5.2	2.2	27.0
11	181	0.9	7.3	0.7	5.2	3.6	27.0
12	183	0.9	17.7	1.1	5.2	5.5	27.1
	suma			-6.4	62.1	-32.6	321.8

a	44.21
b	-229.47
c	179.59

Tiempo Total entre fallo Moto Niveladora	Confiabilidad Moto Niveladora %
171	87.337
171	87.337
171	87.337
177	63.092
179	54.746
179	54.746
179	54.746
179	54.746
179.6	52.997
180	52.131
180	52.131
181	51.259
183	56.235

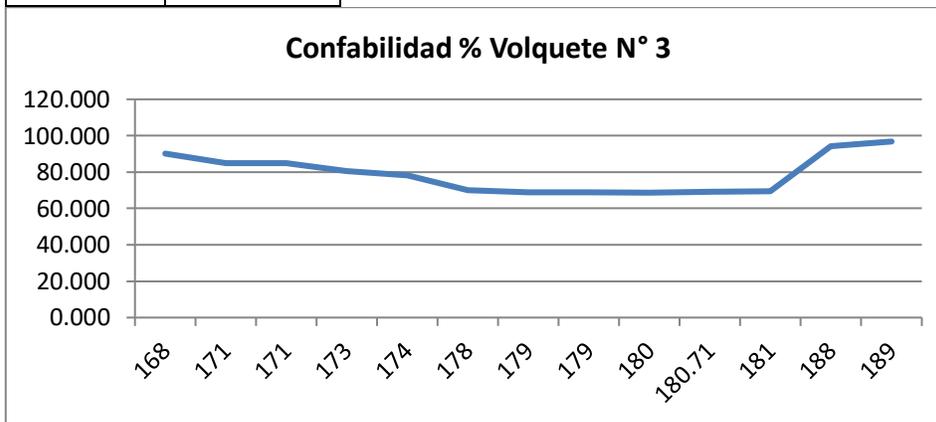


### Análisis de Confiabilidad Volquete N° 3

N°	Valor de Tiempo total entre fallos	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(Tiempo total entre fallos)	X.Y	X2
1	168	0.1	1.1	-2.8	5.1	-14.6	26.3
2	171	0.1	1.2	-1.9	5.1	-9.8	26.4
3	171	0.2	1.3	-1.4	5.1	-7.2	26.4
4	173	0.3	1.4	-1.0	5.2	-5.3	26.6
5	174	0.4	1.6	-0.7	5.2	-3.8	26.6
6	178	0.5	1.9	-0.5	5.2	-2.5	26.9
7	179	0.5	2.2	-0.3	5.2	-1.3	26.9
8	179	0.6	2.6	0.0	5.2	-0.2	26.9
9	180	0.7	3.4	0.2	5.2	1.0	27.0
10	181	0.8	4.6	0.4	5.2	2.2	27.0
11	188	0.9	7.3	0.7	5.2	3.6	27.4
12	189	0.9	17.7	1.1	5.2	5.5	27.5
	suma			-6.4	62.1	-32.5	321.9

a	29.23
b	-151.91
c	180.72

Tiempo Total entre fallo Volquete N° 3	Confiabilidad % Volquete N° 3
168	90.153
171	84.865
171	84.865
173	80.494
174	78.152
178	69.912
179	68.895
179	68.895
180	68.666
180.71	69.075
181	69.391
188	94.217
189	96.804

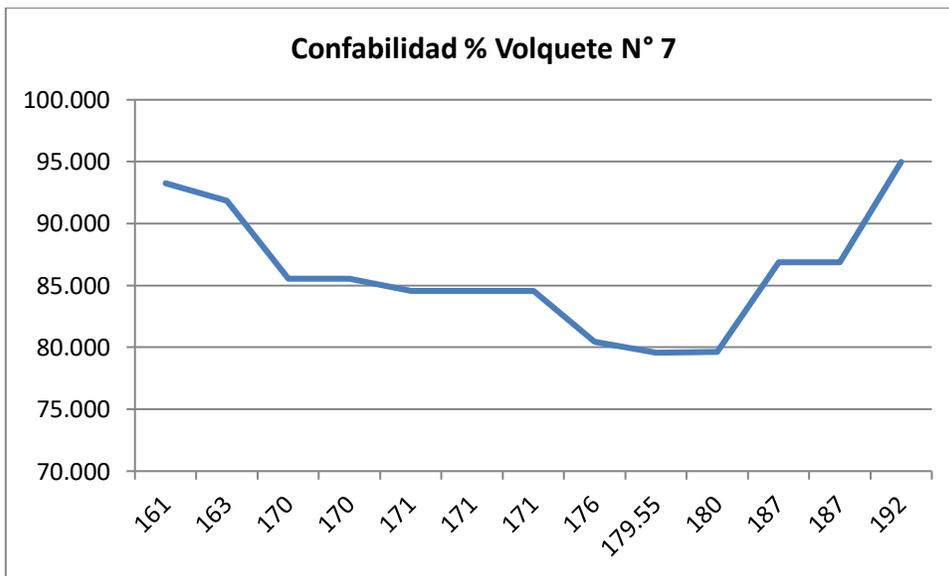


### Análisis de la Confiabilidad Volquete N° 7

N°	Valor de Tiempo total entre fallos	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = $\ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	X = ln(Tiempo total entre fallos)	X.Y	X2
1	161	0.1	1.1	-2.8	5.1	-14.5	25.8
2	163	0.1	1.2	-1.9	5.1	-9.8	25.9
3	170	0.2	1.3	-1.4	5.1	-7.2	26.4
4	170	0.3	1.4	-1.0	5.1	-5.3	26.4
5	171	0.4	1.6	-0.7	5.1	-3.8	26.4
6	171	0.5	1.9	-0.5	5.1	-2.5	26.4
7	171	0.5	2.2	-0.3	5.1	-1.3	26.4
8	176	0.6	2.6	0.0	5.2	-0.2	26.7
9	180	0.7	3.4	0.2	5.2	1.0	27.0
10	187	0.8	4.6	0.4	5.2	2.2	27.4
11	187	0.9	7.3	0.7	5.2	3.6	27.4
12	192	0.9	17.7	1.1	5.3	5.6	27.6
	suma			-6.4	62.0	-32.2	319.9

a	19.21
b	-99.72
c	179.55

Tiempo Total entre fallo Volquete N° 7	Confabilidad % Volquete N° 7
161	93.259
163	91.833
170	85.533
170	85.533
171	84.561
171	84.561
171	84.561
176	80.468
179.55	79.568
180	79.643
187	86.884
187	86.884
192	94.983

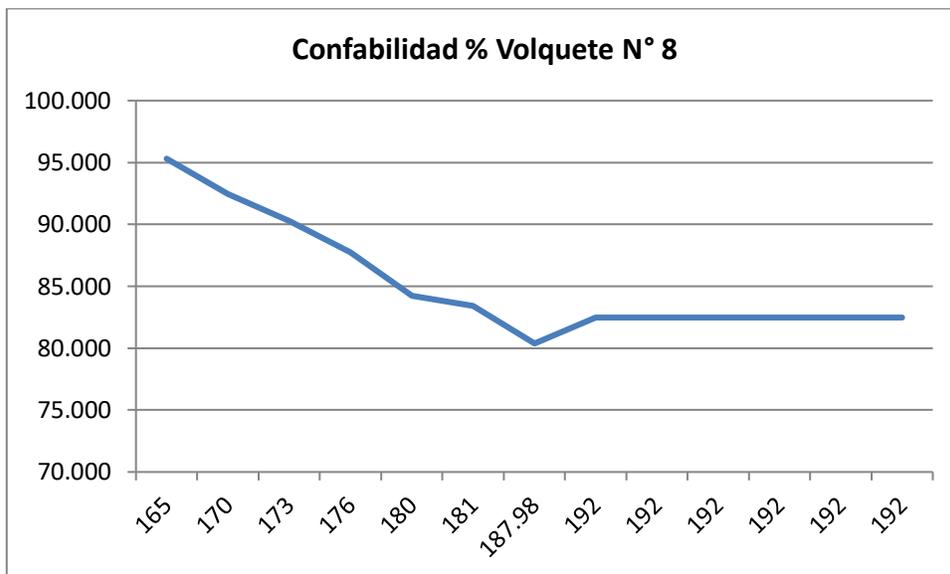


## Análisis de la Confiabilidad Volquete N° 8

N°	Valor de Tiempo total entre fallos	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = $\ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	X = $\ln(\text{Tiempo total entre fallos})$	X.Y	X2
1	165	0.1	1.1	-2.8	5.1	14.5	26.1
2	170	0.1	1.2	-1.9	5.1	-9.8	26.4
3	173	0.2	1.3	-1.4	5.2	-7.2	26.6
4	176	0.3	1.4	-1.0	5.2	-5.4	26.7
5	180	0.4	1.6	-0.7	5.2	-3.8	27.0
6	181	0.5	1.9	-0.5	5.2	-2.5	27.0
7	192	0.5	2.2	-0.3	5.3	-1.3	27.6
8	192	0.6	2.6	0.0	5.3	-0.2	27.6
9	192	0.7	3.4	0.2	5.3	1.0	27.6
10	192	0.8	4.6	0.4	5.3	2.2	27.6
11	192	0.9	7.3	0.7	5.3	3.6	27.6
12	192	0.9	17.7	1.1	5.3	5.6	27.6
	suma			-6.4	62.5	32.4	325.6

a	19.00
b	-99.49
c	187.99

Tiempo Total entre fallo Volquete N° 8	Confabilidad % Volquete N° 8
165	95.309
170	92.470
173	90.269
176	87.756
180	84.245
181	83.420
187.98	80.380
192	82.494
192	82.494
192	82.494
192	82.494
192	82.494
192	82.494

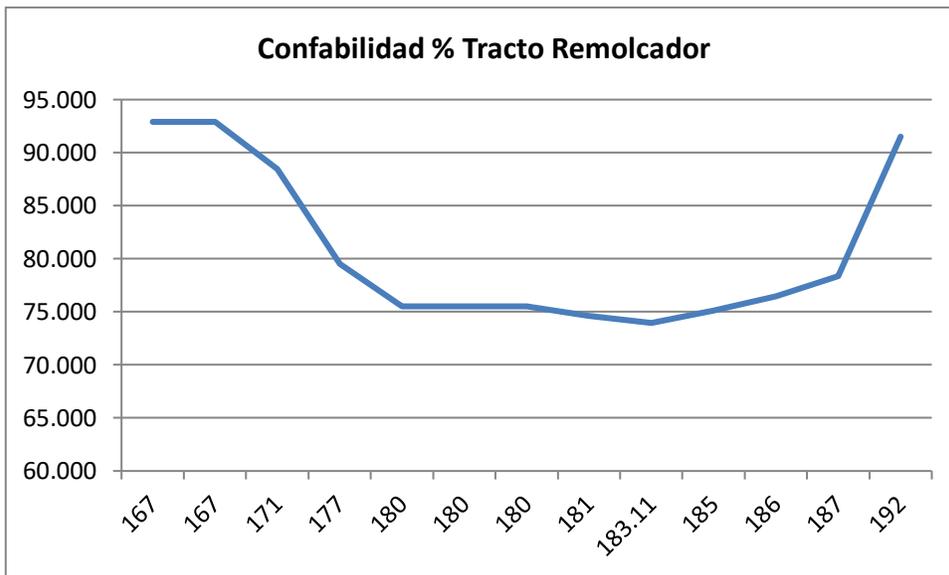


### Análisis de la Confiabilidad Tracto Remolcador

N°	Valor de Tiempo total entre fallos	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(Tiempo total entre fallos)	X.Y	X2
1	167	0.1	1.1	-2.8	5.1	14.6	26.2
2	167	0.1	1.2	-1.9	5.1	-9.8	26.2
3	171	0.2	1.3	-1.4	5.1	-7.2	26.4
4	177	0.3	1.4	-1.0	5.2	-5.4	26.8
5	180	0.4	1.6	-0.7	5.2	-3.8	27.0
6	180	0.5	1.9	-0.5	5.2	-2.5	27.0
7	180	0.5	2.2	-0.3	5.2	-1.3	27.0
8	181	0.6	2.6	0.0	5.2	-0.2	27.0
9	185	0.7	3.4	0.2	5.2	1.0	27.3
10	186	0.8	4.6	0.4	5.2	2.2	27.3
11	187	0.9	7.3	0.7	5.2	3.6	27.4
12	192	0.9	17.7	1.1	5.3	5.6	27.6
	suma			-6.4	62.3	32.4	323.1

a	24.89
b	-129.66
c	183.11

Tiempo Total entre fallo Tracto Remolcador	Confabilidad % Tracto Remolcador
167	92.903
167	92.903
171	88.483
177	79.514
180	75.518
180	75.518
180	75.518
181	74.626
183.11	73.950
185	75.118
186	76.487
187	78.353
192	91.507

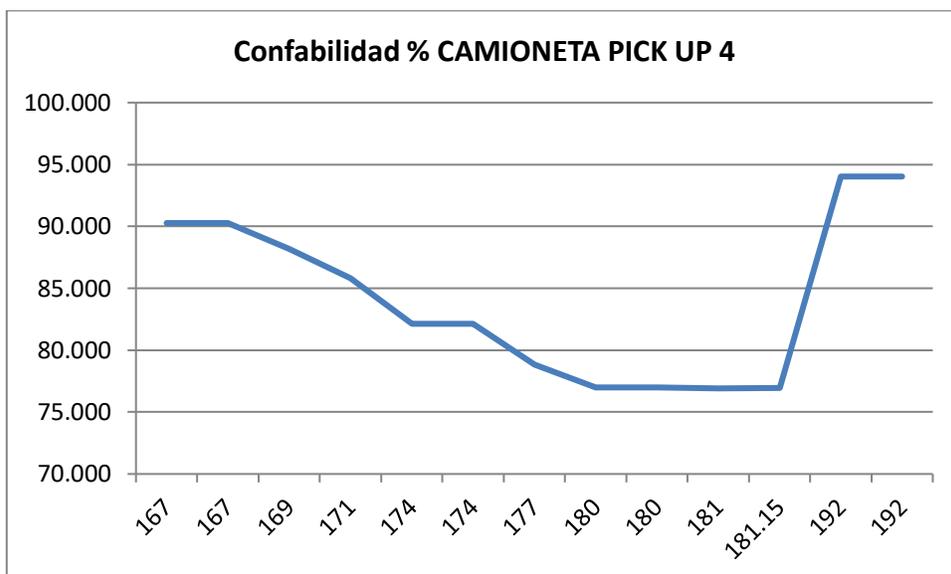


## Análisis de la Confiabilidad de CAMIONETA PICK UP 4

N°	Valor de Tiempo total entre fallos	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(Tiempo total entre fallos)	X.Y	X2
1	167	0.1	1.1	-2.8	5.1	-14.6	26.2
2	167	0.1	1.2	-1.9	5.1	-9.8	26.2
3	169	0.2	1.3	-1.4	5.1	-7.2	26.3
4	171	0.3	1.4	-1.0	5.1	-5.3	26.4
5	174	0.4	1.6	-0.7	5.2	-3.8	26.6
6	174	0.5	1.9	-0.5	5.2	-2.5	26.6
7	177	0.5	2.2	-0.3	5.2	-1.3	26.8
8	180	0.6	2.6	0.0	5.2	-0.2	27.0
9	180	0.7	3.4	0.2	5.2	1.0	27.0
10	181	0.8	4.6	0.4	5.2	2.2	27.0
11	192	0.9	7.3	0.7	5.3	3.6	27.6
12	192	0.9	17.7	1.1	5.3	5.6	27.6
	suma			-6.4	62.1	-32.3	321.4

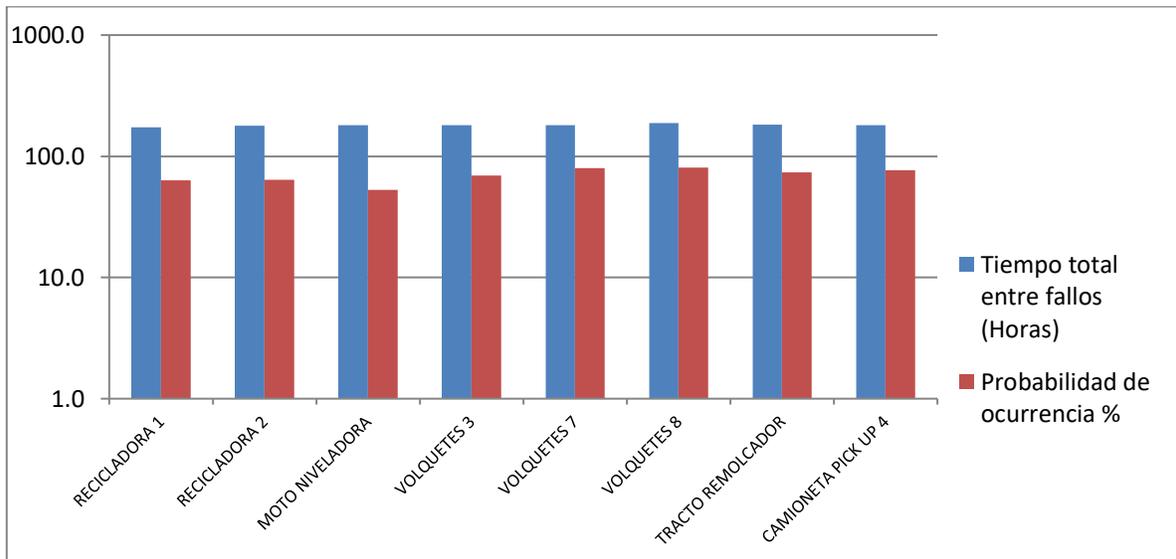
a	21.86
b	-113.66
c	181.15

Tiempo Total entre fallo CAMIONETA PICK UP 4	Confabilidad % CAMIONETA PICK UP 4
167	90.285
167	90.285
169	88.159
171	85.809
174	82.113
174	82.113
177	78.829
180	76.996
180	76.996
181	76.915
181.15	76.930
192	94.029
192	94.029



En conclusión, se tiene los valores de confiabilidad de los equipos analizados, en ello se evidencia que la confianza de que suceda fallos en los equipos son inferiores a los estándares internacionales de confiabilidad.

Descripción	Tiempo total entre fallos (Horas)	Probabilidad de ocurrencia %
RECICLADORA 1	174.1	63.2
RECICLADORA 2	178.5	64.0
MOTO NIVELADORA	179.6	53.0
VOLQUETES 3	180.7	69.1
VOLQUETES 7	179.6	79.6
VOLQUETES 8	188.0	80.4
TRACTO REMOLCADOR	183.1	74.0
CAMIONETA PICK UP 4	181.2	76.9



### **3.3. Realizar un plan de mantenimiento Preventivo de la Maquinaria para carretera de la Empresa ROAD SOLUTIONS EIRL.**

El plan de mantenimiento de la maquinaria para carretera, se realizará en los talleres ubicados tanto en el campamento en dónde se ubica la empresa al momento de realizar los trabajos de mantenimiento y de colocación de capa asfáltica, así como también en los talleres ubicados en las ciudades de Piura, Chiclayo y Trujillo, los cuales cuentan con la capacidad instalada para la revisión de los sistemas que requieren mayor análisis.

El mantenimiento preventivo, se realiza de acuerdo a lo planificado en cuanto al uso de la maquinaria, al tiempo de funcionamiento, al recorrido, así como también al tiempo de vida de los repuestos, por lo cual se realiza un plan para cada tipo de máquina, así como a los sistemas que posee.

La provisión de los repuestos para la reposición después de haber sido utilizado, se hace en función a la coordinación con el área de administración de la empresa, el jefe de mantenimiento, los operarios, el proveedor de la empresa de repuestos, el proveedor de maquinaria que entrega un tiempo de garantía al buen funcionamiento de la máquina a la hora de su adquisición. Se tendrá que acondicionar un lugar para el almacenamiento temporal de los repuestos e insumos de la maquinaria.

La elaboración del plan de mantenimiento preventivo, contempla tareas y operaciones a los diferentes sistemas del equipo y/o máquina a revisar, así como también el intervalo de los tiempos que se realizan. La verificación del funcionamiento de los sistemas, es para determinar si están dentro de lo estipulado por el fabricante, así como también a su reemplazo si está dentro del tiempo de vida de cada repuesto.

N°	Acciones de Mantenimiento Preventivo: Recicladora 1 y 2																													
	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Cambio de Aceite de Motor	200 Horas	O				O				O				O				O				O				O			
2	Cambio de Aceite de Transmisión	500 Horas	O								O								O											
3	Cambio de Filtro de Aire de motor	500 Horas	O								O								O											
4	Verificación de sistema hidráulico	200 Horas	O				O				O				O				O				O				O			
5	Verificación de sistema de frenos	200 Horas	O				O				O				O				O				O				O			
6	Cambio de sistema de frenos	150 Horas	O	O			O	O			O	O			O	O			O	O			O	O			O	O		
7	Soldadura de carrocería	300 Horas	O				O				O				O				O				O				O			
8	Verificación de sistema electrónico	150 Horas	O	O			O	O			O	O			O	O			O	O			O	O			O	O		
9	Cambio de cañerías de aire	200 Horas	O				O				O				O				O				O				O			

Nº	Acciones de Mantenimiento Preventivo: Cargador Frontal																													
	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Verificación sistema electrónico de motor	100 horas	O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O	
2	Cambio de Aceite de Motor	200 Horas	O				O				O				O				O				O				O			
3	Cambio de Aceite de Transmisión	500 Horas	O								O								O											
4	Cambio de Filtro de Aire de motor	500 Horas	O								O								O											
5	Cambio de sistema hidráulico	200 Horas	O				O				O				O				O				O				O			
6	Verificación de sistema de frenos	200 Horas	O				O				O				O				O				O				O			
7	Cambio de sistema de frenos	150 Horas	O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O	
8	Verificación siete a de luces	300 Horas	O				O				O				O				O				O				O			
9	Verificación de sistema de dirección	150 Horas	O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O		O	

Nº	Acciones de Mantenimiento Preventivo: Pavimentadora																													
	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Verificación de sistema de pavimento	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Verificación sistema electrónico de motor	100 horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Cambio de Aceite de Motor	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0				0
4	Cambio de Aceite de Transmisión	500 Horas	0							0								0												
5	Cambio de Filtro de Aire de motor	500 Horas	0							0								0												
6	Cambio de sistema hidraulico	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0				0
7	Verificación de sistema de frenos	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0				0
8	Cambio de sistema de pavimento	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Verificación sistema de luces	300 Horas	0			0				0				0				0				0				0				0

Nº	Acciones de Mantenimiento Preventivo: RETRO EXCAVADORA																													
	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Mantenimiento de mecanismos hidráulicos	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Mantenimiento sistema de frenos	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Cambio de Aceite de Motor	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0				0
4	Cambio de Aceite de Transmisión	500 Horas	0							0												0								
5	Cambio de Filtro de Aire de motor	500 Horas	0							0												0								
6	Verificación sistema eléctrico	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Mantenimiento de electroválvulas	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0				0
8	Mantenimiento de bomba hidráulica	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0				0
9	Verificación sistema de Luces	300 Horas	0							0												0								
10	Mantenimiento implementos	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Mantenimientos de cilindro hidráulico	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Cambio de accesorios	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0				0
13	Mantenimiento del sistema de inyección electrónica	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Verificación de sensores y/o actuadores	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Scaneo de sistemas electrónicos de Cargador frontal	500 Horas	0							0												0								

Nº	Acciones de Mantenimiento Preventivo: Rodillo Compactador																													
	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Verificación de sistema hidraulico	50 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Cambio de electroválvulas	100 horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
3	Cambio de Aceite de Motor	200 Horas	0				0				0				0				0				0				0			
4	Cambio de Aceite de Transmisión	500 Horas	0								0								0											
5	Cambio de Filtro de Aire de motor	500 Horas	0								0								0											
6	Verificación sistema eléctrico	200 Horas	0				0				0				0				0				0				0			
7	Verificación de sistema de frenos	200 Horas	0				0				0				0				0				0				0			
8	Ajuste conjunto móvil de motor	200 Horas	0				0				0				0				0				0				0			
9	Verificación sistema de luces	300 Horas	0				0				0				0				0				0				0			

Nº	Acciones de Mantenimiento Preventivo: CISTERNA DE AGUA																									
	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Verificación de tanque de agua	50 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Verificación electrobomba	100 horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
3	Cambio de Aceite de Motor	200 Horas	0				0				0				0				0				0			
4	Cambio de Aceite de Transmisión	500 Horas	0								0								0							
5	Cambio de Filtro de Aire de motor	500 Horas	0								0								0							
6	Verificación sistema eléctrico	200 Horas	0				0				0				0				0				0			
7	Verificación de sistema de frenos	200 Horas	0				0				0				0				0				0			
8	Ajuste conjunto móvil de motor	200 Horas	0				0				0				0				0				0			
9	Verificación sistema de luces	300 Horas	0				0				0				0				0				0			
10	Verificación medición de nivel de agua	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
11	Verificación tuberías	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
12	Cambio de accesorios	200 Horas	0				0				0				0				0				0			

Nº	Acciones de Mantenimiento Preventivo: CISTERNA DE CISTERNA DE COMBUSTIBLE																													
	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Verificación de tanque de COMBUSTIBLE	50 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Verificación de válvula API	100 horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
3	Cambio de Aceite de Motor	200 Horas	0				0				0				0				0				0				0			
4	Cambio de Aceite de Transmisión	500 Horas	0								0								0											
5	Cambio de Filtro de Aire de motor	500 Horas	0								0								0											
6	Verificación sistema eléctrico	200 Horas	0				0				0				0				0				0							
7	Verificación de sistema de frenos	200 Horas	0				0				0				0				0				0							
8	Ajuste conjunto móvil de motor	200 Horas	0				0				0				0				0				0							
9	Verificación sistema de luces	300 Horas	0				0				0				0				0				0							
11	Verificación tuberías	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
12	Cambio de accesorios	200 Horas	0				0				0				0				0				0							
13	Verificación de soldadura en tanque cisterna	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
14	Prueba de presión de hermeticidad	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
15	Cubicación de tanque	500 Horas	0								0								0											

Nº	Acciones de Mantenimiento Preventivo: CISTERNA EMULSIÓN																									
	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Verificación Estado de tanque	50 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Verificación sistema de emulsión	100 horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
3	Cambio de Aceite de Motor	200 Horas	0				0				0				0				0				0			
4	Cambio de Aceite de Transmisión	500 Horas	0								0								0							
5	Cambio de Filtro de Aire de motor	500 Horas	0								0								0							
6	Verificación sistema eléctrico	200 Horas	0				0				0				0				0				0			
7	Verificación de sistema de frenos	200 Horas	0				0				0				0				0				0			
8	Ajuste conjunto móvil de motor	200 Horas	0				0				0				0				0				0			
9	Verificación sistema de luces	300 Horas	0				0				0				0				0				0			
10	Verificación medición de nivel de agua	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
11	Verificación tuberías y caerías de sistema de emulsión	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
12	Cambio de accesorios	200 Horas	0				0				0				0				0				0			
13	Verificación de soldadura en tanque	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
14	Prueba de presión de hermeticidad	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	

Nº	Acciones de Mantenimiento Preventivo: VOLQUETE																									
	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Mantenimiento de sistema de dirección	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Mantenimiento sistema de frenos	100 horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Cambio de Aceite de Motor	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0
4	Cambio de Aceite de Transmisión	500 Horas	0							0				0				0								
5	Cambio de Filtro de Aire de motor	500 Horas	0							0				0				0								
6	Verificación sistema eléctrico	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	mantenimiento sistema de suspensión	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0
8	Ajuste conjunto móvil de motor	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0
9	Verificación sistema de luces	300 Horas	0							0				0				0								
10	Mantenimiento sistema hidraulico	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Mantenimientos de tolva	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Cambio de accesorios	200 Horas	0			0				0				0				0				0				0
13	Mantenimiento del sistema de inyección electrónica	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Verificación de sensores y/o actuadores	100 Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Scaneo de sistemas electrónicos del volquete	500 Horas	0							0				0				0								

**Acciones de Mantenimiento Preventivo: CAMIONETA PICK UP**

Verificaciones y Tareas	Frecuencia	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Mantenimiento de sistema de dirección	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
Mantenimiento sistema de frenos	100 horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
Cambio de Aceite de Motor	200 Horas	0				0				0				0				0				0				0			
Cambio de Aceite de Transmisión	500 Horas	0								0								0											
Cambio de Filtro de Aire de motor	500 Horas	0								0								0											
Verificación sistema eléctrico	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
Mantenimiento de caja de velocidades	200 Horas	0				0				0				0				0				0				0			
Cambio de faja de distribución	500 Horas	0								0								0											
Verificación sistema de Luces	300 Horas	0								0								0											
Mantenimiento accesorio de carrocería	301 Horas	0								0								0											
Mantenimientos de cilindro hidráulico	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
Cambio de Inyectores	200 Horas	0				0				0				0				0				0				0			
Mantenimiento del sistema de inyección electrónica	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
Verificación de sensores y/o actuadores	100 Horas	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
Scaneo de sistemas electrónicos	500 Horas	0								0								0											

### 3.4. Determinar los nuevos indicadores de mantenimiento.

#### **Disponibilidad**

La determinación de la disponibilidad de la maquinaria en carretera en la **EMPRESA ROAD SOLUTIONS EIRL**, se realiza en función a la variación del tiempo de funcionamiento entre fallos de los equipos después de aplicar el plan de mantenimiento. Esta proyección se hace en función a:

- a) Disminución del número de paradas imprevistas.
- b) Disminución del tiempo de reparación de averías.
- c) Previsión de repuestos en almacén temporal.
- d) Previsión de tercerización de órdenes de servicio.
- e) Auditoría al mantenimiento preventivo.
- f) Capacitación de personal de mantenimiento, en cuánto a evaluación de los indicadores de mantenimiento de la maquinaria.
- g) Capacitación para mantenimiento autónomo de averías en campo por parte de operarios de las unidades.

De los equipos que presentan valores bajos de disponibilidad analizados en el ítem 3.2, se realiza la proyección del incremento del tiempo promedio mensual entre fallos, el cual se incrementa en función a los ítems descritos anteriormente.

Descripción	Promedio mensual de tiempo total entre fallos (Horas)	
	Actual	Aplicando Mantenimiento Preventivo
RECICLADORA 1	171.5	188.7
RECICLADORA 2	175.8	189.9
MOTO NIVELADORA		191.7
	177.5	
VOLQUETES 3	177.6	191.8
VOLQUETES 7	174.9	188.9
VOLQUETES 8		
	183.1	190.4
TRACTO REMOLCADOR	179.4	190.2
CAMIONETA PICK UP 4	177.0	191.2

Para determinar el valor de la disponibilidad aplicando el plan de mantenimiento, se emplea con la siguiente relación, el cual relaciona los tiempos promedios entre defectos y los tiempos promedios de arreglos.

$$D = 100 * \frac{Tf}{(Tf + Tr)}$$

Dónde:

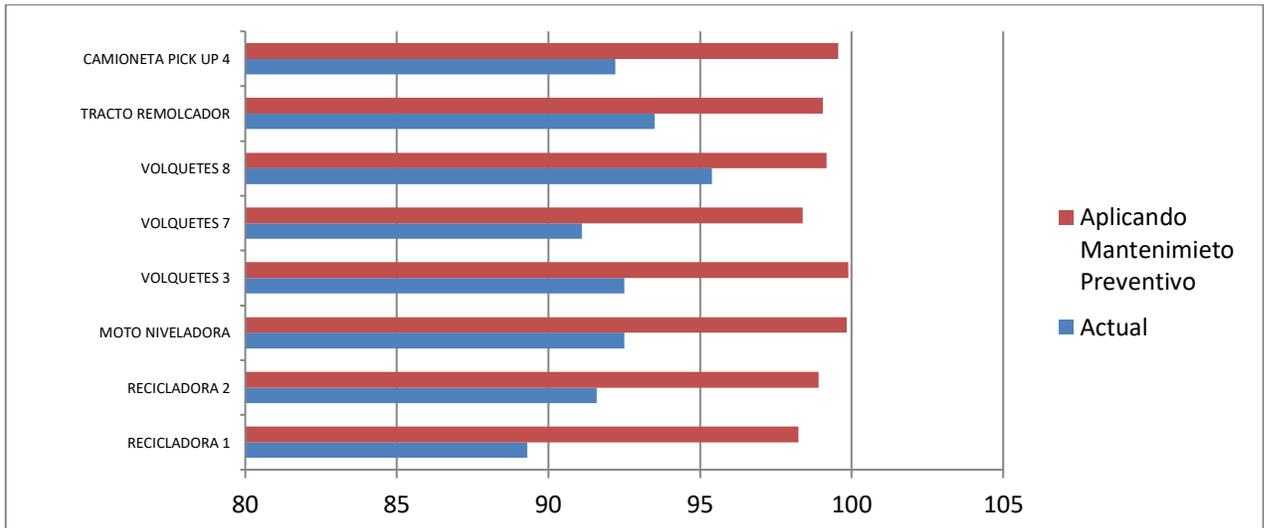
D: Disponibilidad.

Tf = Tiempo total entre defectos.

Tr = Tiempo total de arreglo.

El tiempo total de operación de la empresa es de 192 horas, es decir el  $Tf + Tr = 192$ , reemplazando valores, se tiene el nuevo valor de la disponibilidad.

Descripción	Disponibilidad (%)	
	Actual	Aplicando Mantenimiento Preventivo
RECICLADORA 1	89.3	98.26
RECICLADORA 2	91.6	98.91
MOTO NIVELADORA	92.5	99.84
VOLQUETES 3	92.5	99.89
VOLQUETES 7	91.1	98.39
VOLQUETES 8	95.4	99.17
TRACTO REMOLCADOR	93.5	99.05
CAMIONETA PICK UP 4	92.2	99.56



### 3.5. Hacer una evaluación económica de la Propuesta.

#### 3.5.1. Inversión Inicial del Proyecto.

La inversión inicial del proyecto, está dado por la adquisición oportuna de los repuestos, servicios en el taller, y servicios de terceros en la **EMPRESA ROAD SOLUTIONS EIRL**; ésta mejora contempla la comunicación mediante formato de reportes y de requisición de compra de repuestos.

Tabla

N°	Maquinaria y/o Equipo	Inversión para Mantenimiento Preventivo (Anual (S/.))			
		Repuestos	Servicios	Capacitación	Total (S/)
1	RECICLADORA 1	23450	2345	850	26645
2	RECICLADORA 2	23450	2345	850	26645
3	MOTO NIVELADORA	43240	4324	1200	48764
4	VOLQUETES 3	18500	1850	320	20670
5	VOLQUETES 7	18500	1850	320	20670
6	VOLQUETES 8	18500	1850	320	20670
7	TRACTO REMOLCADOR	19300	1930	650	21880
8	CAMIONETA PICK UP 4	3400	340	120	3860
	Total, Anual (S/.)				189804

Inversión inicial en Mantenimiento Preventivo.

### 3.5.2. . Ingresos que genera el Proyecto.

Para efectos de determinar la rentabilidad del proyecto, se determina los ingresos que genera la propuesta, al tener mayor valor de disponibilidad de los equipos, los cuales tienen un valor por cada hora de operación.

Descripción	Ingresos por incremento de disponibilidad S/.				
	Horas de funcionamiento Actual	Horas de funcionamiento Aplicando Mantenimiento Preventivo	Incremento de número de horas al mes	Costo de uso de equipo por Hora S/.	Total S/.
RECICLADORA 1	171.5	188.7	17.2	260	4472
RECICLADORA 2	175.8	189.9	14.1	260	3666
MOTO NIVELADORA	177.5	191.7	14.2	320	4544
VOLQUETES 3	177.6	191.8	14.2	220	3124
VOLQUETES 7	174.9	188.9	14	220	3080
VOLQUETES 8	183.1	190.4	7.3	220	1606
TRACTO REMOLCADOR	179.4	190.2	10.8	280	3024
CAMIONETA PICK UP 4	177	191.2	14.2	45	639
	Total S/.				24155

### 3.5.3. Flujo de caja del Proyecto.

El flujo de caja de la presente propuesta, se realiza en un periodo de 12 meses.

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Egresos (S/)	189804	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ingresos (S/)		24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155
Utilidad (S/)	-189804	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155

### 3.5.4. Análisis con indicadores económicos.

#### Valor Actual Neto

Los valores de los ingresos y egresos mensuales, llevándolas al mes cero, donde se inicial el proyecto, con una tasa de interés del 3.5% mensual, que es la tasa que se evalúa en créditos para proyectos de inversión de menor escala en las diferentes instituciones financieras de la ciudad de Chiclayo

Utilidad actualizada al tiempo 0:

$$Ia = \frac{In * [(1 + i) ] ^n - 1}{[i * (1 + i)^n]}$$

Dónde:

In: Ingresos mensuales: S/. 24155

Ia: Ingreso actualizado al mes 0

i:Tasa de Interés: 3.5% Mensual.

n: Número de Meses: 12

Tabla

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Egresos (S/)	189804	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ingresos (S/)		24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	
Utilidad (S/)	-189804	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	S/. 233,417.84
														VNA(0.035,F6:Q6)

## Cálculo de los Ingresos actualizados al mes cero

Reemplazando valores obtenemos:  $VNA = S/. 233471.84 - 189804 = S/. 43677.84$

### Tasa Interna de Retorno

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Egresos (S/)	189804	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ingresos (S/)		24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	
Utilidad (S/)	-189804	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	24155	7.20%
														TIR(E17:Q17)

Para calcular la tasa interna de retorno, se determina haciendo que los ingresos actualizados con una tasa de interés a determinar son igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Ia * [(1 + TIR) ] ^n - 1}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv: Inversión Inicial S/. 189804

Ia: ingresos actualizados al mes 0

TIR: Tasa Interna de Retorno.

n; Número de meses 12

Tabla  
Cálculo de la Tasa Interna de Retorno

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo este igual a 7.20% mensual, que representa un valor superior al interés bancario actual que oscila al 3.5 % mensual.

#### **IV. DISCUSIÓN.**

- El análisis de los indicadores de mantenimiento en la empresa **ROAD SOLUTIONS EIRL**, permite determinar la rentabilidad del uso de los equipos, así como también la forma de su uso en cuanto a la disponibilidad de ellos, y a los efectos de las paradas por averías de los equipos que conllevan a la paralización de los demás. Con relación a otras investigaciones, se ha analizado que dichos indicadores son los que influyen significativamente en la rentabilidad de la maquinaria para carreteras.
- El cálculo de la confiabilidad de los equipos se realizó por cada tipo, es decir cada equipo tiene mecanismos diferentes, usos, tiempos, así como también influye el año de fabricación, por lo cual los niveles de confianza de fallos involucran todos estos aspectos, tanto técnicos como aspectos de índole administrativo y de operación del mantenimiento de la carretera o de la colocación de la carpeta asfáltica.
- Los sistemas fallan normalmente al no funcionar dentro de los parámetros de funcionamiento que estipula el fabricante, muchas veces no se conoce cuando se hizo los cambios o los ajustes necesarios; es por ello que en algunas investigaciones incluyen un mantenimiento proactivo, el cual se realiza el seguimiento constante de la variación de las variables de funcionamiento de cada sistema de la maquinaria que se utiliza en carretera.

## V. CONCLUSIONES.

- Se realizó el diagnóstico de la situación actual de la maquinaria de construcción de carretera y se determinó que, de los 9 equipos menores, se tiene que la Camioneta Pick Up 4, en el mes de Marzo, tuvo el registro mayor de número de horas para la reparación de sus sistemas. De los 20 equipos de transporte, se tiene que la cisterna de agua 2, en el mes de Noviembre, tuvo el registro mayor de número de horas para la reparación de sus sistemas, con 32 horas, de los 10 equipos pesados, se tiene que la recicladora 1, en el mes de Junio, tuvo el registro mayor de número de horas para la reparación de sus sistemas, con 31 horas, lo cual significa que las labores en carretera se paralizaban debido a que es un equipo que realiza la instalación de la capa asfáltica.
- Se hizo el cálculo de los indicadores actuales de mantenimiento en el cual, en los 12 meses del año 2018, 5 equipos de transporte presentaron un valor de disponibilidad entre 83.3 y 85%, y los equipos de industriales presentaron un valor de disponibilidad entre 88 – 90 %. Los valores de confiabilidad más bajos son de 53% para la motoniveladora con 179.6 Horas de funcionamiento entre fallos.
- Se hizo la propuesta de acciones y tareas de cada uno de los equipos con menor valor de disponibilidad, especificando el momento de realización, así como también la frecuencia de mantenimiento.
- Las proyecciones de valores de disponibilidad de los equipos se incrementan hasta el 98 y 99%, con lo cual se tendría más tiempo de funcionamiento de cada equipo de maquinaria de carretera.
- Se hizo la evaluación económica, y se determinó un valor actual neto de 43677.84, en un periodo de 12 meses y una tasa interna de retorno de 7.20% mensual, valores que hacen factible la ejecución del presente proyecto.

## VI. RECOMENDACIONES.

- Realizar un análisis de la mantenibilidad de cada uno de los equipos de maquinaria para carretera.
- Hacer un seguimiento a cada uno de los sistemas de los equipos a fin de determinar la evolución de sus variables de funcionamiento, con lo cual la predicción de fallas de los sistemas de los equipos pueda ser identificadas y reparar las averías en el menor tiempo posible.
- Se recomienda que se tenga una organización con funciones determinadas en el área de mantenimiento, asignando responsabilidades, así como también estableciendo la comunicación entre el área de mantenimiento y de administración, mediante formatos que contengan información referente al funcionamiento de los equipos de la maquinaria de carretera.
- Tener una base de datos de cada equipo, mediante comunicación de las unidades de control electrónico de cada unidad, enviando dicha información hacia una central de administración de datos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABELLA, Miguel Alonso. Optimización del uso de convertidores de frecuencia con bombas centrífugas y motores trifásicos en sistemas de bombeo fotovoltaico [s.l.]: Departamento de Energía Renovable, 2014. 25 pp.
- AMENDOLA, Luis. La Confiabilidad desde el Diseño Proyectos de Mantenimiento. [s.l.]: Universidad Politécnica de Valencia - España, [s.f.]. 11 pp.
- CABRERA, Jesús y GUANIPA, Franklin. Estudio y propuestas de solución para fallos bombas recurrentes en bombas centrífugas horizontales. *Revista de Ingeniería Mecánica*, vol. 13, (2): 32-38, 2010. ISSN: 1815-5944
- CARLOS, Zapata, Diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Trabajo de grado, 45 pp.
- HERNÁNDEZ, Roberto., FERNÁNDEZ, Carlos., BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación (4a ed.). D. F., México: Mc Graw-Hill. 2006. 497 pp. ISBN: 968-422-931-3
- HUAROC Huamán, Rudy. Sistema de Drenaje, para Reducir las Aguas Subterráneas en el Área de Trabajo Unidad Animon-Cerro de Pasco. Tesis (Ingeniero Mecánico). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2011. 74 pp.
- MARTINES, Javier, Bombas Centrifugas, [s.f.], 10pp.  
Disponibile en <https://es.scribd.com/doc/93495154/Bombas-Centrifugas-Francisco-Javier-Martinez-De-Santiago-y-Santiago-Garcia-Castro>.
- MIRANDA Gonzales, Francisco. Gestión del Mantenimiento. [s.l.]: Perú, 2015. 14 pp. Disponible en:  
- [http://merkado.unex.es/operaciones/descargas/EE%20\(LE\)/Cap%C3%ADtulo%2015%20\[Modo%20de%20compatibilidad\].pdf](http://merkado.unex.es/operaciones/descargas/EE%20(LE)/Cap%C3%ADtulo%2015%20[Modo%20de%20compatibilidad].pdf)

- PICO Leguiza, Cristian Rafael. Gestión del Mantenimiento para la Selección de Equipo Caminero del Gobierno Municipal de Arajuno. Tesis (Ingeniero de Mantenimiento). Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, 2011. 96 pp.
  
- QUIMINET. Características de las Bombas Centrifugas, [s.l.], 2012. Disponible en <http://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-de-las-bombas-centrifugas-2701271.htm>
  
- Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial - SENATI. *Principios de Gestión, Planeamiento y Programación de Mantenimiento*. Lima, 2007. 27 pp.
  
- VIVEROS, Pablo y STEGMAIER, Raúl. Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento y sus Principales Herramientas de Apoyo. *Revista Chilena de Ingeniería*, vol. 21, (1): 125-138, 2013. ISSN: 0718-3305
  
- VIVEROS, Pablo y STEGMAIER, Raúl. Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento y sus Principales Herramientas de Apoyo. *Revista Chilena de Ingeniería*, vol. 21, (1): 125-138, 2013. ISSN: 0718-3305
  
- YÉPEZ, Douglas, y; Gutiérrez, c y Cuevas, I. Sartenejas, universidad Simón Bolívar. Curvas Características de una bomba centrifuga: funcionamiento en Régimen no Cavitacional y en Régimen Cavitacional. 2014.6 pp.
  
- ZUÑIGA Flores, Agustín. Manual de Certificación en el Diagnostico, reparación e instalación de equipos de bombeo y mezcladores sumergibles FLYGT. Tesis (Ingeniero en Mantenimiento Industrial). Querétaro: Universidad Tecnológica de Querétaro, 2012. 77| pp.

CIERRE EL CICLO – CHECK LIST					
¿La acción requiere cambio/actualización/foco en lo siguiente?					
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO		OPERACIONES		CALIDAD	
Esquema		Arranque		Calidad del ingreso	
Hojas de ruta		Limpieza/Inspección		Calidad del resultado	
Nuevo/cambio en el programa		Acciones correctivas		Materiales de trabajo	
Estándares de inspección del operador		Desperdicio		Entrenamiento	
Estado final		Parada		Instrucciones de trabajo	
Guía de solución de problemas		Cambio de Marca			
Instrucciones de trabajo		Cambio de formato		<b>INFORMACION</b>	
Entrenamiento		Velocidad reducida		Planos de máquina	
		CIP		Procedimientos	
		Instrucciones de Trabajo		Manual de proveedores	
<b>ALMACÉN</b>		Entrenamiento			
Nivel de reposición		Entrenamiento		<b>OTRAS ACCIONES</b>	
Inspección de CdC					
Nuevo item en stock		<b>EQUIPO</b>			
Tiempo de recuperación		Modificaciones			