



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ELÉCTRICA**

**“Aumento de la disponibilidad mediante el análisis de criticidad de la maquinaria pesada de la empresa multiservicios Punre S.R.L. – Cajamarca”**

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

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

**Abanto Alcalde, Aldo Rafael (ORCID: 0000-0002-2492-2806)**

**ASESOR:**

**Dr. Carranza Montenegro Daniel (ORCID: 0000-0001-6743-6915)**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Sistemas y Planes de Mantenimiento**

**CHICLAYO – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

**A Dios**, por estar conmigo, quien supo guiarme por el buen camino del éxito y haberme permitido llegar a este punto de mi carrera para lograr mis objetivos y meta trazadas.

**A mis queridos padres, hermana y sobrinas**, Leoncio Abanto Abanto y María Antonieta Alcalde de Abanto, Roxana J. Abanto Alcalde quienes son el pilar fundamental en todo lo que estoy logrando, por su sacrificio a diario en ayudarme con los recursos necesarios para mi educación.

**A mi esposa y mi hija**, Consuelo Ishpilco Bustamante y Danna Fernanda Abanto Ishpilco por estar siempre presentes acompañándome, son mi felicidad y motivación para seguir adelante.

## **Agradecimiento**

**A Dios**, por bendecirme, guiarme y darme la oportunidad de cumplir mi sueño anhelado.

**A mis padres hermana y esposa**, que se han preocupado por mí en todo momento de mi vida, ya que me dieron su esfuerzo apoyándome y motivándome en mi formación académica, ahora seré el orgullo de ellos y un ejemplo a seguir para mi hija y mis sobrinas.

**A la Universidad Cesar Vallejo y a los docentes** por su enseñanza y dedicación en formación profesional, por su dirección en este trabajo de tesis y su apoyo para guiar mis ideas en el desarrollo de esta tesis.

**Finalmente**, agradecer a las personas cercanas a mi entorno que de una u otra forma me brindaron su apoyo en mi formación profesional.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen .....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA:.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación: .....	11
3.2. Variables y operacionalización: .....	11
3.3. Población y muestra. ....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad... 13	
3.5. Procedimientos de análisis de datos: .....	13
3.6. Método de análisis de datos: .....	14
3.7. Aspectos éticos: .....	14
IV. RESULTADOS:.....	15
V. DISCUSIÓN.....	68
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. RECOMENDACIONES .....	72
REFERENCIAS .....	73
ANEXOS.....	76

## Índice de tablas

Tabla 01. Descripción de la maquinaria.....	3
Tabla 02. Cuantificamos gastos. ....	15
Tabla 03. Pérdidas económicas por paradas de reparación .....	15
Tabla 04. Número de intervenciones de cada máquina .....	16
Tabla 05. Tiempo utilizado para reparar fallas de cada máquina .....	17
Tabla 06. Tiempo útil de operación de cada máquina .....	18
Tabla 07. Indicadores de gestión de mantenimiento.....	26
Tabla 8. Criterios para determinar la criticidad .....	28
Tabla 09. Matriz para identificar la criticidad.....	30
Tabla 10. Identificación de equipos críticos .....	30
Tabla 11. PARTES CRÍTICAS 1CARGADOR1 .....	31
Tabla 12. PARTES CRÍTICAS 2CARGADOR2 .....	31
Tabla 13. PARTES CRÍTICAS 3EXCAVADORA1 .....	32
Tabla 14. PARTES CRÍTICAS 4EXCAVADORA2 .....	32
Tabla 15. PARTES CRÍTICAS 5MOTONIVELADORA .....	33
Tabla 16. PARTES CRÍTICAS 6RETROEXCAVADORA1 .....	33
Tabla 17. PARTES CRÍTICAS 7RETROEXCAVADORA2.....	34
Tabla 18. PARTES CRÍTICAS 8RODILLO .....	34
Tabla 19. PARTES CRÍTICAS 9VOLQUETE1 .....	34
Tabla 20. PARTES CRÍTICAS 10VOLQUETE2 .....	35
Tabla 21. PARTES CRÍTICAS 11VOLQUETE3 .....	35
Tabla 22. PARTES CRÍTICAS 12VOLQUETE4 .....	35
Tabla 23. PARTES CRÍTICAS 13VOLQUETE5 .....	36
Tabla 24. PARTES CRÍTICAS 14VOLQUETE6 .....	36
Tabla 25. HOJA DE INFORMACIÓN 1CARGADOR1 .....	37
Tabla 26. HOJA DE INFORMACIÓN 2CARGADOR2 .....	38
Tabla 27. HOJA DE INFORMACIÓN 3EXCAVADORA1 .....	39
Tabla 28. HOJA DE INFORMACIÓN 4EXCAVADORA2 .....	40
Tabla 29. HOJA DE INFORMACIÓN 5MOTONIVELADORA .....	41
Tabla 30. HOJA DE INFORMACIÓN 6RETROEXCAVADORA1 .....	42
Tabla 31. HOJA DE INFORMACIÓN 7RETROEXCAVADORA2 .....	43

Tabla 32. HOJA DE INFORMACIÓN 8RODILLO .....	44
Tabla 33. HOJA DE INFORMACIÓN 9VOLQUETE1.....	45
Tabla 34. HOJA DE INFORMACIÓN 10VOLQUETE2.....	46
Tabla 35. HOJA DE INFORMACIÓN 11VOLQUETE3.....	47
Tabla 36. HOJA DE INFORMACIÓN 12VOLQUETE4.....	48
Tabla 37. HOJA DE INFORMACIÓN 13VOLQUETE5.....	49
Tabla 38. HOJA DE INFORMACIÓN 14VOLQUETE6.....	50
Tabla 39. HOJAS DE DECISIONES 01.....	51
Tabla 40. HOJAS DE DECISIONES 02.....	52
Tabla 41. HOJAS DE DECISIONES 03.....	53
Tabla 42. HOJAS DE DECISIONES 04.....	54
Tabla 43. HOJAS DE DECISIONES 05.....	55
Tabla 44. Número de intervenciones de cada máquina con proyecto aplicado.....	56
Tabla 45. Tiempo utilizado para reparar fallas de cada máquina con proyecto aplicado .....	57
Tabla 46. Tiempo útil de operación de cada máquina con proyecto aplicado .....	58
Tabla 47. Indicadores de gestión de mantenimiento con proyecto aplicado .....	66
Tabla 48. COMPARACIÓN ANTES Y DESPUES DEL PROYECTO.....	71

## Índice de figuras

FIGURA 01. <i>Criterios de evaluación. Fuente: Soto Castillo, 2016, p. 36.</i> .....	7
FIGURA 02. ( Berger Vidal, Yarin Achachahua, Velásquez Pino, & Gambini Lopez, 2015).....	8
FIGURA03. (Ramirez & Moreno, 2017, pág. 26) .....	9
FIGURA 04. (Moubray, 1998).....	9
FIGURA 05. (Moubray, 1998).....	10
FIGURA 06. <i>Número total de intervenciones.</i> .....	16
FIGURA 07. El tiempo utilizado para reparar las fallas .....	17
FIGURA 08. El tiempo utilizado para reparar las fallas .....	18
FIGURA 09. Tiempo promedio para reparar las fallas. ....	19
FIGURA 10. Tiempo promedio entre fallas .....	20
FIGURA 11. Tasa de fallas actual .....	21
FIGURA 12. Tasa de reparación actual.....	22
FIGURA 13. Disponibilidad actual de cada máquina .....	23
FIGURA 14. Confiabilidad de cada máquina .....	24
FIGURA 15. Mantenibilidad de cada máquina .....	25
FIGURA 16. Indicadores de gestión de la maquinaria en general.....	27
FIGURA 17. Número total de intervenciones con proyecto aplicado.....	56
FIGURA 18. El tiempo utilizado para reparar las fallas con proyecto aplicado.....	57
FIGURA 19. El tiempo utilizado para reparar las fallas con proyecto aplicado.....	58
FIGURA 20. Tiempo promedio para reparar las fallas con proyecto aplicado .....	59
FIGURA 21. Tiempo promedio entre fallas con proyecto aplicado.....	60
FIGURA 22. Tasa de fallas actual con proyecto aplicado .....	61
FIGURA 23. Tasa de reparación actual con proyecto aplicado.....	62
FIGURA 24. Disponibilidad actual de cada máquina con proyecto aplicado .....	63
FIGURA 25. Confiabilidad de cada máquina con proyecto aplicado .....	64
FIGURA 26. Mantenibilidad de cada máquina con proyecto aplicado.....	65
FIGURA 27. Indicadores de gestión de la maquinaria en general con proyecto aplicado .....	67
FIGURA 28. Resultados post proyecto.....	71

## Resumen

El mantenimiento basado en la confiabilidad no solo estudia a la confiabilidad como tal sino también la disponibilidad y la mantenibilidad, además nos permite evaluar los subsistemas que lo componen y el intercambio con el entorno personal que lo rodea.

En este desarrollo de proyecto de investigación, primero se ejecutó el reconocimiento de las fallas más comunes, de tal manera que identificamos los equipos más críticos de toda la flota, estas fallas comunes son las que entorpece a la disponibilidad llegar a su máxima expresión. Utilizando como herramienta el AMEF (análisis de modos, fallas y efectos) buscamos determinar las fallas más comunes de tal manera que fue posibles ejecutar un análisis de criticidad de cada uno de los equipos de toda la flota. Como objetivo de estudio es aplicar la metodología con fin de aumentar el tiempo de vida de los elementos o componentes de los equipos de la flota de maquinaria pesada y de la misma manera aumentar la disponibilidad teniendo como misión acortar el número de fallas y efectos.

De esta manera poder tener a las maquinas la mayor parte de tiempo a disposición de trabajo y por ende aumentar la produccion de trabajo.

**Palabras clave:** Disponibilidad, Fallas, Análisis de Criticidad.



## **Abstract**

The use of maintenance based on reliability not only observes such a factor as such but also availability and maintainability, it also allows us to evaluate the subsystems that comprise it and the exchange with the personal environment that surrounds it.

In this DPI, the recognition of the most common failures was first carried out in such a way that we identified the most critical equipment in the entire fleet that hinders the maximum expression of availability, using the AMEF tool to determine modes, failures, causes and effects. It was possible to run a criticality analysis of each of the teams in the entire fleet. As a study objective is to apply the methodology in order to increase the life time of the elements or components of the equipment of the heavy machinery fleet and in the same way increase the availability having as mission to shorten the number of failures and effects.

In this way we can have the machines most of the time available to work and therefore increase the production of work.

**Keywords:** Availability, Failures, Criticality Analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

La empresa Multiservicios Punre SRL constó de una flota de maquinaria pesada con la cual cubre los servicios que brinda como empresa, en ella sufrió constantemente de inoperatividad de su maquinaria, aún teniendo bajo su dirección un taller personalizado para brindar mantenimiento a cada máquina, la parada de sus maquinas ofrecían grandes problemas a la empresa ya que esta no podía otorgar a sus clientes el respaldo de su trabajo o servicio, y la empresa pierda su clientela.

La maquinaria no solo limitaba el no poder realizar su trabajo, sino que también generaba tiempos muertos que establecían una pérdida económica, por haber tenido personal y obras detenidas, al no contar en su momento con la maquinaria a disposición o en óptimas condiciones de trabajo.

En la empresa Multiservicios Punre SRL, tiene dentro de su flota 14 máquinas entre ellos: cargadores frontales, excavadoras, rodillos, motoniveladoras, volquetes. Que se especifica con mas detalle en tabla 01, de las cuales solo se tiene como reporte histórico, registros centrales o primitivos como son mantenimientos preventivos y en muchos de los casos por no decir en la mayoría mantenimientos correctivos.

Debido a la situación actual de operación, las condiciones climatológicas y a los distintos terrenos en las que ellas operan se presentan algunos inconvenientes que obligaban a detener la maquina en plena producción. En el año 2018 las horas que se perdieron de producción y que cambiaron a horas de stand by fueron de 1768 horas, ya que se presentaron fallas imprevistas teniendo como perdidas económicas un total anual de S/ 248 420, centrándose en los antecedentes de dicha empresa se puede dar como aporte a grosso modo un estándar bajo en disponibilidad y con índices elevados en la mantenibilidad.

Para aumentar la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada, se buscó realizar un análisis de criticidad, se utilizó como datos los antecedentes históricos de dicha empresa, para dictaminar las fallas potenciales de todas y cada una de las

máquinas de la empresa en mención, de manera que se pudo identificar y corregir antes de que ocurra, y no en un momento de plena producción.

### **Formulación Del Problema**

¿En qué medida un análisis de criticidad, determina la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la empresa de Multiservicios Punre S?R.L?

### **Justificación Del Estudio**

Se justificó académicamente por que buscó aumentar la disponibilidad de los equipos con un análisis previo de criticidad para una posterior reforma de mantenimientos y ajustes de tiempos en reparaciones.

Se justificó industrialmente porque todas las pérdidas que buscó eliminar eran pérdidas técnicas que a su vez ocasionaban pérdidas económicas y se veían reflejadas en la producción, y/o en producto o servicio.

Se justificó socialmente porque uno de los principales activos que tiene la empresa son los equipos y la producción que estos podían generar. Como efecto necesitó mayor cantidad de mano de obra para poder reducir los tiempos de mantenimiento por consiguiente se abrieron más puestos de trabajo.

Se justificó ambientalmente porque uno de los objetivos que encerraba el mantenimiento, era llegar a la reducción total de contaminación, es decir reduciría la contaminación de cualquier tipo y fue uno de los objetivos principales del mantenimiento total.

### **Hipótesis**

Un análisis de criticidad puede aumentar la disponibilidad de los equipos de maquinaria pesada en la empresa Multiservicios Punre S.R.L.

### **Objetivo General**

Aplicación del análisis de criticidad en la determinación de la disponibilidad de la flota de maquinaria pesada de la empresa Multiservicios Punre S.R.L.

### Objetivos Específicos

- a) Cuantificar gastos, pérdidas económicas y determinar la disponibilidad actual mediante registros previos de los equipos de maquinaria pesada de la empresa Multiservicios Punre S.R.L.
- b) Identificar equipos críticos y partes críticas de los equipos en la empresa Multiservicios Punre S.R.L.
- c) Elaborar un procedimiento de gestión que permitan aumentar la disponibilidad
- d) Implementar el procedimiento y determine el aumento de la disponibilidad de los equipos de la empresa Multiservicios Punre S.R.L.

N°	TIPO DE MAQUINARIA PESADA
1	1CARGADOR1
2	2CARGADOR2
3	3EXCAVADORA1
4	4 EXCAVADORA2
5	5MOTONIVELADORA
6	6RETROEXCAVADORA1
7	7RETROEXCAVADORA2
8	8RODILLO
9	9VOLQUETE1
10	10VOLQUETE2
11	11VOLQUETE3
12	12VOLQUETE4
13	13VOLQUETE5
14	14VOLQUETE6
15	

Tabla 01. Descripción de la maquinaria. Elaboración propia.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **Realidad y problemática internacional**

El modelo de criticidad obtenido por la Empresa Petróleos de Venezuela SA. Y los referenciados por el Dr. Alfredo del Castillo, estos incluyen los modelos de análisis de criticidad del Parque de Equipos Especiales de Aeropuertos y el de análisis de criticidad de los Subsistemas Objetos de Mantenimiento en la Instalación Hotelera NH Parque Central. En el caso de la Empresa de Petróleos de Venezuela, las variables utilizadas en el modelo están referidas a la Frecuencia de falla, Seguridad, Ambiente, Producción, Costos (operacionales y de mantenimiento) y Tiempo promedio para reparar (TPPR), las que son propias del sistema estudiado. (Concepción, Pérez Rodríguez, Del Castillo Serpa, & Brito-Vallina, 2012,p.2)

### **Realidad problemática nacional**

La empresa Consorcio Metal Mecánico S.R.L, dedicada a la prestación de servicios de Diseño de Ingeniería, Fabricación y Montaje de proyectos integrales del área mecánica eléctrica, dispuestos a resolver las necesidades de los clientes, con eficiencia, puntualidad y calidad, por medio del uso de la técnica de "Moldeo Rotacional". COMET S.R.L. La falta de reestructuración interna de la empresa para mejorar la canalización de la elaboración de piezas, y por la continua demanda de nuevos proyectos, la empresa debe entregar los proyectos en las fechas establecidas, sin embargo, debido a paradas originadas por fallas inesperadas en máquinas primordiales para la producción, entre las más comunes y costosas están las fallas por falta de mantenimiento. (Diestra Quevedo, Esquiviel Paredes, & Guevara Chinchayan, 2017)

### **Trabajos previos**

La investigación realizada es aplicada, pues tuvo como objetivo principal aplicar el RCM en los tractores CAT D8T que permita mejorar su disponibilidad en Aruntani SAC – Unidad Tukari; se propuso la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a los tractores D8T, ya que su operatividad debe ser continua y

dependen de ellas gran parte de la producción minera, se recogió información de todos los reportes Check List, partes diarios, control de equipos, inspección técnica, status de equipos, y se realizó un registro de paradas de todos los sistemas de los 04 tractores D8T encontrando una disponibilidad mecánica de 83.5% en el año 2013, considerándose debajo de las exigencias que la minera exige a la empresa siendo este un 85%, por lo que se realizó un plan de mantenimiento basado en el RCM en el año 2014 logrando así un 94%, ello consistió en identificar las Funciones, fallas funcionales, modos de falla, efectos de las fallas y consecuencias de las fallas para realizar el cuadro de Criticidad. (Nuñez Ingaroca, 2016)

## **Teorías relacionadas al tema**

### **Disponibilidad**

Es un factor que empieza a tener realce a partir de la tercera generación de la evolución del mantenimiento ya que en esta etapa la industria alcanza altas velocidades de producción y se refirió a esta característica como objetivo del mantenimiento, así como el incremento de seguridad al ambiente y mejor calidad de producto (Ramos Sparrow, 2017, pág. 19)

La disponibilidad (D) es el principal parámetro asociado con el mantenimiento teniendo en cuenta que es el limitante para la capacidad de producción de la empresa. Se define como la probabilidad de que una maquina esté dispuesta para su funcionamiento en un intervalo de tiempo establecido, lo que quiere decir que este indisponible por ajustes o averías (Ramos Sparrow, 2017, pág. 27)

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p}$$

Dónde:

D (DISPONIBILIDAD)	:	Disponibilidad
T <sub>o</sub> (CONFIABILIDAD)	:	Tiempo total de operación
T <sub>p</sub> (MANTENIBILIDAD)	:	Tiempo total de parada

Los periodos no incluyen paradas que se hayan planificado por producción o mantenimiento debido a que estas no involucran falla en la maquina o equipos, aunque la definición natural de disponibilidad es la mencionada se puede establecer

otra mucho más practica debido a tiempos medios reparación y fallas (Ramos Sparrow, 2017, pág. 27).

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde MTBF es el tiempo promedio entre fallas condicionado para sistemas donde el tiempo de reparación es significativo en consideración al tiempo de operación o también llamado CONFIABILIDAD.

$$MTBF = \frac{\text{Numero de horas de operacion}}{\text{numero de paradas correctivas}}$$

Además, MTTR es el tiempo promedio de reparación que le tomara a la maquina a tener las condiciones físicas y operacionales disponibles después de una falla Funcional o también llamado MANTENIBILIDAD (Ramos Sparrow, 2017, pág. 28).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}}{\text{numero de reparaciones correctivas}}$$

**Criterios de evaluación:**

<b>Criterio</b>	<b>Definición</b>
Frecuencia de falla	Veces que falla cualquier componente del sistema
Impacto operacional	Porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla
Nivel de producción manejado	Capacidad que se deja de producir cuando ocurre la falla

Tiempo Promedio para reparación	Tiempo que demora la reparación de la maquina o equipo
Costo de Reparación	Costo que demanda reparar la falla
Impacto de seguridad	Posibilidad de ocurrencia de inventos no deseados con daños a personas
Impacto ambiental	Posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente

**FIGURA 01. Criterios de evaluación. Fuente: Soto Castillo, 2016, p. 36**

Se utiliza un registro para determinar la puntuación de cada criterio empleado en el análisis de criticidad, bajo este contexto se debe definir cada criterio (Soto Castillo, 2016, pág. 37).

### **Número de prioridad de riesgo o índice de riesgo**

Dentro del desarrollo del AMEF se determina el NPR (número de prioridad de riesgo), el cual se da por la multiplicación por tres índices de probabilidad, los cuales son la Gravedad, el nivel de Ocurrencia y por la facilidad de Detección. ( Berger Vidal, Yarin Achachahua, Velásquez Pino, & Gambini Lopez, 2015)



Gravedad	
Descripción	Puntaje
Infima, imperceptible	1
Escasa, falla menor	2-3
Baja, falla inminente	4-5
Media, fallo pero no para el sistema	6-7
Elevada, falla crítica	8-9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10
Ocurrencia	
Descripción	Puntaje
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2-3
1 falla cada 1 año	4-5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6-7
1 falla entre 1 a 6 meses	8-9
1 falla al mes	10
Detección (dificultad de detección)	
Descripción	Puntaje
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy elevada	10

**FIGURA 02. Número de prioridad de riesgo**

( Berger Vidal, Yarin Achachahua, Velásquez Pino, & Gambini Lopez, 2015)

$$NPR = G \times O \times D$$

1. GRAVEDAD
2. OCURRENCIA
3. DETECCIÓN

Las características de análisis del NPR (Número de Prioridad de Riesgo):

NPR > 200 Inaceptable (I)  
 200 > NPR > 125 Reducción deseable (R)  
 125 > NPR Aceptable (A)

### **Criticidad**

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla (Ramirez & Moreno, 2017, pág. 26).

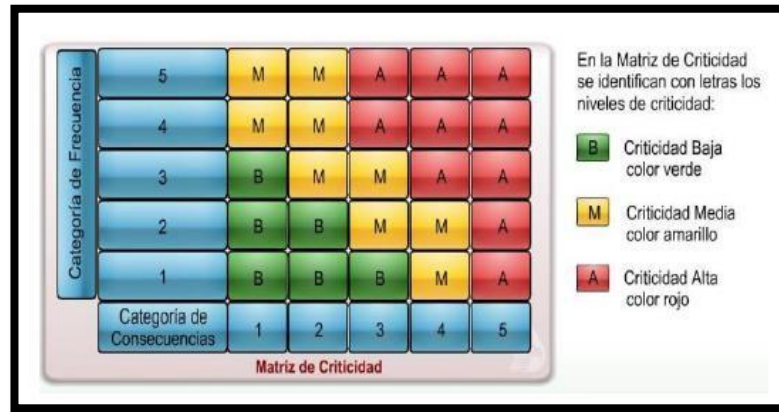


FIGURA03. Matriz de criticidad (Ramirez & Moreno, 2017, pág. 26)

### Modos de fallas

Un modo de falla es conceptualizado normalmente como un evento no deseado que causa que un bien en este caso sistema o proceso puedan tener una falla.

***“Un modo de falla es cualquier suceso que cause una falla FUNCIONAL”***

***(Moubray, 1998)***

	Equipo :	Realizado Por :	Fecha:	Hoja N°
	Sistema :	Revisado Por :	Fecha:	De:
Función	Falla Funcional	Modo de Falla (¿Que causa la falla?)	Efecto de falla (¿Que ocurre cuando falla?)	
1	A	1		

Número Correspondiente a la Función

Letra correspondiente a la Falla Funcional

Número Correspondiente al Modo de Falla

FIGURA 04. Hoja de información. (Moubray, 1998)

## El diagrama de decisión de rcm

Es un cruce de información de las partes importantes de un RCM, como es el modo de falla en conjunto, brindando aportantes de recolección, también se suma a esto las consecuencias de la evaluación, como resultados obtenemos una tarea propuesta para cada modo de falla, como factores adicionales se recomienda intervalos de tiempo de proceso y la persona que puede ejecutar la tarea propuesta. (Moubray, 1998)

## El proceso de decisión de rcm

Demuestra cómo esta planilla es utilizada para registrar las respuestas a las preguntas en el diagrama de Decisión, y en la luz de estas respuestas, registrar:

Que rutina de mantenimiento se va a realizar, con qué frecuencia y quien la va a llevar a cabo

Que fallas son lo suficientemente serias como para garantizar el rediseño

\* Casos donde se llevó a cabo una decisión deliberada para permitir que ocurran las fallas. (Moubray, 1998)

Planilla de decisión RCM II			Sistema										N° de sist.	Facilitador:	Fecha	N° de hoja
			Sub- Sistema										N° de sub. sist.	Auditor:	Fecha	De
Referencia De informacion			Consecuencia de la evaluacion				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Accion de Default			TAREA PROPUESTA	Intervalo Inicial	Puede ser realizado por	
F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4							

FIGURA 05. Hoja de toma de decisiones. (Moubray, 1998)

### **III. METODOLOGÍA:**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación:**

**Tipo de investigación:** Aplicada

**Diseño de investigación:** Pre Experimental

Hubo la probabilidad de modificar las variables, por variables optimizadas proponiendo al futuro, es decir se realizó el análisis previo a poner en práctica.

#### **3.2. Variables y operacionalización:**

- Variables Independientes:
  - Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo
  - Indicadores del mantenimiento.
    - a) Disponibilidad.
    - b) Confiabilidad.
    - c) Mantenibilidad.

variable	indicadores	Definición conceptual	Definición operacional
Sistema de gestión de mantenimiento	<p>AMEF</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de información</li> <li>• Hojas de decisiones</li> </ul>	Análisis del Modo y Efecto de fallas es un proceso que nos da acceso a determinar fallas en un sistema	Su aplicación lo respalda el RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) para eliminar fallas críticas en un sistema.
CONFIDABILIDAD	$C(t) = e^{-\frac{\lambda*(TEF+TPR)}{100}}$	<b>Confiabilidad:</b> Es la confianza que genera un equipo o sistema ante una posible falla durante un lapso de tiempo	Su aplicación se define como el valor neperiano elevado al negativo exponente de la tasa de fallas por el tiempo total entre cien
	$D(t) = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$	<b>Disponibilidad:</b> Es el estado activo de un componente o equipo durante un lapso de tiempo	Su aplicación se define como el tiempo promedio entre fallas sobre la suma del tiempo promedio entre fallas más tiempo promedio para reparar.
	$M(t) = 1 - e^{-\frac{\mu*(TEF+TPR)}{100*12}}$	<b>Mantenibilidad:</b> Es el esfuerzo que se hace para conservar un equipo en FUNCIÓNamiento o para repararlo una vez detectada la falla.	Su aplicación se define como el valor de uno menos el valor neperiano elevado al negativo exponente de la tasa de reparación por el tiempo total entre cien por doce meses

Tabla 2. Variables y Operacionalización. Elaboración propia.

### 3.3. Población y muestra.

- **Población:** Máquinas pesadas De La Empresa Multiservicios Punre S.R.L
- **Muestra:** Flota 14 máquinas pesadas De La Empresa Multiservicios Punre S.R.L
- **Muestreo:** Intencional – Pre Probabilística (Es decir, se selecciona una empresa con maquinaria pesada en condiciones críticas con respecto a la frecuencia de fallas).
- **unidad de análisis:** Maquinaria pesada con frecuencia de fallas críticas.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Técnicas	Instrumentos	Validación
Encuestas	Cuestionario	Por experto
Análisis documental	Ficha de registro	Por experto
Observación	Ficha de observación	Por experto

Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Elaboración propia.

### 3.5. Procedimientos de análisis de datos:

- a) **En el primer** paso se calcularán los indicadores de mantenimiento que son:
- **Disponibilidad**, es la relación que existe entre el tiempo medio entre las fallas y las sumas del tiempo medio entre fallas y tiempos medios para reparar.
  - **Confiabilidad**, es el tiempo promedio entre fallas condicionado para sistemas donde el tiempo de reparación es significativo en consideración al tiempo de operación.
  - **Mantenibilidad**, es el tiempo promedio de reparación que le tomara al personal a tener las condiciones físicas y operacionales disponibles de la maquina después de una falla Funcional.

- b) **En el segundo paso** se calcula la criticidad, que es el producto de la frecuencia de fallas por la consecuencia, donde la consecuencia es la multiplicación del impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto en la seguridad ambiental y humana.
- c) **Tercer paso** procedimiento se evaluará los componentes críticos a través de hojas de información.
- d) **Cuarto paso** calcularemos el número de prioridad de riesgos que es la multiplicación de tres factores adimensionales: Gravedad, Ocurrencia y Detección.
- e) **Quinto paso** a través de las horas reducidas por paradas de las fallas intolerables determinamos los indicadores del mantenimiento y lo comparamos con los actuales.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

Una vez que se obtuvo la información se seleccionó y se modificó a través de Microsoft Excel, el cual brindó resultados precisos y confiables. La información que se obtuvo se plasmó en gráficos y figuras. La técnica es inferencial porque se revisó la hipótesis de la investigación.

### **3.7. Aspectos éticos:**

**Consentimiento y aprobación:** Los representantes de la empresa multiservicios PUNRE SRL dieron el consentimiento y aprobación para el estudio de este proyecto.

**Confidencialidad:** La confidencialidad y la no divulgación de los datos recopilados de la empresa multiservicios PUNRE SRL. Fueron uno de nuestros factores éticos primordiales para la ejecución de este proyecto.

**Contextualización:** El protocolo de esta investigación y los datos fueron obtenidos cumpliendo con las reglas internas de taller y mostrando empatía con las personas que nos ayudaron a obtener los datos.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. CUANTIFICAMOS GASTOS Y PERDIDAS ECONÓMICAS Y DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD DE LA MAQUINARIA PESADA

###### GASTOS:

N°	MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA MULTISERVICIOS PUNRE S.A.C.- CAJAMARCA	COSTO DE MANTENIMIENTO
1	1CARGADOR1	30312,2
2	2CARGADOR2	50621,9
3	3EXCAVADORA1	40543,34
4	4 EXCAVADORA2	50182,5
5	5MOTONIVELADORA	21743,5
6	6RETROEXCAVADORA1	70532,6
7	7RETROEXCAVADORA2	31000
8	8RODILLO	24523,6
9	9VOLQUETE1	36189,64
10	10VOLQUETE2	28466
11	11VOLQUETE3	29586,6
12	12VOLQUETE4	17852,9
13	13VOLQUETE5	21946,3
14	14VOLQUETE6	21689,5
15		
<b>TOTAL</b>		<b>475190,58</b>

**Tabla 04. Cuantificamos gastos. Elaboración propia.**

###### PERDIDAS ECONÓMICAS:

N°	MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA MULTISERVICIOS PUNRE	TIEMPO PARA REPARAR (	COSTO UNITARIO EN	PERDIDA TOTALES EN PRODUCCION
1	1CARGADOR1	149	180	26820
2	2CARGADOR2	215	180	38700
3	3EXCAVADORA1	140	170	23800
4	4 EXCAVADORA2	191	170	32470
5	5MOTONIVELADORA	150	140	21000
6	6RETROEXCAVADORA1	155	110	17050
7	7RETROEXCAVADORA2	136	110	14960
8	8RODILLO	80	130	10400
9	9VOLQUETE1	80	120	9600
10	10VOLQUETE2	82	120	9840
11	11VOLQUETE3	124	120	14880
12	12VOLQUETE4	97	120	11640
13	13VOLQUETE5	71	120	8520
14	14VOLQUETE6	66	120	7920
15	0			
<b>TOTAL</b>		<b>1736</b>		<b>247600</b>

**Tabla 05. Pérdidas económicas por paradas de reparación. Elaboración propia.**

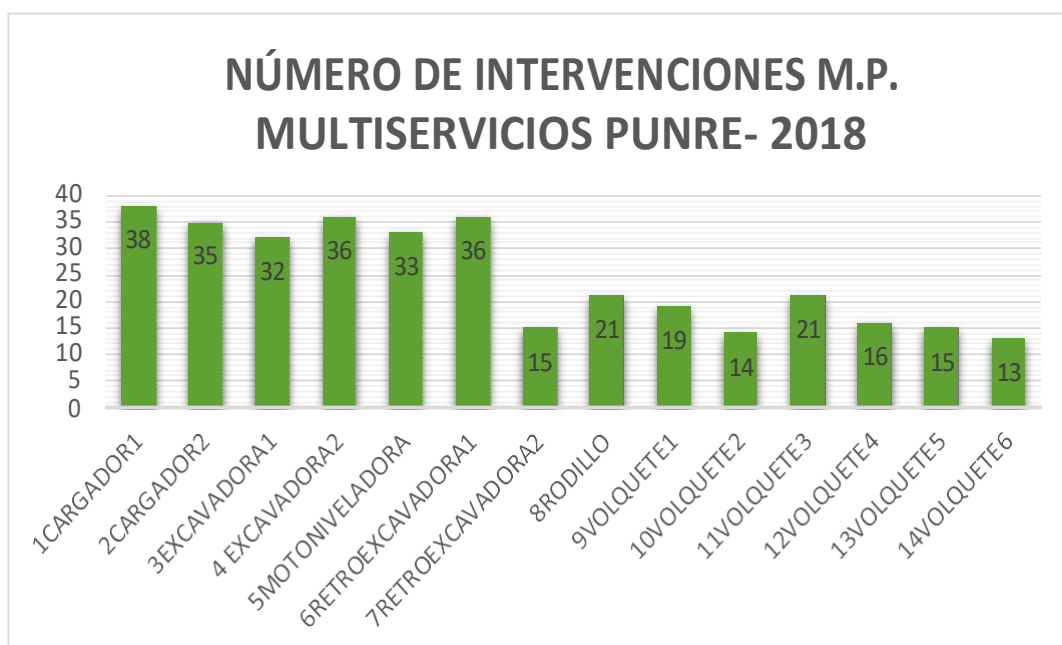


**CALCULAMOS LA DISPONIBILIDAD ACTUAL MEDIANTE INDICADORES DE MANTENIMIENTO.**

A. Calculamos el Número de intervenciones de la maquinaria pesada:

MAQUINAS	
1CARGADOR1	38
2CARGADOR2	35
3EXCAVADORA1	32
4 EXCAVADORA2	36
5MOTONIVELADORA	33
6RETROEXCAVADORA1	36
7RETROEXCAVADORA2	15
8RODILLO	21
9VOLQUETE1	19
10VOLQUETE2	14
11VOLQUETE3	21
12VOLQUETE4	16
13VOLQUETE5	15
14VOLQUETE6	13
0	0
<b>TOTAL</b>	<b>344</b>

**Tabla 06. Número de intervenciones de cada máquina Elaboración propia.**

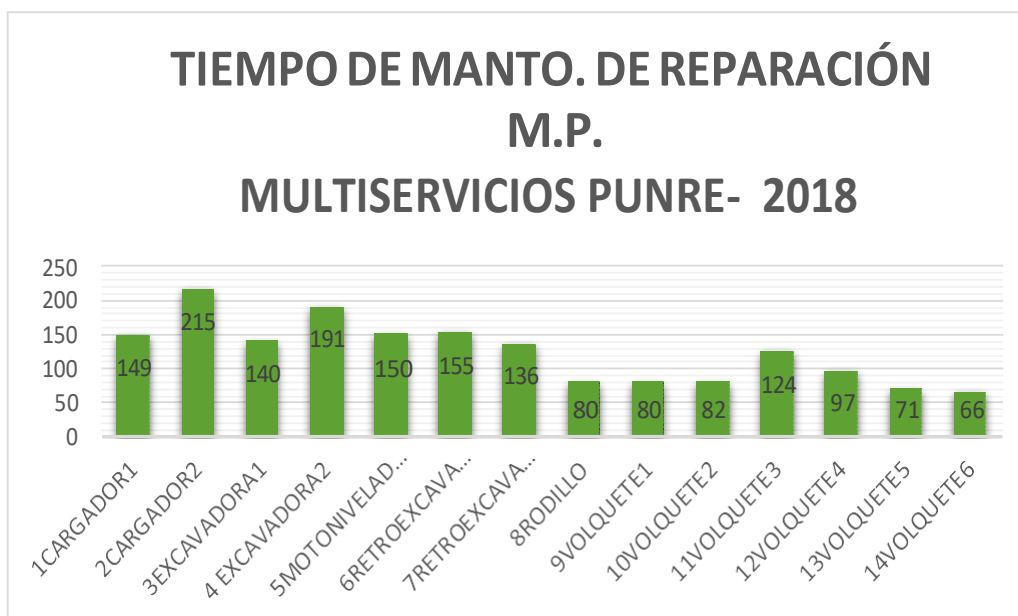


**FIGURA 06. Número total de intervenciones. Elaboración propia.**

B. Calculamos el tiempo utilizado para reparar las fallas de la maquinaria pesada:

MAQUINAS	
1CARGADOR1	149
2CARGADOR2	215
3EXCAVADORA1	140
4 EXCAVADORA2	191
5MOTONIVELADORA	150
6RETROEXCAVADORA1	155
7RETROEXCAVADORA2	136
8RODILLO	80
9VOLQUETE1	80
10VOLQUETE2	82
11VOLQUETE3	124
12VOLQUETE4	97
13VOLQUETE5	71
14VOLQUETE6	66
0	
<b>TOTAL</b>	<b>1736</b>

**Tabla 07. Tiempo utilizado para reparar fallas de cada máquina. Elaboración propia.**



**FIGURA 07. El tiempo utilizado para reparar las fallas. Elaboración propia.**

C. Calculamos el tiempo útil de operación de la maquinaria pesada:

MAQUINAS	
1CARGADOR1	1352
2CARGADOR2	1411
3EXCAVADORA1	1021
4 EXCAVADORA2	1352
5MOTONIVELADORA	1112
6RETROEXCAVADORA1	1096
7RETROEXCAVADORA2	1000
8RODILLO	750
9VOLQUETE1	1237
10VOLQUETE2	1052
11VOLQUETE3	925
12VOLQUETE4	1150
13VOLQUETE5	1134
14VOLQUETE6	946
0	
<b>TOTAL</b>	<b>15538</b>

Tabla 08. Tiempo útil de operación de cada máquina. Elaboración propia.

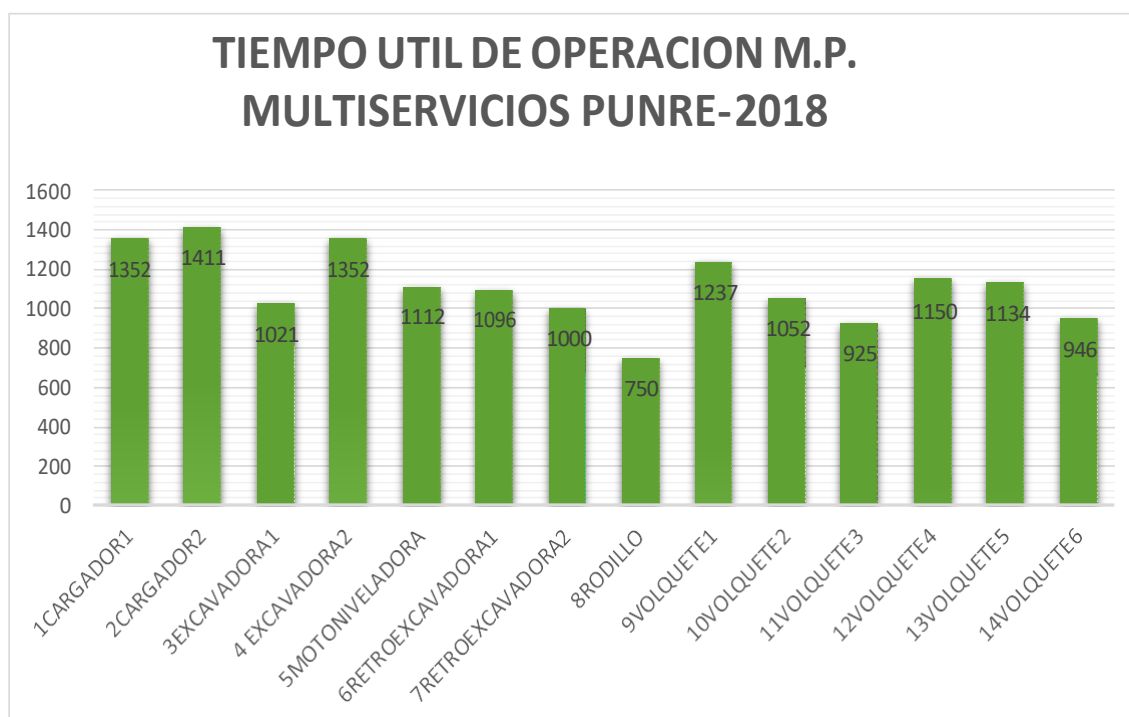


FIGURA 08. El tiempo utilizado para reparar las fallas. Elaboración propia.

D. Calculamos el tiempo promedio para reparar las fallas de la maquinaria pesada:

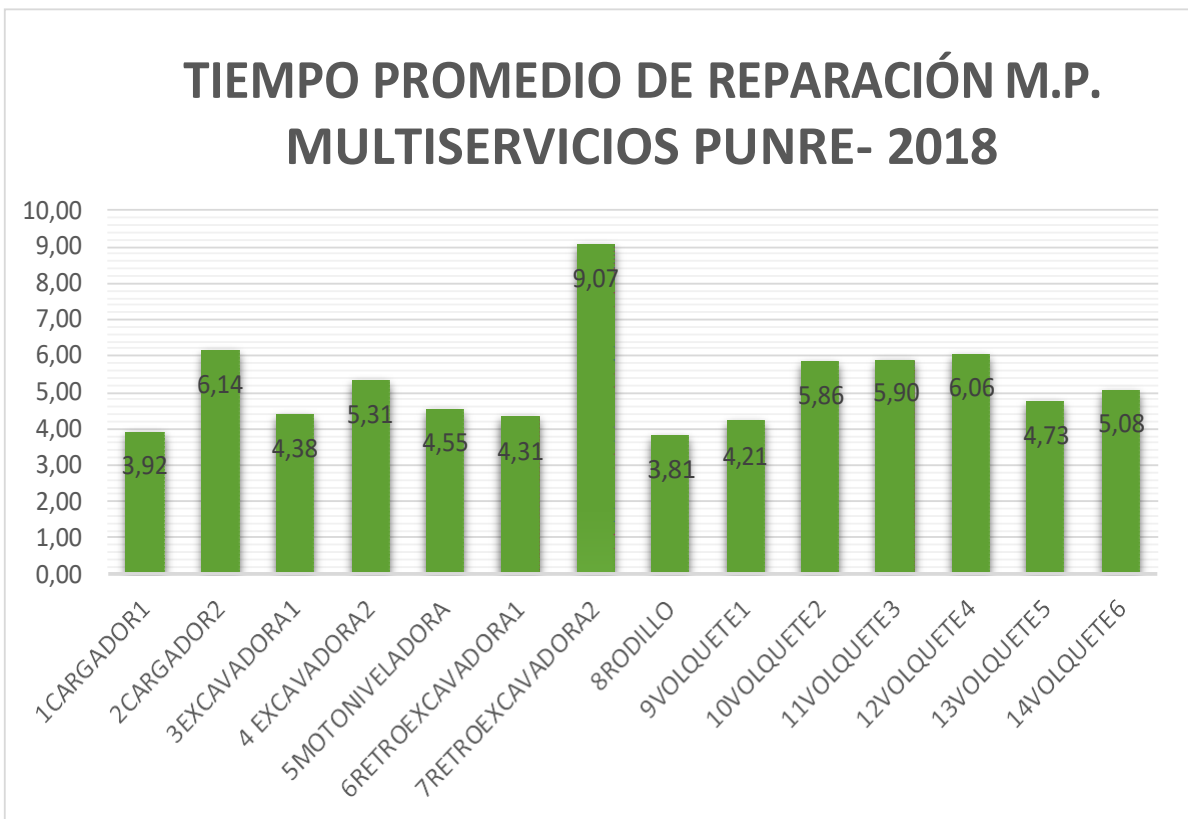
Elegimos a 1CARGADOR1.

$$TPPR = \frac{\sum TPR}{\sum n}$$

$$TPPR = \frac{15 + 16 + 10 + 6 + 16 + 13 + 6 + 9 + 15 + 20 + 4 + 15 + 4}{3 + 8 + 5 + 3 + 4 + 1 + 2 + 2 + 1 + 3 + 2 + 3 + 1}$$

$$TPPR = \frac{149}{38}$$

$TPPR = 3.92$  horas para reparar /falla



**FIGURA 09. Tiempo promedio para reparar las fallas. Elaboración propia.**

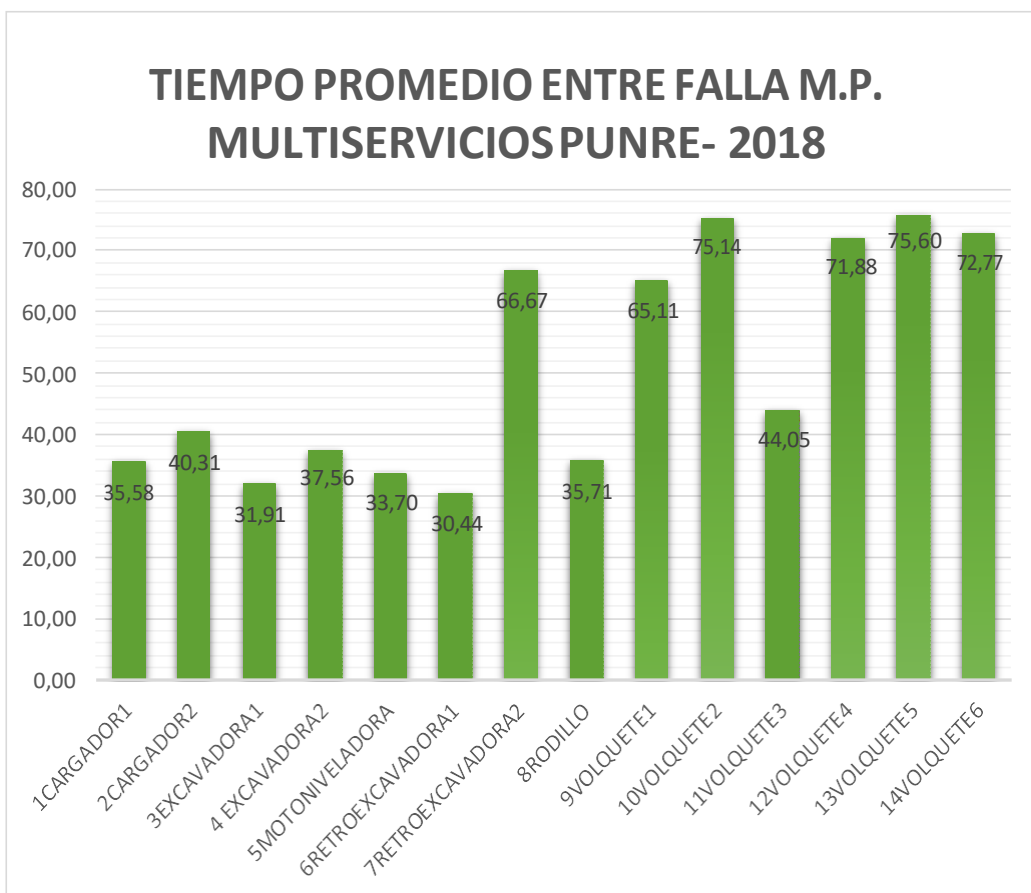
E. Calculamos el tiempo promedio entre fallas en el mantenimiento de la maquinaria pesada.

Elegimos a 1CARGADOR1.

$$TPPR = \frac{\sum TEF}{\sum n}$$

$$TPPR = \frac{1352}{38}$$

$TPPR = 35.57$  horas de operación /falla



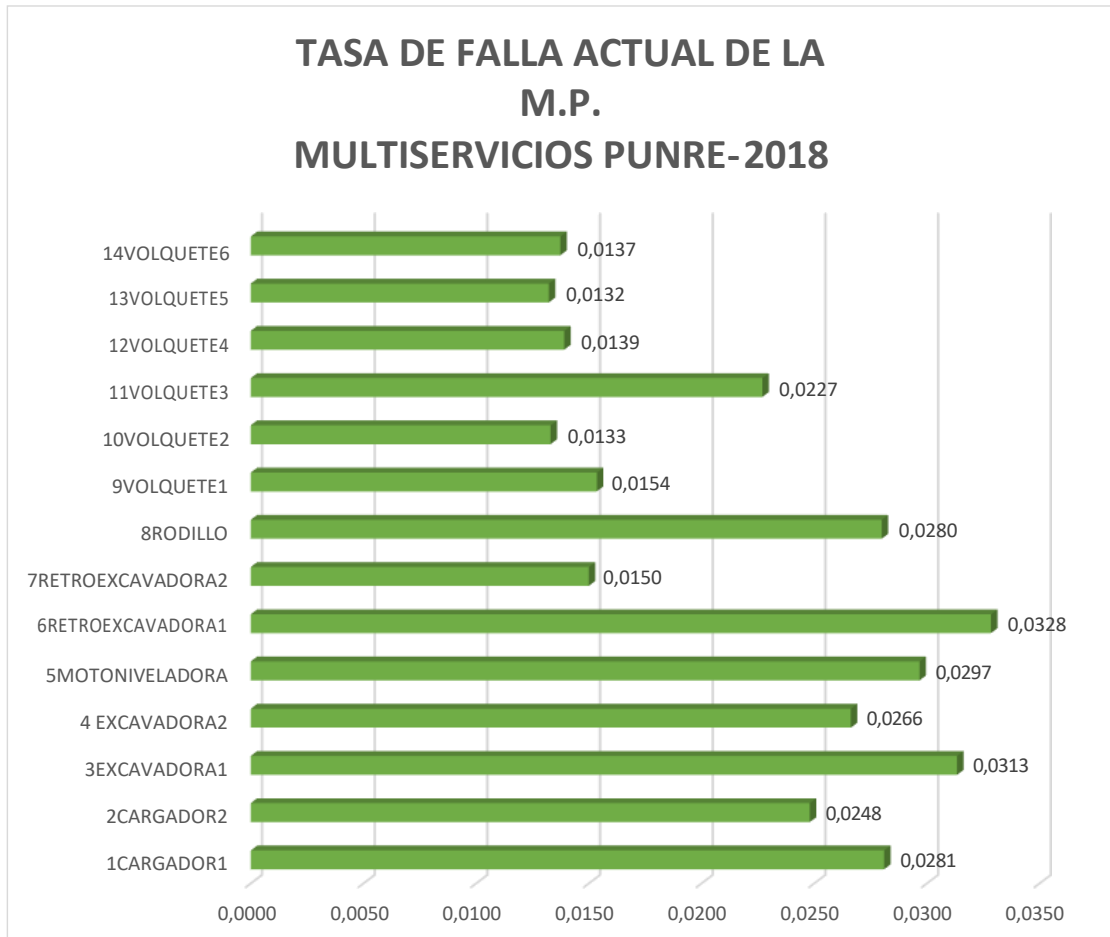
**FIGURA 10. Tiempo promedio entre fallas. Elaboración propia.**

F. Calculamos la tasa de fallas actual de la maquinaria pesada.

Elegimos a 1CARGADOR1.

$$\lambda = \frac{1}{TPEF}$$

$$\lambda = 0.0281 \frac{\text{falla}}{\text{horas \u00fasiles}}$$



**FIGURA 11. Tasa de fallas actual. Elaboraci\u00f3n propia.**

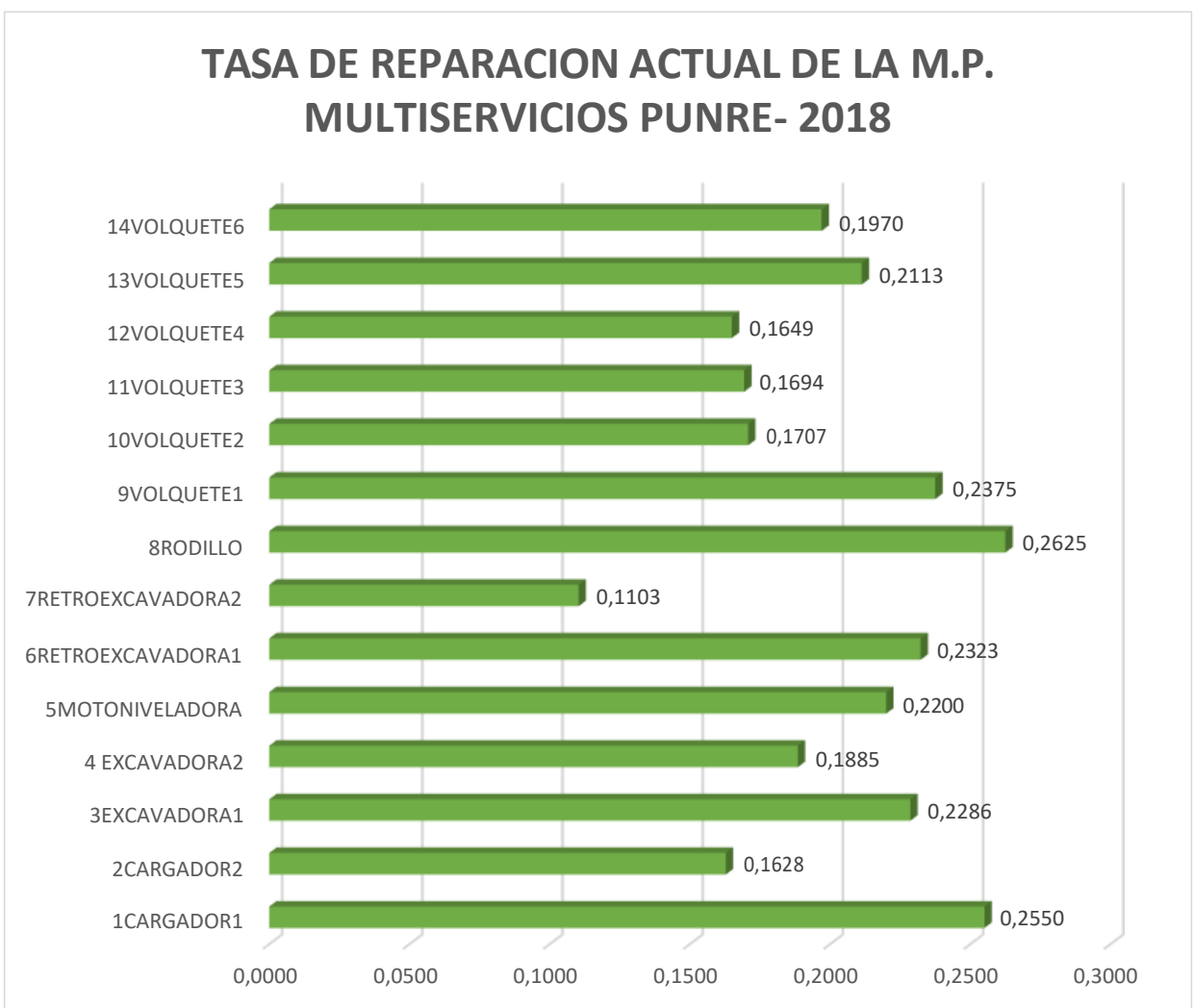
G. Calculamos la tasa de reparación actual de la maquinaria pesada.

Elegimos a 1CARGADOR1.

$$\mu = 1/\text{tiempo promedio para reparar}$$

$$\mu = \frac{1}{3.92 \text{ horas de reparación /falla}}$$

$$\mu = 0.2550 \frac{\text{falla}}{\text{horas de reparación}}$$



**FIGURA 12. Tasa de reparación actual. Elaboración propia.**

H. Calculamos la disponibilidad de la maquinaria pesada.

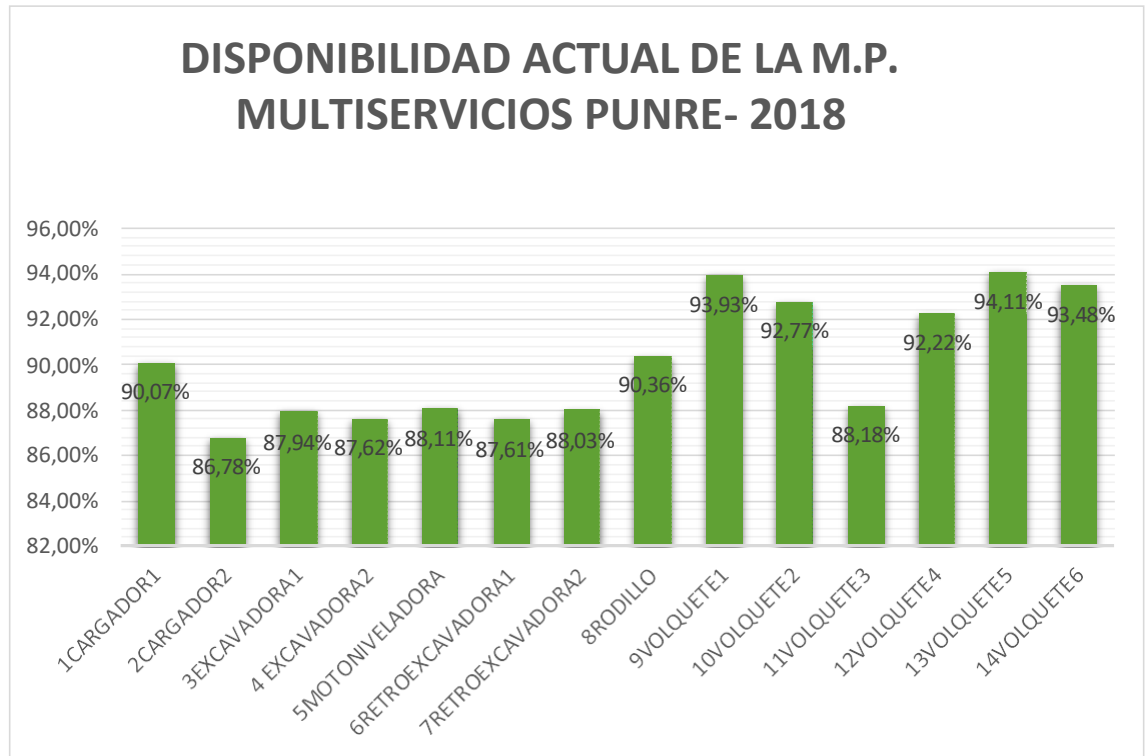
Elegimos a 1CARGADOR1.

$$D(t) = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$$

$$D(t) = \frac{35.57}{35.57 + 3.92}$$

$$D(t) = 0.9007$$

$$D(t) = 90.07\%$$



**FIGURA 13. Disponibilidad actual de cada máquina. Elaboración propia.**



I. Confiabilidad de la maquinaria pesada.

Elegimos a 1CARGADOR1.

$$C(t) = e^{-\frac{\lambda*(TEF+TPR)}{100}}$$

Donde

TEF: 1352 horas

TPR: 149 horas

Total, de horas: 1501 horas

$$C(t) = e^{-\frac{0.0281*(1501)}{100}}$$

$$C(t) = 0.6558$$

$$C(t) = 65.58\%$$

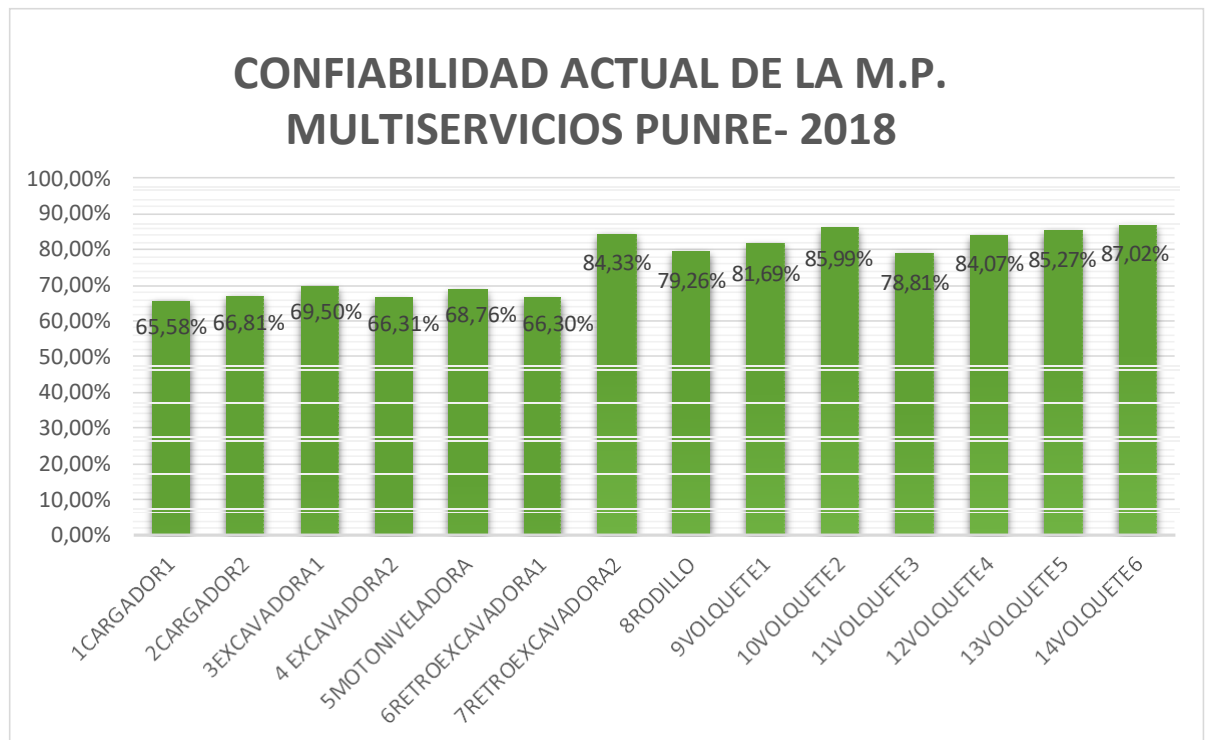


FIGURA 14. Confiabilidad de cada máquina. Elaboración propia.

J. Mantenibilidad de la maquinaria pesada.

Elegimos a 1CARGADOR1.

$$M(t) = 1 - e^{-\frac{\mu*(TEF+TPR)}{100*12}}$$

$$M(t) = 1 - e^{-\frac{0.2550*(1501)}{100*12}}$$

$$M(t) = 0.2731$$

$$M(t) = 27.31\%$$

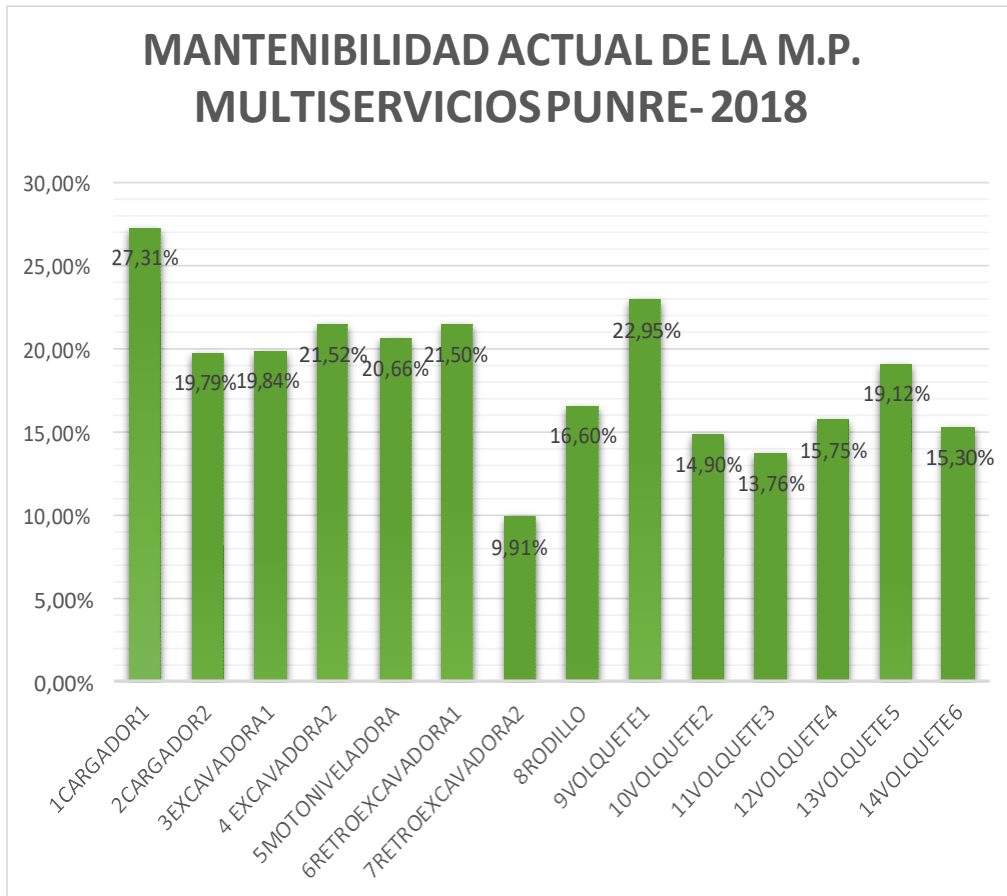
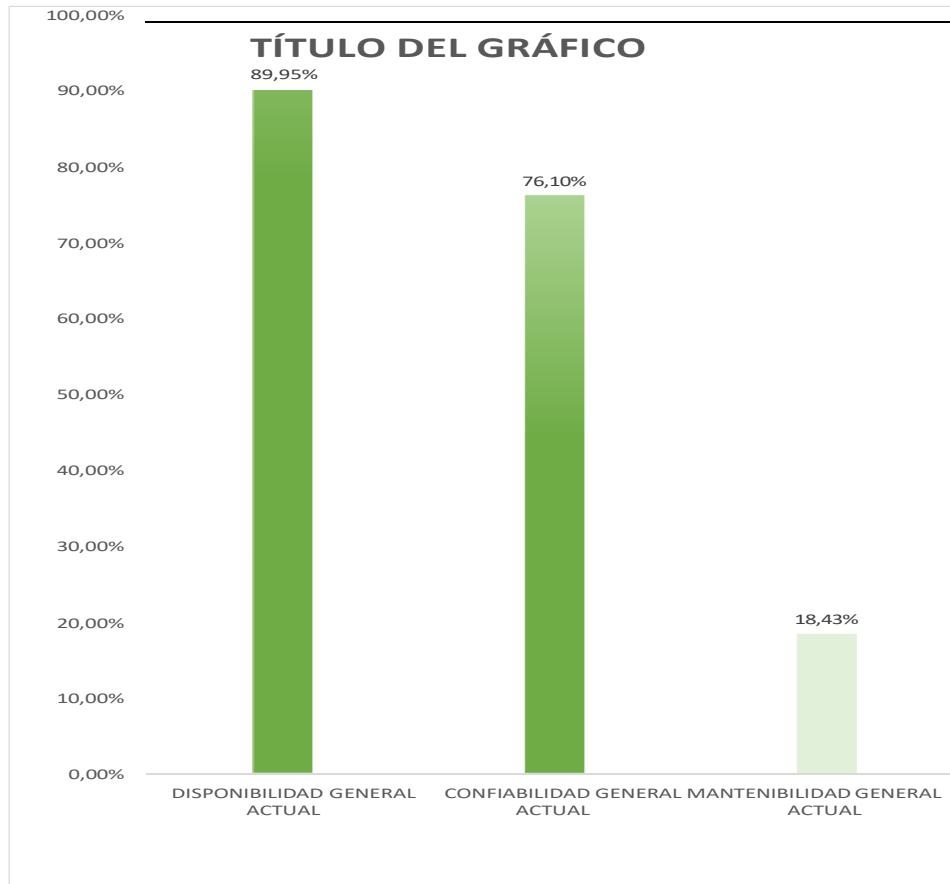


FIGURA 15. Mantenibilidad de cada máquina. Elaboración propia.

K. Indicadores de gestión de mantenimiento.

INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE TODA LA MAQUINARIA		
TIEMPO DE REPARACIÓN TOTAL	1736	dato de tabla 03. Pérdidas económicas
NÚMERO DE INTERVENCIONES TOTALES	344	dato de la figura 06. sumatoria total de intervenciones
TIEMPO UTIL TOTAL ENTRE FALLAS	15538	dato de la tabla 06. sumatoria total de tiempo util de operación
TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS	45,168605	15538/344
TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN	5,0465116	dato de tabla 3. Pérdidas económicas: 1736 horas/344 horas (sumatoria total de intervenciones)
TASA GENERAL DE FALLAS	0,0221393	1/(45,1686) tiempo promedio entre fallas
TASA GENERAL DE REPARACIÓN	0,1981567	1/(5,046511) tiempo promedio de reparación
TIEMPO PROGRAMADO TOTAL	17274	tiempo de reparación total (1736)+(15538) tiempo util total entre fallas
DISPONIBILIDAD GENERAL ACTUAL	89,95%	tiempo promedio entre falla(45,16) / (45,16)tiempo promedio entre falla + (5,0465)tiempo promedio de reparación
CONFIABILIDAD GENERAL ACTUAL	76,10%	$C T = e^{-\frac{*(t)}{}}$
MANTENIBILIDAD GENERAL ACTUAL	18,43%	$M T = 1 - e^{-\frac{*(t)}{}}$

Tabla 09. Indicadores de gestión de mantenimiento. Elaboración propia.



**FIGURA 16.** Indicadores de gestión de la maquinaria en general.

## 4.2. IDENTIFICAR EQUIPOS CRITICOS Y PARTES CRÍTICAS DE LOS EQUIPOS EN LA EMPRESA MULTISERVICIOS PUNRE S.R.L

### 4.2.1. IDENTIFICAMOS LOS EQUIPOS CRITICOS.

criterio para determinar criticidad	Puntaje
<i>Frecuencia de falla</i>	
Mayor a 40 fallas/año	4
20-40 fallas/año	3
10-20 fallas/año	2
Mínimo de 10 falla/año	1

<b><i>Impacto Operacional</i></b>	
Parada inmediata de toda empresa	10
Parada de una línea de producción de la empresa	6
Impacto a niveles de producción o calidad	4
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	1
<b><i>Flexibilidad Operacional</i></b>	
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4
Hay opción de equipo compartido	2
Función de repuesto disponible	1
<b><i>Costo del mantenimiento</i></b>	
Mayor o igual a S./ 27432.00	2
Menor o inferior a S./ 27432.00	1
<b><i>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</i></b>	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (accidentes o incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1

**Tabla 10. Criterios para determinar la criticidad. Elaboración propia.**

Usando los valores de indicadores anteriores se aplica en cada uno de los equipos para determinar las maquinas críticas, usaremos como ejemplo:

#### 1CARGADOR1:

- Determinación de la frecuencia de fallas:
  - 25 fallas/ año F.f. = 3
- Determinación de impacto operacional:
  - Parada de una línea de producción de la empresa --- I. O= 6
- Determinación de la flexibilidad operacional:
  - Hay opción de equipo compartido--- F.O.= 2
- Determinación del costo del mantenimiento:
  - En el 2018 esta máquina su mantenimiento fue 24784.05 soles ya que el promedio de todas las maquinas es 27432.00 soles entonces le corresponde el nivel 1. ---- C.M. = 1
- Determinación de la seguridad humana y ambiental.
  - Provoca daños menos ---- S.A.H.= 2

#### **Determinar la consecuencia**

$$C= I.O * F.O * C.M * SAH$$

$$C=6 X 2 X 1 X 2$$

$$C=24$$

#### **Determinar el valor critico**

$$Cr.=F.f * C$$

$$Cr.=3(\text{frecuencia}) X 24(\text{consecuencia})$$

$$Cr.= 72$$

F R N E C  C I U A E	4	40	80	120	160	200
	3	30	60	90	120	150
	2	20	40	60	80	100
	1	10	20	30	40	50
		10	20	30	40	50
	CONSECUENCIA					

**Tabla 011. Matriz para identificar la criticidad. Elaboración propia.**

	criterio						
Maquinaria	F. f	I.O.	F.O.	C.M.	S.A.H.	C	Cr.
1CARGADOR1	3	6	2	1	2	24	72
2CARGADOR2	4	6	2	2	2	48	192
3EXCAVADORA1	3	6	2	2	2	48	144
4 EXCAVADORA2	4	6	2	2	2	48	192
5MOTONIVELADORA	2	6	4	1	2	48	96
6RETROEXCAVADORA1	2	6	2	2	2	48	96
7RETROEXCAVADORA2	2	6	2	2	2	48	96
8RODILLO	2	6	4	1	2	48	96
9VOLQUETE1	3	4	2	1	2	16	48
10VOLQUETE2	2	4	2	1	2	16	32
11VOLQUETE3	2	4	2	2	2	32	64
12VOLQUETE4	2	4	2	1	2	16	32
13VOLQUETE5	2	4	2	1	2	16	32
14VOLQUETE6	2	4	2	1	2	16	32

**Tabla 12. Identificación de equipos críticos. Elaboración propia.**

#### 4.2.1. IDENTIFICAMOS PARTES CRÍTICAS DE LOS EQUIPOS

##### a) 1CARGADOR1

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO NPR = G* O*D
		GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	
1	ARRANCADOR	3	3	5	45
2	NEUMÁTICOS	3	3	3	27
3	SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	7	5	5	175
4	FILTRO DE AIRE SATURADO	10	7	3	210
5	BAJA DE PRESIÓN DE ACEITE	7	5	5	175
6	CAMISA DE CILINDRO RAJADA	5	3	5	75
7	TAPA DE RADIADOR DEFECTUOSA	3	3	3	27
8	RETEN DE BOMBA DE AGUA PICADA	7	5	6	210
9	JUNTA DE CULATA SOPLADA	10	5	5	250
10	TURBO COMPRESOR SIN LUBRICACIÓN	9	7	3	189
11	FILTRO DE ECEITE DE DIFERENCIA RAJADO	7	5	5	175
12	CALIBRACIÓN DE INYECTORES	7	5	3	105
13	MUELLE DE VÁLVULA VENCIDA	9	3	5	135

**Tabla 13. PARTES CRÍTICAS 1CARGADOR1 Elaboración propia.**

##### b) 2CARGADOR2

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO NPR = G* O*D
		GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	
1	PISTON - CAMISA DESGASTADOS	7	7	5	245
2	BOMBA DE TRANSMISIÓN	7	3	3	63
3	CUBOS REDUCTORES	9	5	5	225
4	CULATA RAJADA	10	5	5	250
5	LUBRICACIÓN DE PALIERES	10	6	4	240
6	CALENTADORES ELÉCTRICOS	7	5	4	140
7	FRENO MOTOR DEFECTUOSO	9	3	5	135
8	BALANCINES MAL CALIBRADOS	10	3	7	210
9	VÁLVULA DE DESCARGA DEFECTUOSA	5	3	3	45
10	FILTRO DE AIRE RAJADO	7	6	5	210
11	CONVERTIDOR	9	5	5	225
12	CONDUCTOR CON FUGAS O CON AIRE	5	3	5	75
13	CONDUCTOS OBSTRUIDOS	3	7	3	63

**Tabla 14. PARTES CRÍTICAS 2CARGADOR2. Elaboración propia.**



c) 3EXCAVADORA1

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO NPR = G* O*D
		GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	
1	SEGMENTO / CAMISAS	9	5	5	225
2	FILTRO DE AIRE MAL POSICIONADO	5	9	3	135
3	FUGAS	9	5	5	225
4	CALIBRACIÓN DE INYECTOR ALTO	8	5	5	201
5	MALA CALIBRACIÓN DE BALANCINES	10	3	7	210
6	FILTROS DE AIRE OBSTRUIDOS	9	5	5	225
7	FUGAS ENFRIADOR DE ACEITE	9	5	5	225
8	CULATA AGRIETADA	7	3	5	105
9	TERMOSTATO MALOGRADO	7	5	5	175
10	EMPAQUETADURA DE CULATA SOPLADA	5	3	3	45
11	BOMBA DE INYECCION DESCALIBRADA	7	5	5	175
12	PRESIÓN DE APERTURA DE VÁLVULA ALTA	9	3	5	135
13	GRUPO MOVIL DE SOBREALIMENTACIÓN	7	6	5	210

**Tabla 15. PARTES CRÍTICAS 3EXCAVADORA1. Elaboración propia.**

d) 4EXCAVADORA2

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO NPR = G* O*D
		GRAVEDAD	OCURRENCIA A	DETECCIÓN	
1	FUGAS	7	5	5	175
2	AVANCE DE INYECCION RETRASADO	7	5	6	210
3	VÁLVULA DE DESCARGA DEFECTUOSA	9	5	5	225
4	TOBERAS OBSTRUIDAS	10	5	5	250
5	CILINDRO PISTON (DESGASTE)	5	3	5	75
6	FILTRO DE AIRE RAJADO	7	5	6	210
7	CONDUCTOS OBSTRUIDOS	3	5	3	45
8	FUGAS EN LINEA DE PRESIÓN	7	3	3	63
9	INYECTOR FUNCIONA DEFECTUOSO	7	5	3	105
10	ACIENTO DE VÁLVULA CON OLLIN	5	3	3	45
11	INYECTOR DESCALIBRADO	3	5	3	45
12	TARADO DE INYECTOR ALTO	3	5	3	45
13	FUGAS EN CONDUCTOS DE ACEITE	7	3	3	63

**Tabla 16. PARTES CRÍTICAS 4EXCAVADORA2. Elaboración propia.**

e) 5MOTONIVELADORA

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO
		GRAVEDAD	OCURRENCI A	DETECCIÓN	
1	ALINEACION DE JUNTAS	5	3	3	45
2	ALTERNADOR SIN CARGAR	7	5	6	210
3	BARRA DE INCLINACIÓN DESALINEADA	7	5	3	105
4	VIBRACIÓN DE COJINETE DE CILINDRO	10	5	4	201
5	DESGASTE DEL BUJE DEL TANDEM	9	5	5	225
6	ARRANCADOR	3	3	5	45
7	SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	7	5	5	175
8	EMPAQUETADURA DE CULATA SOPLADA	10	3	7	210
9	BALANCINES MAL CALIBRADOS	7	3	3	63
10	FUGAS ENFRIADOR DE ACEITE	9	5	5	225
11	TERMOSTATO MALOGRADO	7	5	5	175
12	FUGAS EN LINEA DE PRESIÓN	10	5	5	250
13	ACIENTO DE VÁLVULA CON OLLIN	5	3	3	45

Tabla 17. PARTES CRÍTICAS 5MOTONIVELADORA. Elaboración propia.

f) 6RETROEXCAVADORA1

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO
		GRAVEDAD	OCURRENCI A	DETECCIÓN	
1	TAPA DE RADIADOR DEFECTUOSA	3	3	3	27
2	ROTURAS DE FAJAS DE TRANSMISIÓN	7	5	5	175
3	SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	7	5	5	175
4	FRICCIÓN DE EXTENDIBLES DE LA PLUMA	3	3	3	27
5	FRENO MOTOR DEFECTUOSO	9	3	5	135
6	CARDAN DESALINEADO	5	3	3	45
7	BAJA PRESIÓN DE CARGA HIDRÁULICA	7	5	5	175
8	ARRANCADOR	3	3	5	45
9	LUBRICACIÓN DE PALIERES	10	6	4	240
10	RODAMIENTO DELANTERO DEFECTUOSO	9	5	5	225
11	FILTRO DE ACEITE EN MAL ESTADO	8	5	5	201
12	NEUMÁTICOS	3	3	3	27
13	CUBOS REDUCTORES	9	5	5	225

Tabla 18. PARTES CRÍTICAS 6RETROEXCAVADORA1. Elaboración propia.

g) 7RETROEXCAVADORA2

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO NPR =G* O*D
		GRAVEDAD	OCURRENCI A	DETECCIÓN	
1	FALLA DE RETENES DE BRAZOS	5	3	3	45
2	RODAMIENTO DELANTERO ROTO	9	5	5	225
3	FAJA DE TRANSMISIÓN DESGASTADA	7	5	5	175
4	FILTRO DE AIRE SATURADO	5	3	5	75
5	FILTRO DE COMBUSTIBLE OBSTRUIDO	8	5	5	201
6	ARRANCADOR	3	3	5	45
7	NEUMÁTICOS	9	5	5	225
8	CONVERTIDOR	3	3	3	27

**Tabla 19. PARTES CRÍTICAS 7RETROEXCAVADORA2. Elaboración propia.**

h) 8RODILLO

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO NPR =G* O*D
		GRAVEDAD	OCURRENCI A	DETECCIÓN	
1	ARRANCADOR	9	5	5	225
2	NEUMÁTICOS	3	3	3	27
3	TAPA DE VÁLVULAS ROTA	5	5	3	75
4	CALENTADORES ELÉCTRICOS	7	5	4	140
5	RODAMIENTO NEUMÁTICO POST. DEFECTUOSO	7	6	5	210
6	SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	7	5	5	175
7	FAJAS ROTAS	7	5	5	175
8	FILTRO DE AIRE ROTO	7	5	6	210
9	RODAMIENTOS EN TREN OSCILANTE DEFECTUOSO	5	3	3	45

**Tabla 20. PARTES CRÍTICAS 8RODILLO. Elaboración propia.**

i) 9VOLQUETE1

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO NPR =G* O*D
		GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	
1	CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS	7	6	5	210
2	CINTA DE FRENO DESGASTADA	5	5	3	75
3	SENSOR DE OBSTRUCCIÓN DE FILTRO DE AIRE	7	5	5	175
4	CHILLIDOS DE FRENO POSTERIOR	8	5	5	201
5	FILTRO DEL CONDENSADOR ROTO	9	5	5	225
6	FILTRO DE AIRE FRACTURADO	7	3	3	63
7	VIBRACIÓN EN DIRECCIÓN	5	3	3	45
8	FILTRO HIDRAULICO DE DIRECCIÓN ROTO	10	4	5	201

**Tabla 21. PARTES CRÍTICAS 9VOLQUETE1. Elaboración propia.**

j) 10VOLQUETE2

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO NPR =G* O*D
		GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	
1	FAJA DEL RADIADOR ROTO	9	5	5	225
2	BORNES DE BATERÍA SULFATADOS	5	3	5	75
3	CAMBIO DE JEBES DE SOPORTE	8	5	5	201
4	ROTURA DE PERNOS DEL EJE PROPULSOR	7	3	5	105
5	CAMBIO DE JEBES DE BARRA	9	5	5	225
6	CAMBIO DE DISCO DE EMBRAGUE	5	3	3	45

**Tabla 22. PARTES CRÍTICAS 10VOLQUETE2. Elaboración propia.**

k) 11VOLQUETE3

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO NPR =G* O*D
		GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	
1	DESGASTE DEL DISCO DE EMBRAGUE	8	5	5	201
2	EBES DE BARRA DE TORCIÓN DEFECTUOS	5	3	5	75
3	JEBES DE BARRA CENTRAL	8	5	5	201
4	BRAZO DE SUSPENSIÓN FISURADO	7	3	5	105
5	VÁLVULA DE AIRE DE TRANSMISIÓN ROTO	9	5	5	225
6	ANGUERAS DE LINEAS HIDRÁULICAS ROTA	7	3	5	105
7	MANGUERAS DE COMBUSTIBLE PICADAS	9	5	5	225
8	OMBA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIB	5	3	3	45

**Tabla 23. PARTES CRÍTICAS 11VOLQUETE3. Elaboración propia.**

l) 12VOLQUETE4

ÍTEM	FALLA	ÍNDICES DE RIESGO			RESULTADO NPR =G* O*D
		GRAVE DAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	
1	ROPTURA DE VÁLVULA DE PARQUEO	9	5	5	225
2	CHILLIDO EN ZAPATAS DE FRENO	5	3	3	45
3	COMPRESOR DE AIRE NO CARGA	7	5	6	210
4	A DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DE	7	5	5	175
5	LTRO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA FISURAD	9	5	5	225
6	FAJA DE TRANSMISIÓN ROTA	7	5	3	105
7	VÁLVULA DE PEDAL DE FRENO CON FUGA	9	4	6	216

**Tabla 24. PARTES CRÍTICAS 12VOLQUETE4. Elaboración propia.**

m) 13VOLQUETE5

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO
		GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	$NPR = G * O * D$
1	FILTRO DE COMBUSTIBLE OBSTRUIDO	8	5	5	201
2	ROTURA DE FAJA DE TRANSMISIÓN	7	3	5	105
3	CHILLIDO EN ZAPATA DE FRENO	5	3	3	45
4	VÁLVULA DE ESCAPE FISURADO	9	5	5	225
5	VÁLVULA DE ADMISION FISURADA	7	3	5	105
6	DESGASTE DE FRENO	3	3	3	27
7	VIBRACIÓN EN DIRECCIÓN	7	5	6	210

**Tabla 25. PARTES CRÍTICAS 13VOLQUETE5. Elaboración propia.**

n) 14VOLQUETE6

ÍTEM	FALLA	INDICES DE RIESGO			RESULTADO
		GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	$NPR = G * O * D$
1	CORREAS DE TRANSMISIÓN	7	6	5	210
2	DESGASTE EN ACUMULADOR DE FRENO	5	3	5	75
3	CABITACION EN LA BOMBA DE ACEITE DIFERENCIAL	7	5	5	175
4	ROTURA FILTRO DE AIRE	10	5	5	250
5	ROTURA DE RESPIRADERO DE AIRE	8	5	5	201

**Tabla 26. PARTES CRÍTICAS 14VOLQUETE6. Elaboración propia.**

**4.3. ELABORAMOS UN PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN QUE PERMITAN AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD.**

Para la proyección de las actividades de gestión del mantenimiento, se evaluará la maquinaria crítica con respecto a sus fallas críticas o inaceptables.

**4.3.1. ELABORAMOS HOJAS DE INFORMACIÓN DE LAS FALLAS DE CADA EQUIPO.**

HOJA DE INFORMACIÓN	EMPRESA: Multiservicios PUNRE S.R.L.	REALIZADO POR: Aldo Rafael Abanto Alcalde	FECHA: 00/00/0000
	EQUIPO: 1CARGADOR1		
PIEZA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE FALLA
ARRANCADOR	1. Transforma corriente eléctrica en fuerza de giro, para darle encendido al motor de combustión interna	A. perdida de flujo de energía del arrancador	1. Corriente superior a la corriente del motor al inicio del arranque
NEUMÁTICOS	2. Sirve para movilizar o transportar al vehículo o maquina a diferentes puntos donde requirieran su trabajo	B. Baja presión de aire	2. Introdujo material cortante dentro del neumático
SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	3. Circuito eléctrico que suministra de corriente a diferentes elementos del sistema	C. Fusibles fundidos	3. Sobre carga del sistema
FILTRO DE AIRE SATURADO	4. Separa impurezas que pueda haber captado en el aire	D. Filtro saturado	4. No haber hecho mantenimiento a sus horas indicadas
BAJA DE PRESIÓN DE ACEITE	5. Lubricar a presión partes móviles internas del motor	E. Sensor marca en el tablero	5. Conductos obstruidos
CAMISA DE CILINDRO RAJADA	6. Piezas que forman la cámara de combustión junto con pistón	F. Baja compresión	6. Demasiado combustible vertido dentro de la cámara de combustión
TAPA DE RADIADOR DEFECTUOSA	7. Elemento que sirve para elevar el punto de ebullición del agua o refrigerante	G. Fuga de agua o refrigerante	7. Falla por tiempo de servicio
RETEN DE BOMBA DE AGUA PICADA	8. impermeabilizar la salida del refrigerante para que aumente la presión	H. goteo de refrigerante por bomba de agua	8. deterioro del retén por hidrocarburos en el refrigerante
JUNTA DE CULATA SOPLADA	9. forma parte de la cámara de combustión y hermetiza para que se lleve a cabo la combustión	I. escape de compresión de la cámara de combustión	9. demasiado combustible vertido dentro de la cámara de combustión
TURBO COMPRESOR SIN LUBRICACIÓN	10. sobrecarga de aire a las cámaras de combustión para mayor eficiencia del combustible.	J. aspas de turbo difíciles de girar	10. mala lubricación o apagado repentino a altas temperaturas o revoluciones
FILTRO DE ACEITE DE DIFERENCIA RAJADO	11. filtra el aceite que lubrica al componente diferencial	K. goteo de aceite por la carcasa del filtro	11. golpeado y fisurado
CALIBRACIÓN DE INYECTORES	12. inyectar la medida correcta o ideal según a como la maquina lo requiera	L. inyecta demasiada cantidad de combustible a la cámara de combustión	12. resorte de toberas vencido
MUELLE DE VÁLVULA VENCIDA	13. cerrar las válvulas de admisión o de escape para ejecutar los ciclos de la combustión	M. mala hermeticidad en la cámara de combustión	13. desgaste por fatiga

**Tabla 27. HOJA DE INFORMACIÓN 1CARGADOR1. Elaboración propia.**

<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
	<b>EQUIPO:</b> 2CARGADOR2		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
PISTON - CAMISA DESGASTADOS	14. Piezas que forman la cámara de combustión junto con pistón	A. Baja compresión	1. Demasiado combustible vertido dentro de la cámara de combustión
BOMBA DE TRANSMISIÓN	15. se encarga de suministrar caudal de aceite para que se logre movilizar a la maquina	B. fugas de aceite	2. mangueras picadas
CUBOS REDUCTORES	16. aumenta o multiplica el torque que llega a los mandos finales que llega desde el diferencial	C. fisuras en las tapas de los cubos reductores	3. velocidad excesiva en los cubos
CULATA RAJADA	17. este elemento forma la chamara de combustión juntos con las camisas	D. culata rajada	4. ingreso de material ferroso dentro de la cámara de combustión fue empujado con el pistón
LUBRICACIÓN DE PALIERES	18. ejes que se encargan de transmitir la fuerza desde el diferencial hasta los mandos finales	E. chillidos en los mandos finales	5. tiempo máximo de mantenimiento sobrepasado
CALENTADORES ELÉCTRICOS	19. elementos que sirven para pre calentar la cámara de combustión a temperaturas bajas	F. no cumplen con elevar la temperatura de la cámara de combustión en frio	6. cable piloto de accionamiento de calentadores se encuentra roto
FRENO MOTOR DEFECTUOSO	20. baja las revoluciones de la transmisión haciendo fuerza de oposición hacia motor	G. no acciona el freno motor, no baja las revoluciones	7. mangueras con fugas
BALANCINES MAL CALIBRADOS	21. ejecuta la apertura de las válvulas de admisión y de escape	H. ejecuta la apertura y cierre de las válvulas antes o después de lo necesario	8. mala calibración o desgaste de balancines
VÁLVULA DE DESCARGA DEFECTUOSA	22. hace que el combustible que no a sido utilizado se regrese al tanque de combustible	I. válvula pegada u obstruida	9. almacenada suciedad del combustible mal filtrado
FILTRO DE AIRE RAJADO	23. es un elemento que su función es filtrar el aire que ingresa dentro del motor	J. desgaste prematuro de motor	10. filtro no es hermético
CONVERTIDOR	24. este elemento convierte la fuerza rotativa de la volante en una fuerza centrifuga del aceite	K. alabes agrietados	11. fuerza centrífuga excesiva
CONDUCTOR CON FUGAS O CON AIRE	25. conduce fluidos o aire a presiones determinadas	L. fugas de aceite o de aire fuera del sistema	12. desgaste por vibraciones
CONDUCTOS OBSTRUIDOS	26. se encarga de conducir los fluidos de un determinado sistema	M. aumentos repentinos de presión	13. no dejan pasar los fluidos y aumentan la presión del sistema

**Tabla 28. HOJA DE INFORMACIÓN 2CARGADOR2. Elaboración propia.**

<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
	<b>EQUIPO:</b> 3EXCAVADORA1		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
SEGMENTO / CAMISAS	27. Piezas que forman la cámara de combustión junto con pistón	A. Baja compresión	1. Demasiado combustible vertido dentro de la cámara de combustión.
FILTRO DE AIRE MAL POSICIONADO	28. es un elemento que su función es filtrar el aire que ingresa dentro del motor	B. aumento y bajada de presión de ingreso de aire	2. mala instalación del filtro
FUGAS	29. aceite que se utiliza para lubricar elementos móviles	C. baja presión de lubricación	3. mangueras picadas por vibración
CALIBRACIÓN DE INYECTOR ALTO	30. se encarga de inyector determinada cantidad de combustible dentro de la cámara de combustión	D. tobera de inyección pegada u obstruida	4. ajuste del resorte compensador sobrevalorado
MALA CALIBRACIÓN DE BALANCINES	31. ejecuta la apertura de las válvulas de admisión y de escape	E. ejecuta la apertura y cierre de las válvulas antes o después de lo necesario	5. mala calibración o desgaste de balancines
FILTROS DE AIRE OBSTRUIDOS	32. Separa impurezas que pueda haber captado en el aire	F. Filtro saturado	6. No haber hecho mantenimiento a sus horas indicadas
FUGAS ENFRIADOR DE ACEITE	33. la función principal es de bajar la temperatura del aceite de lubricación	G. fugas externas en el intercambiador	7. golpeador con objeto cortante
CULATA AGRIETADA	34. este elemento forma la cámara de combustión juntos con las camisas	H. rajada	8. ingreso de material ferroso dentro de la cámara de combustión fue empujada con el pistón
TERMOSTATO MALOGRADO	35. se encarga de abrir o cerrar el paso del refrigerante en la circulación del motor y del radiador	I. sobrecalentamiento del sistema de refrigeración	9. termostato ya llego a sus horas de servicio
EMPAQUETADURA DE CULATA SOPLADA	36. forma parte de la cámara de combustión y hermetiza para que se lleve a cabo la combustión	J. escape de compresión de la cámara de combustión	10. demasiado combustible vertido dentro de la cámara de combustión
BOMBA DE INYECCION DESCALIBRADA	37. se encarga de generar caudal de combustible y debido a las restricciones se produce las alzas de presión	K. baja presión de inyección	11. mal seleccionado en su mantenimiento
PRESIÓN DE APERTURA DE VÁLVULA ALTA	38. consta de un resorte calibrado a una determinada presión de apertura para que genere la elevación de inyección	L. no inyecta combustible	12. sobrevalorado la presión de resorte de apertura
GRUPO MOVIL DE SOBREALIMENT	39. soporta y gira eje de transmisor de momento giratorio de la maquina	M. rodaje ya tiene juego o desgaste	13. válvula de descarga de bomba roto

**Tabla 29. HOJA DE INFORMACIÓN 3EXCAVADORA1. Elaboración propia.**



<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
	<b>EQUIPO:</b> 4 EXCAVADORA2		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
FUGAS	40. aceite que se utiliza para lubricar elementos móviles	A. baja presión de lubricación	1. mangueras picadas por vibración
AVANCE DE INYECCION RETRASADO	41. se encarga de inyectar en el momento indicado la pulverización de combustible	B. inyecta a destiempo el combustible	2. avance de inyección muy adelantado
VÁLVULA DE DESCARGA DEFECTUOSA	42. es un elemento con el que controla el acceso de un fluido	C. válvula pegada u obstruida	3. almacenada suciedad del combustible mal filtrado
TOBERAS OBSTRUIDAS	43. elemento que se encarga de pulverizar el combustible y se abre a una presión determinada	D. tobera parcialmente obstruida	4. combustible mezclado con aceite
CILINDRO PISTON (DESGASTE)	44. Piezas que forman la cámara de combustión junto con pistón	E. Baja compresión	5. Demasiado combustible vertido dentro de la cámara de combustión
FILTRO DE AIRE RAJADO	45. es un elemento que su función es filtrar el aire que ingresa dentro del motor	F. desgaste prematuro de motor	6. filtro no es hermético
CONDUCTOS OBSTRUIDOS	46. se encarga de conducir los fluidos de un determinado sistema	G. aumentos repentinos de presión	7. no dejan pasar los fluidos y aumentan la presión del sistema
FUGAS EN LINEA DE PRESIÓN	47. transporta el fluido a una presión y flujo determinado	H. goteo de fluidos o bajas de presión	8. mangueras picadas por vibración
INYECTOR FUNCIONA DEFECTUOSO	48. se encarga de inyectar en el momento indicado la pulverización de combustible	I. no inyecta combustible la cantidad necesaria	9. motor Funciona defectuoso
ACIENTO DE VÁLVULA CON OLLIN	49. se encarga de hacer un sello hermético en la cámara de combustión	J. baja compresión en los cilindros	10. mala calibración de válvulas
INYECTOR DESCALIBRADO	50. se encarga de inyectar determinada cantidad de combustible dentro de la cámara de combustión	K. tobera de inyección pegada u obstruida	11. ajuste del resorte compensador sobrevalorado
TARADO DE INYECTOR ALTO	51. consta de un resorte calibrado a una determinada presión de apertura para que genere la elevación de inyección	L. no inyecta combustible	12. sobrevalorado la presión de resorte de apertura
FUGAS EN CONDUCTOS DE ACEITE	52. la función principal es de bajar la temperatura del aceite de lubricación	M. fugas externas en el intercambiador	13. golpeador con objeto cortante

**Tabla 30. HOJA DE INFORMACIÓN 4EXCAVADORA2. Elaboración propia.**

<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
ALINEACIÓN DE JUNTAS	53. se encarga de transmitir la fuerza rotativa desde transmisión hasta diferencial	A. produce vibración	1. desgaste de las juntas universales
ALTERNADOR SIN CARGAR	54. se encarga de producir corriente eléctrica alterna para volver a cargar a la batería	B. rotura de faja del alternador	2. agrietamiento por resequedad
BARRA DE INCLINACIÓN DESALINEADA	55. permite que la dirección de la maquina se incline para hacer un mejor perfilado	C. no inclina la dirección	3. golpeador con objeto contundente
VIBRACIÓN DE COJINETE DE CILINDRO	56. permite que la Biela gire sobre los muñones de cigüeñal	D. produce vibración	4. mala lubricación de los muñones de cigüeñal
DESGASTE DEL BUJE DEL TANDEM	57. se encarga de soportar grandes cargas de esfuerzo	E. produce vibración	5. mala lubricación del buje
ARRANCADOR	58. Transforma corriente eléctrica en fuerza de giro, para darle encendido al motor de combustión interna	F. perdida de flujo de energía del arrancador	6. Corriente superior a la corriente del motor al inicio del arranque
SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	59. Circuito eléctrico que suministra de corriente a diferentes elementos del sistema	G. Fusibles fundidos	7. Sobre carga del sistema
EMPAQUETADURA DE CULATA SOPLADA	60. forma parte de la cámara de combustión y hermetiza para que se lleve a cabo la combustión	H. escape de compresión de la cámara de combustión	8. demasiado combustible vertido dentro de la cámara de combustión
BALANCINES MAL CALIBRADOS	61. ejecuta la apertura de las válvulas de admisión y de escape	I. ejecuta la apertura y cierre de las válvulas antes o después de lo necesario	9. mala calibración o desgaste de balancines
FUGAS ENFRIADOR DE ACEITE	62. ejecuta la apertura de las válvulas de admisión y de escape	J. ejecuta la apertura y cierre de las válvulas antes o después de lo necesario	10. mala calibración o desgaste de balancines
TERMOSTATO MALOGRADO	63. se encarga de abrir o cerrar el paso del refrigerante en la circulación del motor y del radiador	K. sobrecalentamiento del sistema de refrigeración	11. termostato ya llego a sus horas de servicio
FUGAS EN LINEA DE PRESIÓN	64. transporta el fluido a una presión y flujo determinado	L. goteo de fluidos o bajas de presión	12. mangueras picadas por vibración
ACIENTO DE VÁLVULA CON OLLIN	65. se encarga de hacer un sello hermético en la cámara de combustión	M. baja compresión en los cilindros	13. mala calibración de válvulas

**Tabla 31. HOJA DE INFORMACIÓN 5MOTONIVELADORA. Elaboración propia.**

<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA: Multiservicios PUNRE S.R.L.</b>	<b>REALIZADO POR: Aldo Rafael Abanto Alcalde</b>	<b>FECHA: 00/00/0000</b>
	<b>EQUIPO: 6RETROEXCAVADORA1</b>		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
TAPA DE RADIADOR DEFECTUOSA	66. Elemento que sirve para elevar el punto de ebullición del agua o refrigerante	A. Fuga de agua o refrigerante	1. Falla por tiempo de servicio
ROTURAS DE FAJAS DE TRANSMISIÓN	67. se encarga de transmitir la potencia de un agranuje a otro	B. ruptura de faja	2. la temperatura elevada a la cual está expuesta
SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	68. Circuito eléctrico que suministra de corriente a diferentes elementos del sistema	C. Fusibles fundidos	3. Sobre carga del sistema
FRICCIÓN DE EXTENDIBLES DE LA PLUMA	69. extiende el brazo del cucharón de la maquina	D. rose de metal con metal	4. mala lubricación en líneas
FRENO MOTOR DEFECTUOSO	70. baja las revoluciones de la transmisión haciendo fuerza de oposición hacia motor	E. no acciona el freno motor, no baja las revoluciones	5. mangueras con fugas
CARDAN DESALINEADO	71. componente que se encarga de transmitir la potencia desde la salida de la transmisión hasta diferencial.	F. desalineamiento	6. junta universal floja
BAJA PRESIÓN DE CARGA HIDRÁULICA	72. encarga de generar fluido hidráulico al sistema y con la restricción se genera la presión	G. baja de presión de carga	7. leva con desgaste excesivo
ARRANCADOR	73. Transforma corriente eléctrica en fuerza de giro, para darle encendido al motor de combustión interna	H. perdida de flujo de energía del arrancador	8. Corriente superior a la corriente del motor al inicio del arranque
LUBRICACIÓN DE PALIERES	74. ejes que se encargan de transmitir la fuerza desde el diferencial hasta los mandos finales	I. chillidos en los mandos finales	9. tiempo máximo de mantenimiento sobrepasado
RODAMIENTO DELANTERO DEFECTUOSO	75. elemento que reduce significativamente el rose de un eje y una boca masa	J. sonido en los rodamientos	10. alcanzó su tiempo de vida útil
FILTRO DE ACEITE EN MAL ESTADO	76. se encarga de filtrar el aceite que recorre todo el sistema de lubricación	K. fuga de aceite por la carcasa del filtro	11. golpeado con objeto punzo cortante
NEUMÁTICOS	77. Sirve para movilizar o transportar al vehículo o maquina a diferentes puntos donde requirieran su trabajo	L. Baja presión de aire	12. Introdujo material cortante dentro del neumático
CUBOS REDUCTORES	78. aumenta o multiplica el torque que llega a los mandos finales que llega desde el diferencial	M. fisuras en las tapas de los cubos reductores	13. velocidad excesiva en los cubos

**Tabla 32. HOJA DE INFORMACIÓN 6RETROEXCAVADORA1. Elaboración propia.**

<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
	<b>EQUIPO: 7RETROEXCAVADORA2</b>		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
FALLA DE RETENES DE BRAZOS	79. se encarga de hermetizar y no ingresen elementos extraños ni se pierda la lubricación	A. Funcionamiento defectuoso	1. rotura por desgaste
RODAMIENTO DELANTERO ROTO	80. elemento que reduce significativamente el rose de un eje y una boca masa	B. sonido en los rodamientos	2. alcanzó su tiempo de vida útil
FAJA DE TRANSMISIÓN DESGASTADA	81. se encarga de transmitir la potencia de un agranuje a otro	C. ruptura de faja	3. la temperatura elevada a la cual está expuesta
FILTRO DE AIRE SATURADO	82. Separa impurezas que pueda haber captado en el aire	D. Filtro saturado	4. No haber hecho mantenimiento a sus horas indicadas
FILTRO DE COMBUSTIBLE OBSTRUIDO	83. se encarga de colar las impurezas que puede traer los combustibles	E. baja potencia de motor	5. combustibles con muchas impurezas
ARRANCADOR	84. Transforma corriente eléctrica en fuerza de giro, para darle encendido al motor de combustión interna	F. perdida de flujo de energía del arrancador	6. Corriente superior a la corriente del motor al inicio del arranque
NEUMÁTICOS	85. Sirve para movilizar o transportar al vehículo o maquina a diferentes puntos donde requirieran su trabajo	G. Baja presión de aire	7. Introdujo material cortante dentro del neumático
CONVERTIDOR	86. este elemento convierte la fuerza rotativa de la volante en una fuerza centrífuga del aceite	H. alabes agrietados	8. fuerza centrífuga excesiva

**Tabla 33. HOJA DE INFORMACIÓN 7RETROEXCAVADORA2. Elaboración propia.**

<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
	<b>EQUIPO: 8RODILLO</b>		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
ARRANCADOR	87. Transforma corriente eléctrica en fuerza de giro, para darle encendido al motor de combustión interna	A. perdida de flujo de energía del arrancador	1. Corriente superior a la corriente del motor al inicio del arranque
NEUMÁTICOS	88. Sirve para movilizar o transportar al vehículo o maquina a diferentes puntos donde requirieran su trabajo	B. Baja presión de aire	2. Introdujo material cortante dentro del neumático
TAPA DE VÁLVULAS ROTA	89. es el punto más alto de monoblock y tapa la parte superior del motor	C. filtrando rezagos de lubricante	3. golpeado por objeto contundente
CALENTADORES ELÉCTRICOS	90. elementos que sirven para pre calentar la cámara de combustión a temperaturas bajas	D. no cumplen con elevar la temperatura de la cámara de combustión en frio	4. cable piloto de accionamiento de calentadores se encuentra roto
RODAMIENTO NEUMÁTICO POST. DEFECTUOSO	91. elemento que reduce significativamente el rose de un eje y una boca masa	E. sonido en los rodamientos	5. alcanzó su tiempo de vida útil
SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	92.. Circuito eléctrico que suministra de corriente a diferentes elementos del sistema	F. Fusibles fundidos	6. Sobre carga del sistema
FAJAS ROTAS	93. transmite potencia de giro a dos poleas conectadas entre si	G. rotura de fajas	7. fajas reseca o tiempo de servicio ya pasado
FILTRO DE AIRE ROTO	94. es un elemento que su función es filtrar el aire que ingresa dentro del motor	H. desgaste prematuro de motor	8. filtro no es hermético
RODAMIENTOS EN TREN OSCILANTE DEFECTUOSO	95. elemento que reduce significativamente el rose de un eje y una boca masa	I. sonido en los rodamientos	9. alcanzó su tiempo de vida útil

**Tabla 34. HOJA DE INFORMACIÓN 8RODILLO. Elaboración propia.**

<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
	<b>EQUIPO:</b> 9VOLQUETE1		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS	96. determina el momento exacto de apertura y cierre de las válvulas	A. sonido en los balancines	1. mal ajuste en el momento de su calibración
CINTA DE FRENO DESGASTADA	97. su función es conectar y desconectar la acción de frenado de la maquina	B. el freno se siente largo	2. tiempo de ser vivió ya cumplió su ciclo
SENSOR DE OBSTRUCCIÓN DE FILTRO DE AIRE	98. manda una señal al eco si el filtro de aire esta colmatado	C. marca en el tablero	3. filtro colmatado o saturado
CHILLIDOS DE FRENO POSTERIOR	99. las bandas de freno su función es detener el vehículo a bajas revoluciones	D. chillido en los tambores de ejes posteriores	4. sobrecalentamiento de zapatas o ingreso al tambor piedritas o polvo cristalizado
FILTRO DEL CONDENSADOR ROTO	100.se encarga de separar las partículas de agua y suciedad que viene con el combustible	E. goteo de combustible o suciedad por la carcasa del condensador	5. golpeado con objeto contundente
FILTRO DE AIRE FRACTURADO	101. es un elemento que su función es filtrar el aire que ingresa dentro del motor	F. desgaste prematuro de motor	6. filtro no es hermético
VIBRACIÓN EN DIRECCIÓN	102. se encarga de dar dirección en su avance o retroceso de la maquina	G. la dirección se percibe dura y con vibración severa	7. terminales con desgaste
FILTRO HIDRÁULICO DE DIRECCIÓN ROTO	103. es un elemento que su función es filtrar el aceite hidráulico que está en el sistema de dirección	H. goteo o fugas de aceite hidráulico	8. golpeado con objeto contundente

**Tabla 35. HOJA DE INFORMACIÓN 9VOLQUETE1. Elaboración propia.**

<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
	<b>EQUIPO: 10VOLQUETE2</b>		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
FAJA DEL RADIADOR ROTO	104. transmite potencia de giro del motor al radiador	A. ruptura de fajas de poleas de radiador	1. fajas reseca por la ubicación de trabajo.
BORNES DE BATERÍA SULFATADOS	105. encargado de conducir corriente alterna desde la batería hacia los sistemas que lo requieran	B. no transmite corriente a los demás sistemas	2. bornes sulfatados o sin contacto
CAMBIO DE JEBES DE SOPORTE	106. sostienen al motor y mantienen de manera rígida y flexible a la vez	C. vibración en la máquina	3. desgaste de los soportes
ROTURA DE PERNOS DEL EJE PROPULSOR	107. sujeción la carcasa al eje propulsor conocido como cardan y así mantener la potencia de salida firme	D. sonidos flojos de elementos	4. vibración en la máquina
CAMBIO DE JEBES DE BARRA	108. proporciona flexibilidad y elasticidad a la barra de dirección	E. vibración en la dirección	5. terminales flojos
CAMBIO DE DISCO DE EMBRAGUE	109. encargado de transmitir la potencia de salida de la volante	F. no transmite potencia suficiente para mover la maquina	6. coeficiente de fricción de la volante es relativamente bajo

**Tabla 36. HOJA DE INFORMACIÓN 10VOLQUETE2. Elaboración propia.**

HOJA DE INFORMACIÓN	EMPRESA: Multiservicios PUNRE S.R.L.	REALIZADO POR: Aldo Rafael Abanto Alcalde	FECHA: 00/00/0000
	EQUIPO: 11VOLQUETE3		
PIEZA	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE FALLA
DESGASTE DEL DISCO DE EMBRAGUE	110. encargado de transmitir la potencia de salida de la volante	A. no transmite potencia suficiente para mover la maquina	1. coeficiente de fricción de la volante es relativamente bajo
JEBES DE BARRA DE TORCIÓN DEFECTUOSO	111. proporciona flexibilidad y elasticidad a la barra de torción	B. vibración	2. terminales flojos
JEBES DE BARRA CENTRAL	112. proporciona flexibilidad y elasticidad a la barra central	C. vibración	3. acoples flojos
BRAZO DE SUSPENSIÓN FISURADO	113. encarga de transmitir suspensión suave hacia la maquina	D. sonidos en la suspensión defectuosos o anormales	4. golpeado con objeto contundente
VÁLVULA DE AIRE DE TRANSMISIÓN ROTO	114. encargado de llevar flujo de aire para que se ejecuten los cambios en la caja	E. no se accionan los cambios	5. manguera rota
MANGUERAS DE LINEAS HIDRÁULICAS ROTAS	115. encargados de llevar flujo de aceite hidráulico hacia los elementos que lo necesitan	F. goteo permanente de aceite hidráulico	6. mangueras rotas o sobadas por fricción
MANGUERAS DE COMBUSTIBLE PICADAS	116. encargadas de conducir el combustible hacia la el tanque	G. goteo permanente de combustible	7. mangueras rotas o sobadas por fricción
BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	117. encargado de generar caudal de flujo de combustible hacia la bomba de alta presión	H. ausencia o bajo caudal de combustible en la bomba de alta presión	8. la bomba no genera baja presión para absorber el combustible

**Tabla 37. HOJA DE INFORMACIÓN 11VOLQUETE3. Elaboración propia.**



<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
	<b>EQUIPO:</b> 12VOLQUETE4		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
ROPTURA DE VÁLVULA DE PARQUEO	118. esta válvula brequea la maquina o libera el aire de los actuadores neumáticos	A. no detiene la máquina continúa rodando	1. manguera picada
CHILLIDO EN ZAPATAS DE FRENO	119. las bandas de freno su función es detener el vehículo a bajas revoluciones	B. chillido en los tambores de ejes posteriores	2. sobrecalentamiento de zapatas o ingreso al tambor piedritas o polvo cristalizado
COMPRESOR DE AIRE NO CARGA	120. encarga de almacenar aire en sus tanques comprimidos para el accionamiento de los frenos	C. rejoy de presión no llega a su presión deseada	3. válvulas de compresor rotos
BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	121. encargado de generar caudal de flujo de combustible hacia la bomba de alta presión	D. ausencia o bajo caudal de combustible en la bomba de alta presión	4. la bomba no genera baja presión
FILTRO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA FISURADA	122. se encarga de filtrar el aceite que recorre todo el sistema hidráulico	E. fuga de aceite por la carcasa del filtro	5. golpeado con objeto punzo cortante
FAJA DE TRANSMISIÓN ROTA	123. se encarga de transmitir la potencia de un agranuje a otro	F. ruptura de faja	6. la temperatura elevada a la cual está expuesta
VÁLVULA DE PEDAL DE FRENO CON FUGA	124. encargado de controlar el paso o el corte de aire hacia los frenos	G. no detiene la máquina continúa rodando	7. manguera picada

**Tabla 38. HOJA DE INFORMACIÓN 12VOLQUETE4. Elaboración propia.**

<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
	<b>EQUIPO:</b> 13VOLQUETE5		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
FILTRO DE COMBUSTIBLE OBSTRUIDO	125. encargado de filtrar el combustible para que pueda llegar sin impurezas	A. no hay una línea continua de combustible que deje pasar	1. encendido defectuoso
ROTURA DE FAJA DE TRANSMISIÓN	126. se encarga de transmitir la potencia de un agranuje a otro	B. ruptura de faja	2. la temperatura elevada a la cual está expuesta
CHILLIDO EN ZAPATA DE FRENO	127. las bandas de freno su función es detener el vehículo a bajas revoluciones	C. chillido en los tambores de ejes posteriores	3. sobrecalentamiento de zapatas o ingreso al tambor piedritas o polvo cristalizado
VÁLVULA DE ESCAPE FISURADO	128. encargados de apertura o cerrar herméticamente la cámara de combustión	D. descompresión de la cámara de combustión	4. mala calibración de válvulas
VÁLVULA DE ADMISIÓN FISURADA	129. encargados de apertura o cerrar herméticamente la cámara de combustión	E. descompresión de la cámara de combustión	5. mala calibración de válvulas
DESGASTE DE FRENO	130. las bandas de freno su función es detener el vehículo a bajas revoluciones	F. chillido en los tambores de ejes posteriores	6. sobrecalentamiento de zapatas o ingreso al tambor piedritas o polvo cristalizado
VIBRACIÓN EN DIRECCIÓN	131. proporciona flexibilidad y elasticidad a la barra de dirección	G. vibración en la dirección	7. terminales flojos

**Tabla 39. HOJA DE INFORMACIÓN 13VOLQUETE5. Elaboración propia.**

<b>HOJA DE INFORMACIÓN</b>	<b>EMPRESA:</b> Multiservicios PUNRE S.R.L.	<b>REALIZADO POR:</b> Aldo Rafael Abanto Alcalde	<b>FECHA:</b> 00/00/0000
	<b>EQUIPO:</b> 14VOLQUETE6		
<b>PIEZA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>CAUSA DE FALLA</b>
CORREAS DE TRANSMISIÓN	132. se encarga de transmitir la potencia de un agranuje a otro	A. ruptura de faja	1. la temperatura elevada a la cual está expuesta
DESGASTE EN ACUMULADOR DE FRENO	133. acumula el aire comprimido que genera el compresor de aire	B. no tiene la estanqueidad adecuada y presenta una baja de presión	2. picadura del acumulador y oxidación del mismo
CABITACION EN LA BOMBA DE ACEITE DIFERENCIAL	134. manda caudal de aceite hacia el diferencial a altas presiones	C. presenta carcasa de la bomba algunas imperfecciones de la cual es erosionado el material	3. presenta burbujas de oxígeno dentro del sistema hidráulico.
ROTURA FILTRO DE AIRE	135. es un elemento que su función es filtrar el aire que ingresa dentro del motor	D. desgaste prematuro de motor	4. filtro no es hermético
ROTURA DE RESPIRADERO DE AIRE	136. sirve para que pueda obtener el aireamiento necesario y no se obstruya por una baja presión	E. esperadero roto	5. golpeado con objeto contundente

**Tabla 40. HOJA DE INFORMACIÓN 14VOLQUETE6. Elaboración propia.**

### 4.3.1. ELABORAMOS HOJAS DE DECISIONES PARA TODAS LAS FALLAS INACEPTABLES.

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS " A FALTA DE "			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
F	FF	MF	H	S	E	O			H4	H5	S4				
4	D	4	S	N	N	S	N	N	S				Realice cambios de filtros	Cada 250 ha.	Técnico
8	H	8	S	N	N	S	S						Verificar niveles de refrigerante	Todos los días	operador
9	I	9	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
14	A	1	S	N	N	S	N	S					Verificar compresión de los cilindros	mensual	Técnico
16	C	3	S	N	N	S	S						Mantener la velocidad recomendada por el fabricante	Todos los días	operador
17	D	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
18	E	5	S	N	N	S	N	S					Hacer mantenimiento de las zapatas de frenos	cada 1000 ha.	Técnico
21	H	8	S	N	N	S	N	S					Calibración balancines	cada 500 ha.	Técnico
23	J	10	S	N	N	S	S						Verificar después de los mantenimientos que los filtros estén bien ubicados y asegurados	Cada manto.	operador
24	K	11	S	N	N	S	N	S					Hacer purga en todos los sistemas.	Cada manto.	Técnico
27	A	1	S	N	N	S	N	S					Verificar compresión de los cilindros	mensual	Técnico
29	C	3	S	N	N	S							Asegurar mangueras con protectores de vibración	única vez	Técnico

**Tabla 41. HOJAS DE DECISIONES 01. Elaboración propia.**

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	TAREAS " A FALTA DE "			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
30	D	4	S	N	N	S	S						Verificar dos veces el ajuste correcto de presión de apertura de tobera	manto. del elemento	Técnico
31	E	5	S	N	N	S	S						Calibración balancines	cada 500 ha.	Técnico
32	F	6	S	N	N	S	N	N	S				Realice cambios de filtros	Cada 250 ha.	Técnico
33	G	7	S	N	N	S	S						Evitar maniobrar con elementos pesados y cortantes cerca a elementos frágiles	siempre	Todos
39	M	13	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
41	B	2	S	N	N	S	S						Verificar dos veces el ajuste correcto del Angulo de avance de inyección	manto. del elemento	Técnico
42	C	3	S	N	N	S	N	N	S				cambios de filtros de combustible recomendado por el fabricante	Cada 1000 horas	Técnico
43	D	4	S	N	N	S							Verificar que el combustible sea de una buena calidad y libre de impurezas	Cada mes	Proveedor
45	F	6	S	N	N	S	N	N	S				Realice cambios de filtros	Cada 250 ha.	Técnico
54	B	2	S	N	N	S	S						Verificar fajas de poleas si presentan rajaduras o resequeidad	Todos los días	Operador
56	D	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
57	E	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		

**Tabla 42. HOJAS DE DECISIONES 02. Elaboración propia.**

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUCACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1	H2 S2	H3 S3	TAREAS " A FALTA DE"			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
60	H	8	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
62	J	10	S	N	N	S	s						Calibración balancines	cada 500 ha.	Técnico
64	L	12	S	N	N	S							Asegurar mangueras con protectores de vibración	única vez	Técnico
74	I	9	S	N	N	S							Hacer mantenimiento de las zapatas de frenos	cada 1000 ha.	Técnico
75	J	10	S	N	N	S	S						Verificar sonidos que sean indicadores de cambio por fatiga de elementos (rodamiento)	Todos los días	Operador
76	K	11	S	N	N	S							Evitar maniobrar con elementos pesados y cortantes cerca a elementos frágiles	siempre	Todos
78	M	13	S	N	N	S							Mantener la velocidad recomendada por el fabricante	Todos los días	operador
80	B	2	S	N	N	S	S						Verificar sonidos que sean indicadores de cambio por fatiga de elementos (rodamiento)	Todos los días	Operador
83	E	5	S	N	N	S	s						cambios de filtros de combustible recomendado por el fabricante	Cada 1000 horas	Técnico
85	G	7	S	N	N	S	S						verificar vías y accesos por donde el operador va a transitar o trabajar	Todos los días	Operador
87	A	1	S	N	N	S	S						verificar que los bornes de la batería no se encuentren sulfatados o haciendo mal contacto	Todos los días	Operador
91	E	5	S	N	N	S	S						Verificar sonidos que sean indicadores de cambio por fatiga de elementos (rodamiento)	Todos los días	Operador

**Tabla 43. HOJAS DE DECISIONES 03. Elaboración propia.**

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUCACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS " A FALTA DE "			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
F	FF	MF	H	S	E	O			H4	H5	S4				
94	H	8	S	N	N	S	N	N	S				Realice cambios de filtros	Cada 250 ha.	Técnico
96	A	1	S	N	N	S	S						Verificar dos veces el ajuste correcto de la holgura de los balancines	manto. del elemento	Técnico
99	D	4	S	N	N	S	S	s					Hacer mantenimiento de las zapatas de frenos	cada 1000 ha.	Técnico
100	E	5	S	N	N	S	S	s					Evitar maniobrar con elementos pesados y cortantes cerca a elementos frágiles	siempre	Todos
103	H	8	S	N	N	S	S	s					Evitar maniobrar con elementos pesados y cortantes cerca a elementos frágiles	siempre	Todos
104	A	1	S	N	N	S	S						Verificar fajas de poleas si presentan rajaduras o resequeidad	Todos los días	Operador
106	C	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
108	E	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
110	A	1	S	N	N	S	S						Informar después de la operación cuando ya da síntomas de patinar el disco	Todos los días	Operador
112	C	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
114	E	5	S	N	N	S							Asegurar mangueras con protectores de vibración	única vez	Técnico
116	G	7	S	N	N	S							Asegurar mangueras con protectores de vibración	única vez	Técnico

**Tabla 44. HOJAS DE DECISIONES 04. Elaboración propia.**

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUCACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS " A FALTA DE "			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
F	FF	MF	H	S	E	O			H4	H5	S4				
118	D	4	S	N	N	S							Asegurar mangueras con protectores de vibración	única vez	Técnico
120	H	8	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
122	I	9	S	N	N	S	S						Evitar maniobrar con elementos pesados y cortantes cerca a elementos frágiles	siempre	Todos
124	A	1	S	N	N	S							Asegurar mangueras con protectores de vibración	única vez	Técnico
125	C	3	S	N	N	S	N	N	S				Realice cambios de filtros	Cada 250 ha.	Técnico
128	D	4	S	N	N	S	S						Verificar dos veces el ajuste correcto de la holgura de los balancines	manto. del elemento	Técnico
131	E	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
132	H	8	S	N	N	S	S						Verificar fajas de poleas si presentan rajaduras o resequedad	Todos los días	Operador
135	J	10	S	N	N	S	S						Verificar después de los mantenimientos que los filtros estén bien ubicados y asegurados	Cada manto.	operador
136	K	11	S	N	N	S	S						Evitar maniobrar con elementos pesados y cortantes cerca a elementos frágiles	siempre	Todos

**Tabla 45. HOJAS DE DECISIONES 05. Elaboración propia.**

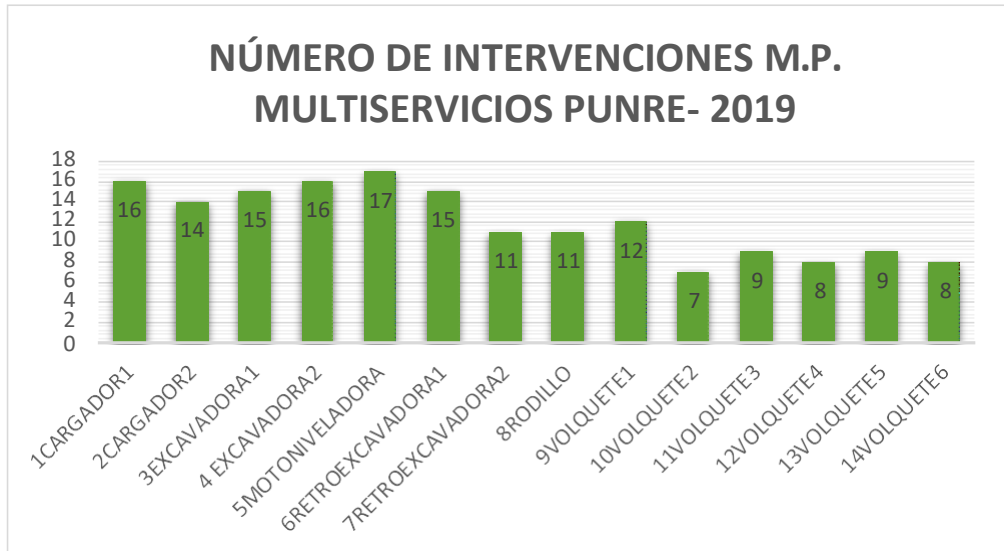


**4.4. CALCULAMOS LA DISPONIBILIDAD MEDIANTE INDICADORES DE MANTENIMIENTO CON PROYECTO APLICADO.**

A. Calculamos el Número de intervenciones de la maquinaria pesada:

MAQUINAS	
1CARGADOR1	16
2CARGADOR2	14
3EXCAVADORA1	15
4 EXCAVADORA2	16
5MOTONIVELADORA	17
6RETROEXCAVADORA1	15
7RETROEXCAVADORA2	11
8RODILLO	11
9VOLQUETE1	12
10VOLQUETE2	7
11VOLQUETE3	9
12VOLQUETE4	8
13VOLQUETE5	9
14VOLQUETE6	8
0	0
TOTAL	168

**Tabla 46. Número de intervenciones de cada máquina con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

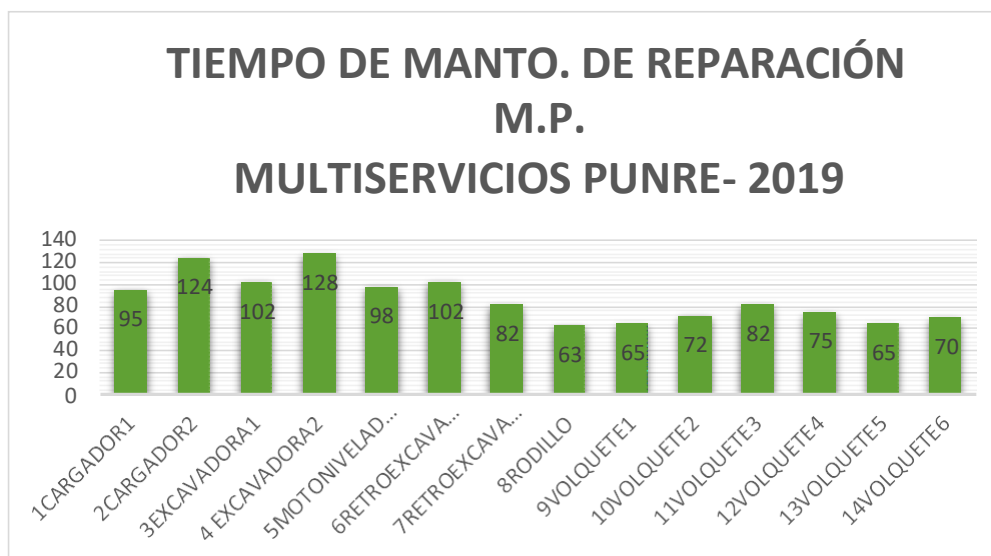


**FIGURA 17. Número total de intervenciones con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

B. Calculamos el tiempo utilizado para reparar las fallas de la maquinaria pesada:

MAQUINAS	
1CARGADOR1	95
2CARGADOR2	124
3EXCAVADORA1	102
4 EXCAVADORA2	128
5MOTONIVELADORA	98
6RETROEXCAVADORA1	102
7RETROEXCAVADORA2	82
8RODILLO	63
9VOLQUETE1	65
10VOLQUETE2	72
11VOLQUETE3	82
12VOLQUETE4	75
13VOLQUETE5	65
14VOLQUETE6	70
0	
<b>TOTAL</b>	<b>1223</b>

**Tabla 47. Tiempo utilizado para reparar fallas de cada máquina con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

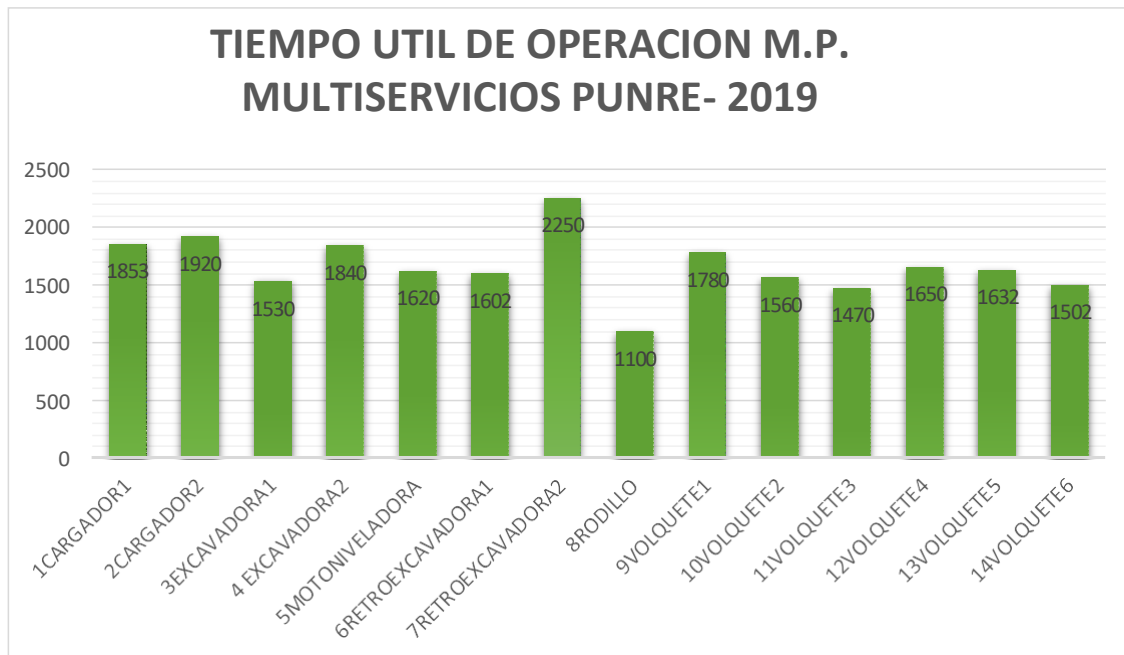


**FIGURA 18. El tiempo utilizado para reparar las fallas con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

C. Calculamos el tiempo útil de operación de la maquinaria pesada:

MAQUINAS	
1CARGADOR1	1853
2CARGADOR2	1920
3EXCAVADORA1	1530
4 EXCAVADORA2	1840
5MOTONIVELADORA	1620
6RETROEXCAVADORA1	1602
7RETROEXCAVADORA2	2250
8RODILLO	1100
9VOLQUETE1	1780
10VOLQUETE2	1560
11VOLQUETE3	1470
12VOLQUETE4	1650
13VOLQUETE5	1632
14VOLQUETE6	1502
0	
<b>TOTAL</b>	<b>23309</b>

**Tabla 48. Tiempo útil de operación de cada máquina con proyecto aplicado. Elaboración propia.**



**FIGURA 19. El tiempo utilizado para reparar las fallas con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

D. Calculamos el tiempo promedio para reparar las fallas de la maquinaria pesada:

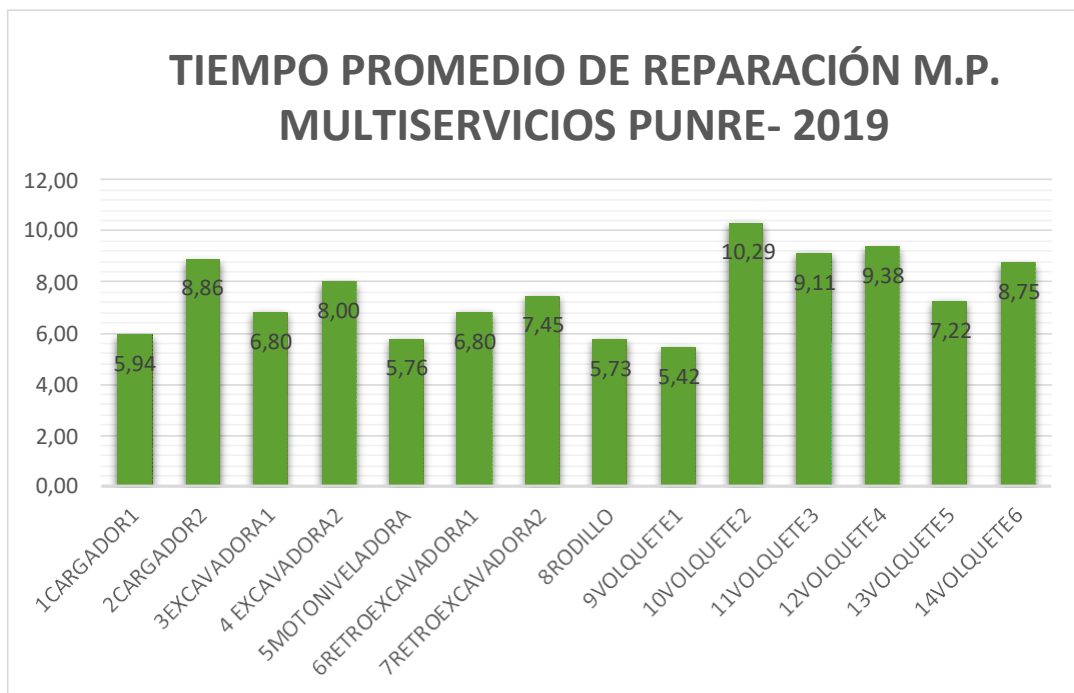
Elegimos a 1CARGADOR1.

$$TPPR = \frac{\sum TPR}{\sum n}$$

$$TPPR = \frac{9 + 8 + 10 + 11 + 9 + 9 + 8 + 9 + 11 + 11}{1 + 2 + 2 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 3 + 1 + 2}$$

$$TPPR = \frac{95}{16}$$

$TPPR = 5.94$  horas para reparar /falla



**FIGURA 20. Tiempo promedio para reparar las fallas con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

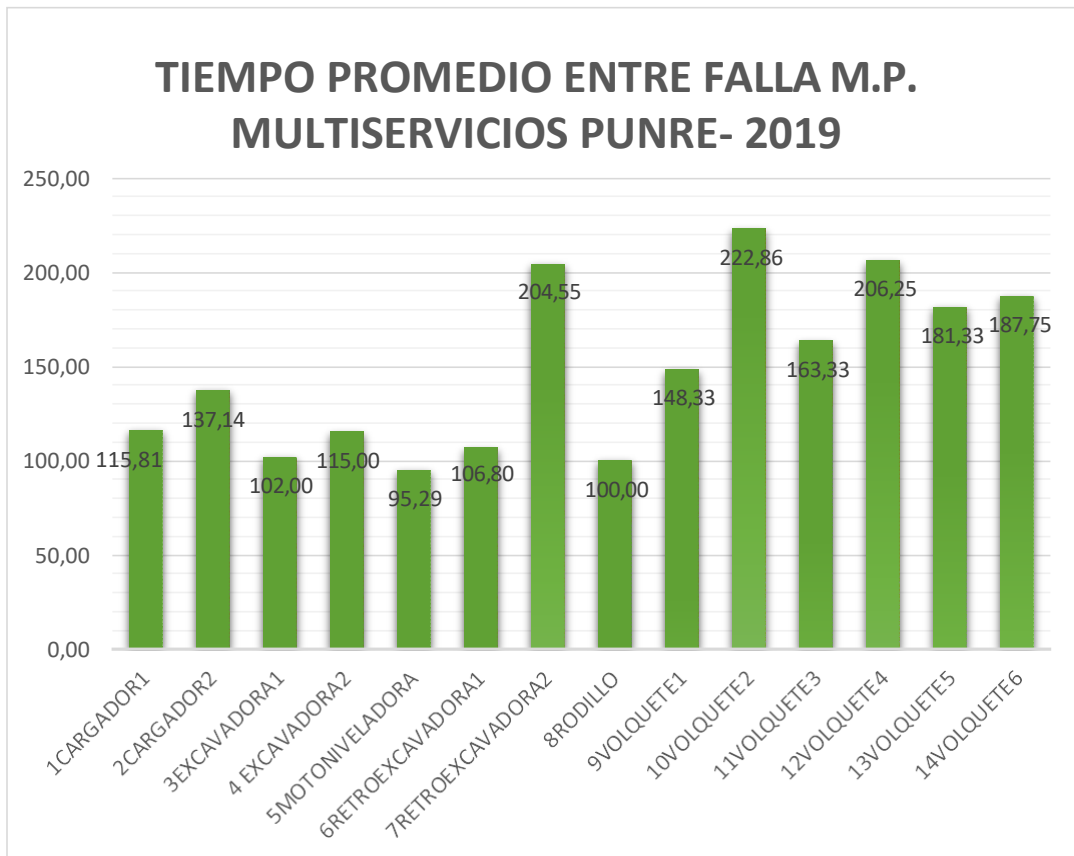
E. Calculamos el tiempo promedio entre fallas en el mantenimiento de la maquinaria pesada.

Elegimos a 1CARGADOR1.

$$TPPR = \frac{\sum TEF}{\sum n}$$

$$TPPR = \frac{1853}{16}$$

TPPR = 115.81 horas de operación /falla



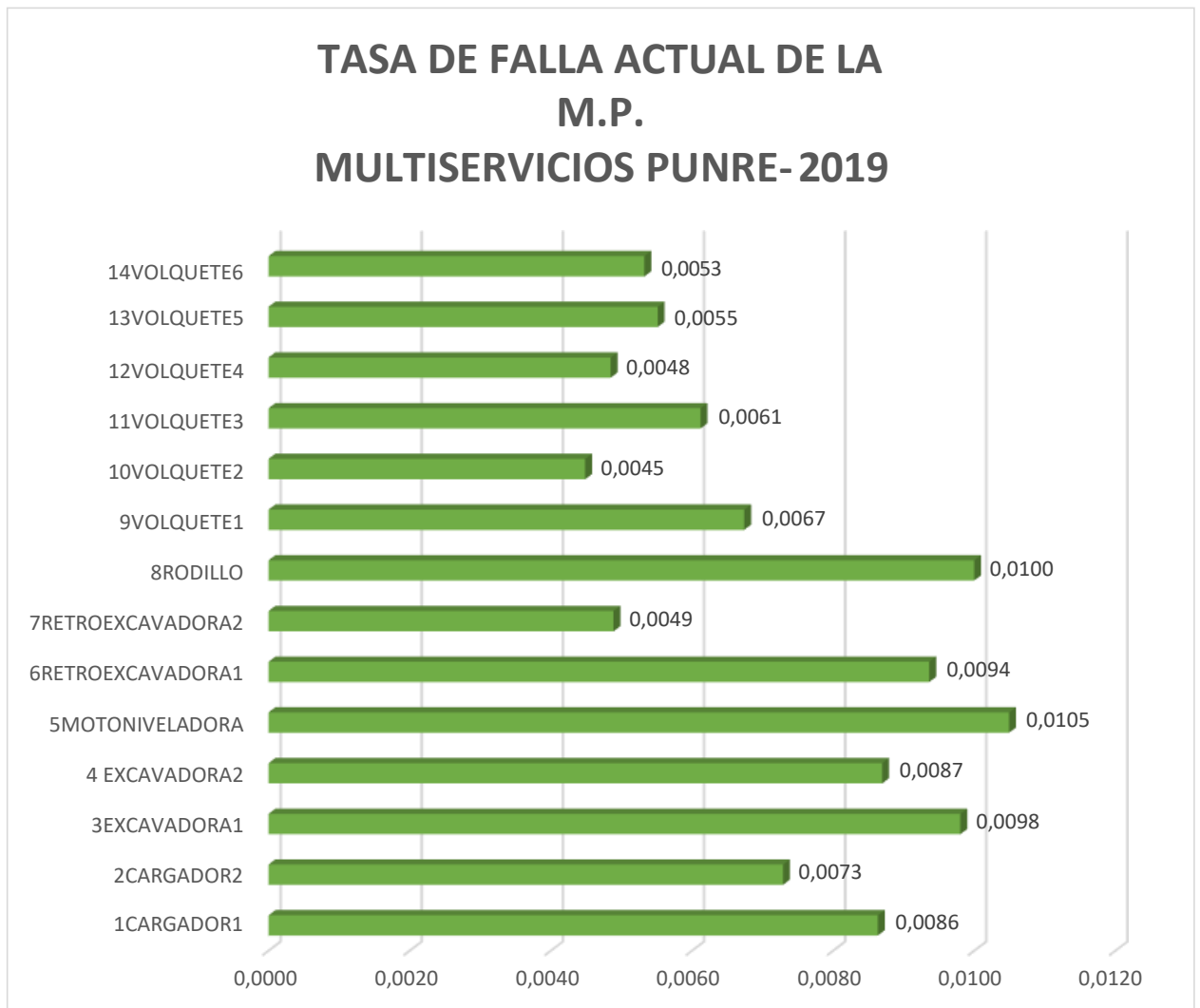
**FIGURA 21. Tiempo promedio entre fallas con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

F. Calculamos la tasa de fallas actual de la maquinaria pesada.

Elegimos a 1CARGADOR1.

$$\lambda = \frac{1}{TPEF}$$

$$\lambda = 0.0086 \frac{\text{falla}}{\text{horas utiles}}$$



**FIGURA 22. Tasa de fallas actual con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

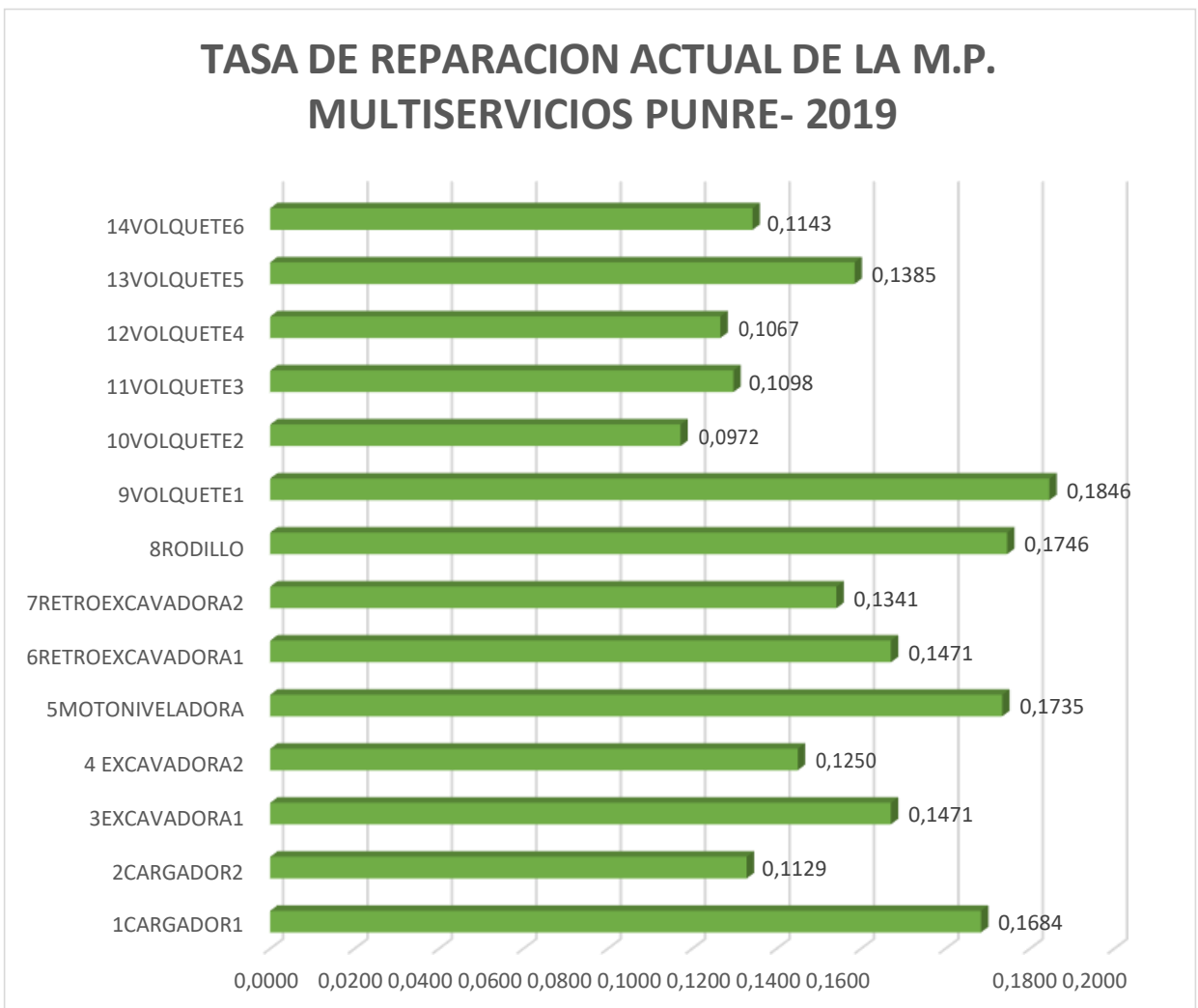
G. Calculamos la tasa de reparación actual de la maquinaria pesada.

Elegimos a 1CARGADOR1.

$$\mu = 1/\text{tiempo promedio para reparar}$$

$$\mu = \frac{1}{5.94 \text{ horas de reparación /falla}}$$

$$\mu = 0.1684 \frac{\text{falla}}{\text{horas de reparación}}$$



**FIGURA 23. Tasa de reparación actual con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

H. Calculamos la disponibilidad de la maquinaria pesada.

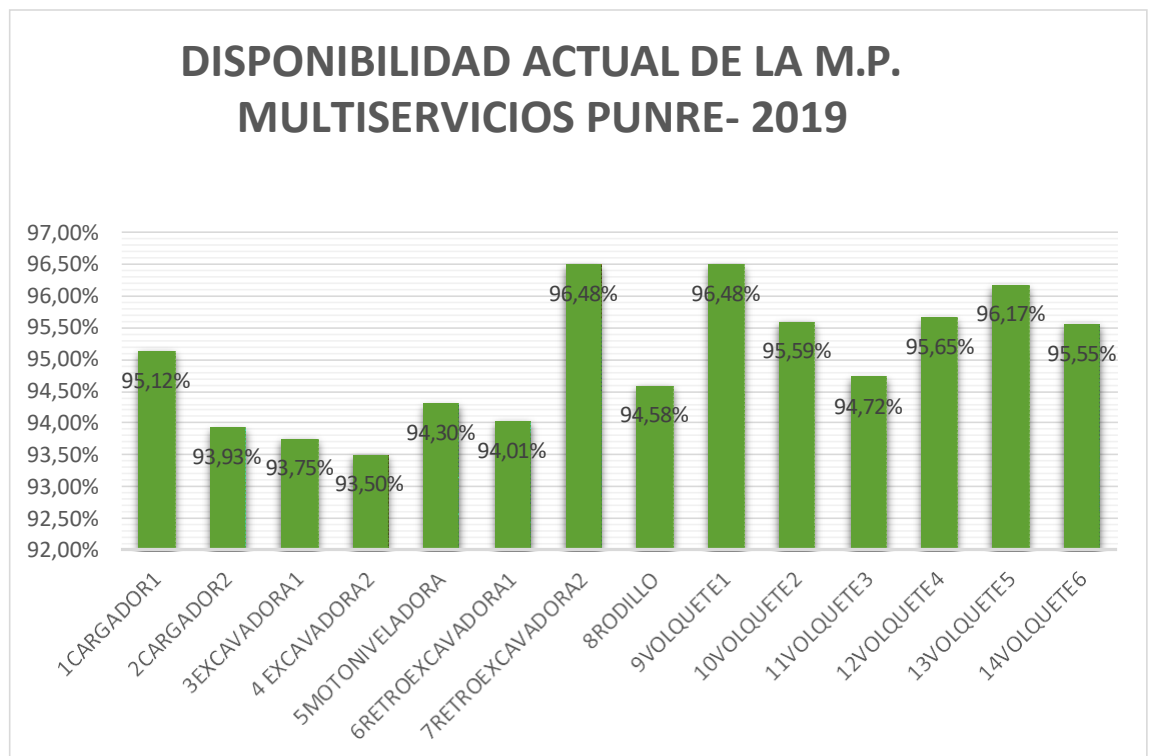
Elegimos a 1CARGADOR1.

$$D(t) = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$$

$$D(t) = \frac{115.81}{115.81 + 5.94}$$

$$D(t) = 0.9512$$

$$D(t) = 95.12\%$$



**FIGURA 24. Disponibilidad actual de cada máquina con proyecto aplicado. Elaboración propia.**



I. Confiabilidad de la maquinaria pesada.

Elegimos a 1CARGADOR1.

$$C(t) = e^{-\frac{\lambda \cdot (TEF+TPR)}{100}}$$

Donde

TEF: 1853 horas

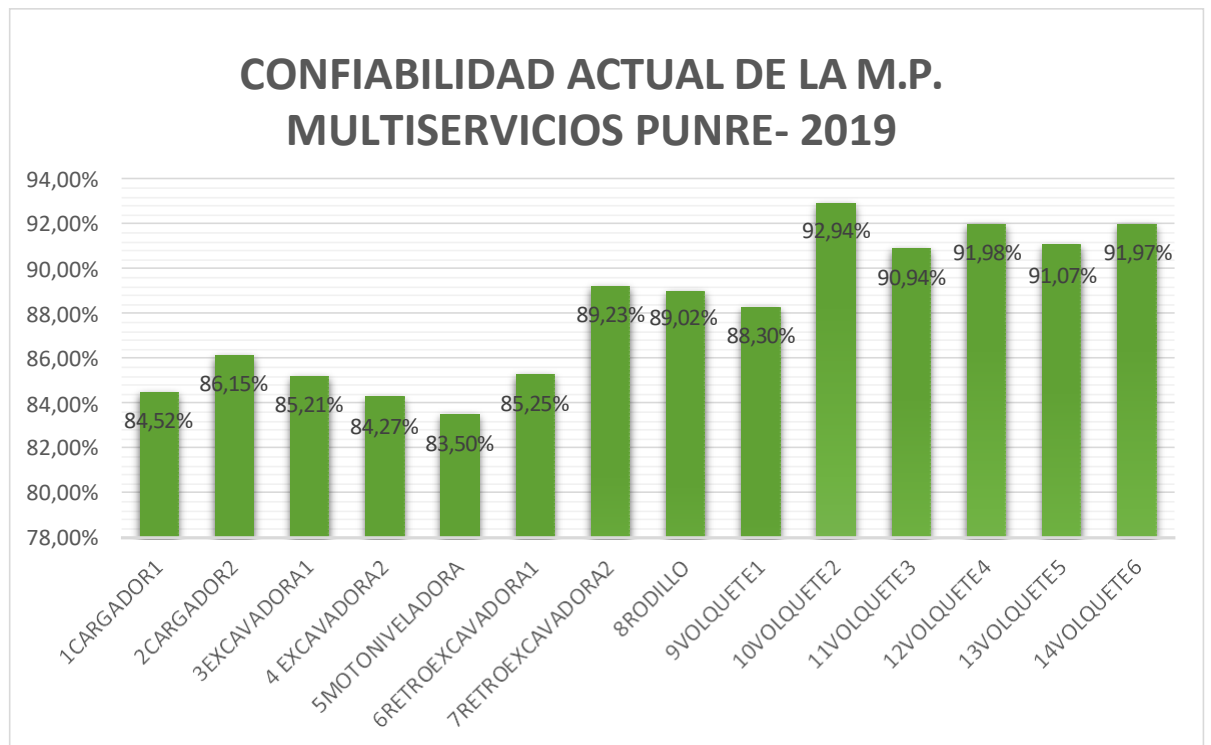
TPR: 95 horas

Total, de horas: 1948 horas

$$C(t) = e^{-\frac{0.0086 \cdot (1948)}{100}}$$

$$C(t) = 0.8452$$

$$C(t) = 84.52\%$$



**FIGURA 25. Confiabilidad de cada máquina con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

J. Mantenibilidad de la maquinaria pesada.

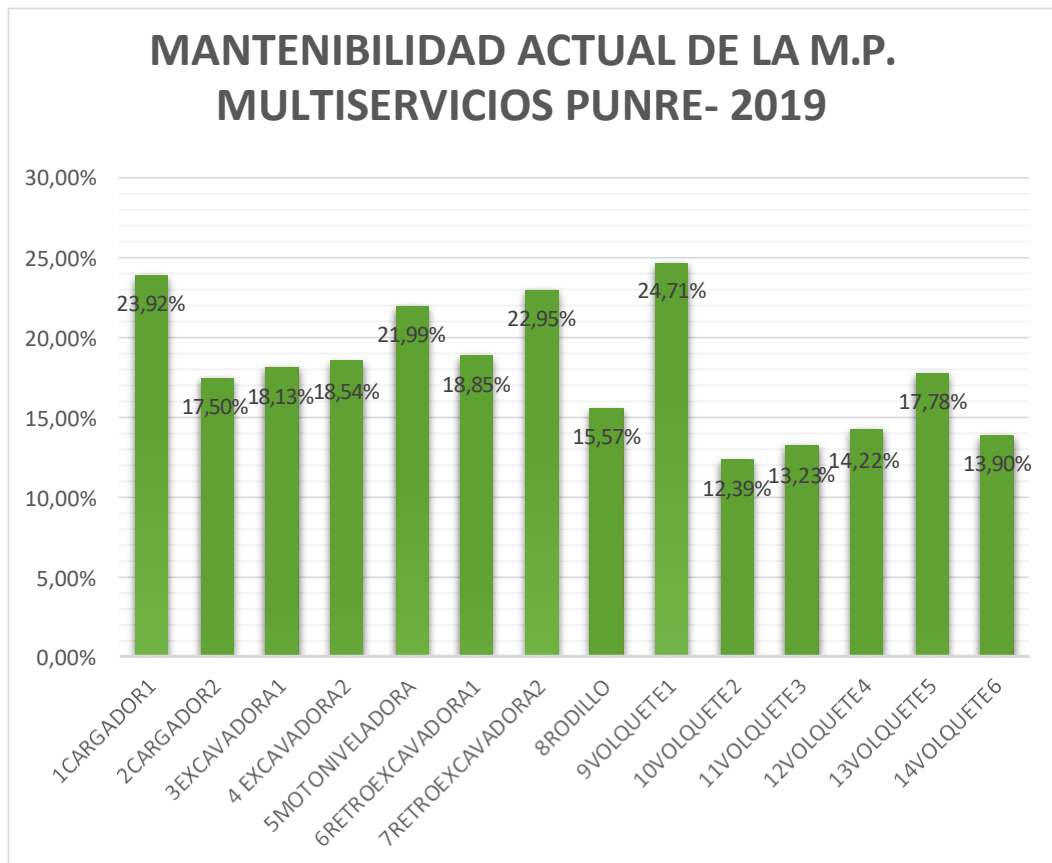
Elegimos a 1CARGADOR1.

$$M(t) = 1 - e^{-\frac{\mu*(TEF+TPR)}{100*12}}$$

$$M(t) = 1 - e^{-\frac{0.1684*(1948)}{100*12}}$$

$$M(t) = 0.2392$$

$$M(t) = 23.92\%$$

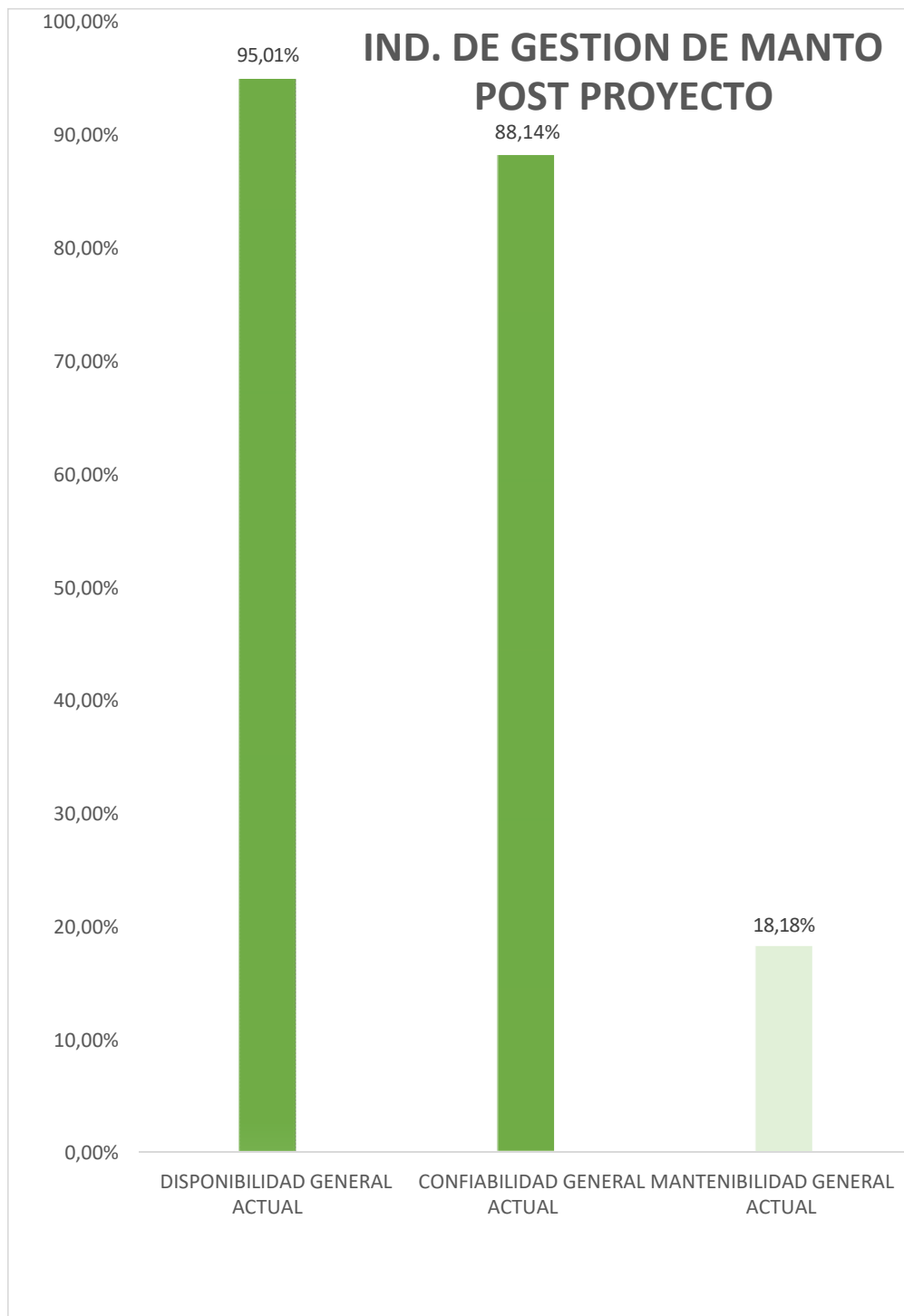


**FIGURA 26. Mantenibilidad de cada máquina con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

K. Indicadores de gestión de mantenimiento.

INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO DE TODA LA MAQUINARIA		
TIEMPO DE REPARACION TOTAL	1223	dato de tabla 03. Perdidas económicas
NUMERO DE INTERVENCIONES TOTALES	168	dato de la figura 06. sumatoria total de intervenciones
TIEMPO UTIL TOTAL ENTRE FALLAS	23309	dato de la tabla 06. sumatoria total de tiempo util de operación
TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS	138,74405	23309/168
TIEMPO PROMEDIO DE REPARACION	7,2797619	dato de tabla 3. Perdidas económicas : 1223 horas/168 horas (sumatoria total de intervenciones)
TASA GENERAL DE FALLAS	0,0072075	1/(138,744) tiempo promedio entre fallas
TASA GENERAL DE REPARACION	0,1373671	1/(7,27976) tiempo promedio de reparación
TIEMPO PROGRAMADO TOTAL	24532	tiempo de reparacion total(1223)+(23309) tiempo util total entre fallas
DISPONIBILIDAD GENERAL ACTUAL	95,01%	tiempo promedio entre falla(138,74) / (138,74) tiempo promedio entre falla + (7,2797) tiempo promedio de reparación
CONFIABILIDAD GENERAL ACTUAL	88,14%	$C T = e^{-\frac{.*()}{*}}$
MANTENIBILIDAD GENERAL ACTUAL	18,18%	$M T = 1 - e^{-\frac{.*()}{**}}$

**Tabla 49. Indicadores de gestión de mantenimiento con proyecto aplicado. Elaboración propia.**



**FIGURA 27. Indicadores de gestión de la maquinaria en general con proyecto aplicado. Elaboración propia.**

## V. DISCUSIÓN

### **En el estudio de Vásquez Ccasani (2015)**

“Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para aumentar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la Empresa Representaciones y Servicios Técnicos América S.R.L” los criterios de las fallas que fueron consideradas son frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento y seguridad ambiental, se encontró un aumento de la disponibilidad del 5.06% aplicando el análisis de criticidad ,también logrando aumentar la confiabilidad en un porcentaje reducido y reduciendo la mantenibilidad en mínimo porcentaje

### **En el estudio de García Gonzales (2014)**

“Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: Desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento basado en el riesgo (RBM)” el 80% del riesgo total de fallas está dentro del 30% de las causas fallo y demuestra como regla general que se cumple en la mayoría de los sistemas.

### **Mantenimiento Basado En El Riesgo (MBR), caso: (MCH) Micro Central Hidroeléctrica 2013.**

Identificaron 80 causas de falla, que fueron utilizados de base para la selección de herramientas correctivas, preventivas y predictivas. La práctica de inspecciones para identificar señales de falla prematuras, a través de un programa de Mantenimiento Basado en el Riesgo MBR, es posible mejorar los subsistemas de la MCH, disminuir las horas de parada por acciones imprevistas y/o descuidos por parte de los operadores.

### **Mantenimiento Basado en Condición (MBC) o Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR) 2018**

La mezcla de las probabilidades de que ocurra un evento más las consecuencias asociadas y son expresadas en número junto con la probabilidad el resultado es el producto de ambos valores.

#### **En el estudio de Ramos sparrow (2018)**

Aumento de la Disponibilidad Mediante la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo a las Maquinarias de la Empresa Atlanta Metal drill s.a.c. de 23 muestras dieron como resultado 4 máquinas en estado crítico, el cual luego de aplicado el proyecto logró aumentar su disponibilidad en un 10 % con referencia al inicio.

#### **En el estudio de Tuesta Yliquin (2014)**

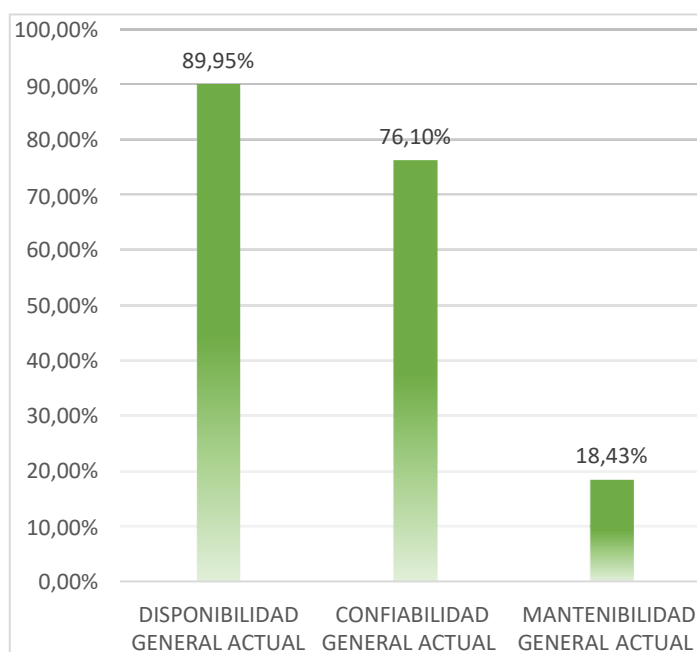
Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la Empresa Obrainsa. En los resultados iniciales donde se hicieron estudios de la confiabilidad se encontró 88% de disponibilidad encontrándose por debajo de los parámetros anteriormente comparados, se aplicó algunas mejoras en los planes de mantenimiento aumentando significativamente el grado de la disponibilidad de su maquinaria que fue puesta en muestreo.

#### **En el estudio de Torres Rojas (2018)**

Implementación de un sistema de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de Jumbos Axera-05 de la Empresa Congemin Minera Horizonte. Tomando de la muestra los primeros resultados que generó la evaluación de su maquinaria se encontró una disponibilidad del 81%, tomando como referencia un diseño experimental y mejorar el proceso de mantenimientos programados, se vieron resultados de un aumento de la disponibilidad del 4.64% haciendo un total de 86% después de efectuado el estudio.

## VI. CONCLUSIONES

- Se pusieron a prueba los indicadores de mantenimiento en el periodo 2018 a 14 máquinas pesadas de la empresa Multiservicios Punre S.R.L.- Cajamarca con un total de 1736 horas de reparación al año, 344 intervenciones al año y 15538 horas útiles al año, encontrando una disponibilidad entre el rango de 86.78% hasta 94.11%; confiabilidad de 65.58% hasta 87.02% y mantenibilidad de 9.91% hasta 27.31%.
- También se evaluaron los indicadores de mantenimiento generales o globales de toda la maquinaria la misma encontrando una disponibilidad del 89.95%, confiabilidad 76.10% y mantenibilidad 18.43%.



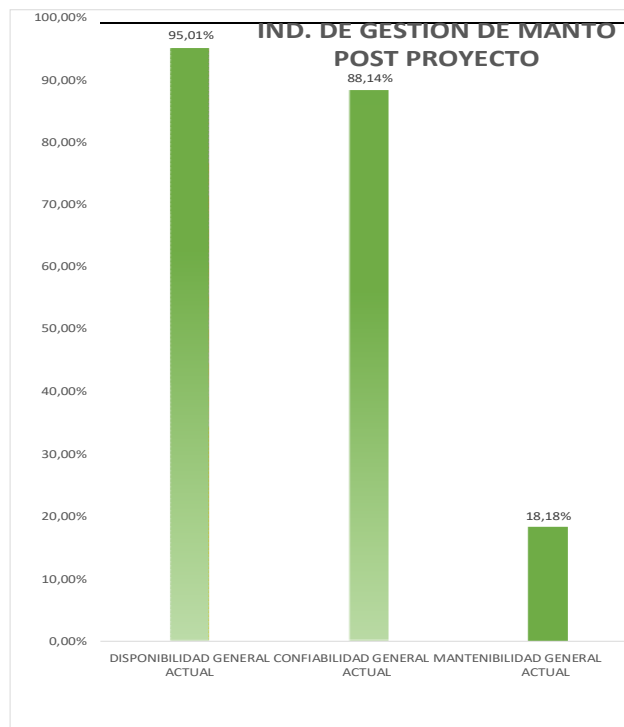
**FIGURA 28. Resultados antes del proyecto. Elaboración propia.**

- El análisis de criticidad realizado a la maquinaria pesada de la empresa Multiservicios Punre – Cajamarca basado en los criterios de evaluación según la operacionalidad arrojó las siguientes máquinas CRÍTICAS 2CARGADOR2, 3EXCAVADORA1, 4EXCAVADORA2, 5MOTONIVELADORA, 6RETROEXCAVADORA1, 7RETROEXCAVADORA2, 8RODILLO, de las cuales es donde se presenta la mayor cantidad de pérdidas para la empresa.

- Concluimos que mediante los índices de riesgo de las 7 máquinas que salieron dentro de la evaluación como críticas, dieron como resultado del total de 136 fallas se obtuvieron 58 fallas inaceptables o críticas (42.64%), 25 fallas deseables o reducibles (18.38%), 53 fallas aceptables (38.98%).
- Se realizó la estimación de los indicadores de gestión del mantenimiento:

	Antes de aplicar	Diferencia	Después de aplicar
Horas de reparación al año	1736	513	1223
Número de intervenciones totales	344	176	168
Tiempo promedio entre fallas	45	93	138
Disponibilidad	89.95 %	5.06 %	95.01 %
Confiabilidad	76.10 %	12.04 %	88.14 %
Mantenibilidad	18.43 %	0.25 %	18.18 %

**Tabla 50. COMPARACION ANTES Y DESPUES DEL PROYECTO. Elaboración propia.**



**FIGURA 29. Resultados post proyecto. Elaboración propia.**



## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que todas las partes involucradas con la operación, mantenimiento y equipo técnico tengan capacitación adecuada y oportuna sobre el tema técnico.
- Se recomienda aplicar anualmente el estudio de gestión de mantenimiento para verificar mediante los indicadores la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de las maquinas ya sea individual o de manera total.
- Se recomienda implementar más criterios técnicos a los estudios de los indicadores de mantenimiento posteriores que se realicen, para reducir los costos y aumentar la producción además facilitar la administración de las máquinas.

## REFERENCIAS

1. Tesis de grado, maestría gestión de activos. Robinson Medina. 2015
2. Curso Inspección Basada en Riesgo. Asset Consulting 2016
3. Risk-based Inspection Methodology .API RECOMMENDED PRACTICE 581 THIRD EDITION, APRIL 2016
4. Risk-based Inspection .API RECOMMENDED PRACTICE 580 THIRD EDITION, JAN 2016
5. ASME PCC 3. Inspection Planning Using Risk-Based Methods . Año 2017
6. MANTENIMIENTO BASADO EN EL RIESGO (MBR), caso: (MCH) Micro Central Hidroeléctrica 2018 ([http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rtft/v14n20/v14n20\\_a04.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rtft/v14n20/v14n20_a04.pdf))
7. AlterEvo Ltd Increasing the value of your assets 2013 (<http://alterevoingenieros.blogspot.com/2013/07/>)
8. Norma boliviana NB/ISO 31000, 2012, Gestión del riesgo, principios y directrices, Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA)(<http://www.revistasbolivianas.org.bo/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S1729-7532201800010000400008&pid=S1729-75322018000100004&lng=es>)
9. Rubio, R. J.C., 2014, Métodos de evaluación de riesgos laborales, Díaz de Santos S.A., Madrid-España(<http://www.revistasbolivianas.org.bo/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S1729-7532201800010000400001&pid=S1729-75322018000100004&lng=es>)
10. Berger Vidal, E., Yarin Achachahua, A., Velásquez Pino, C., & Gambini Lopez, I. (DICIEMBRE de 2015). APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE LAS EMBARCACIONES PESQUERAS DE LA SERIE INTRÉPIDO DE UNA EMPRESA PESQUERA. LIMA, PERÚ.
11. Aguilar Otero, J. R., Torres Arcique, R., & Magaña Jimenez, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeacion del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia, Educacion*, 25(1), 15-26.

12. Alavedra-Flores, C. G.-P.-O.-L.-O.-G.-M.-R. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, 1(034). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.26439/ing.ind2016.n034.529>
13. Concepción, A. D., Pérez Rodríguez, F., Del Castillo Serpa, A., & Brito-Vallina, M. (2012). Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos. *Ingeniería Mecánica*, 15(1). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59442012000100004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442012000100004)
14. Diestra Quevedo, J., Esquiviel Paredes, L., & Guevara Chinchayan, R. (02 de 07 de 2017). PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), PARA OPTIMIZAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LA MÁQUINA CON MAYOR CRITICIDAD. *ARTÍCULOS EXTERNOS*, 4(1), 2. Obtenido de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/530>
15. Fernandez Campuzano, A. (s.f.). *Análisis de criticidad del equipamiento productivo en UEB Pasteurizado de Santa Clara*. Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Departamento de Ingeniería Industrial; Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo.
16. Garcia Urriaga, C. A. (2014). *Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento de una clínica particular en la ciudad de Lima*. Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Ingeniería Industrial, Lima.
17. HORIZONTE MINERO. (04 de 08 de 2017). Maquinaria pesada. 1, 10. Obtenido de <https://www.horizonteminero.com/maquinaria-pesada/>
18. Integra Markets, Grupo America Factorial SAC. (2018). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial* (Segunda ed.). (IntegraMarkets, Ed.) IntegraMarkets.
19. Khan, F., & Haddara, M. (2003). Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. 563.

20. Mesa Grajales, D. H., Ortiz Sanchez, Y., & Pinzon, M. (Mayo de 2006). La Confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica Año XII(3)*, 6.
21. Moubray, J. (1998). MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD. 1, 2.
22. Nuñez Ingaroca, C. M. (2016). *RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores D8T en la empresa Aruntani SAC - Unidad Tukari*. Tesis, Universidad Nacional del Centro del Peru, Facultad de Ingenieria Mecanica, Huancayo.
23. Ramirez, J. C., & Moreno, H. F. (2017). *Elaboracion de un analisis de criticidad y disponibilidad para la atraccion x-treme del parque Mundo Aventura, tomando como referencia las normas SAE JA1011 y SAE JA1012*. Tesis Pregrado, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Ingenieria Electrica/Ingenieria Mecanica, Bogota.
24. Ramos Sparrow, J. O. (2017). *Aumento de la Disponibilidad Mediante la Implementacion de un Plan de Mantenimiento Preventivo a las Maquinas de la Empresa Atlanta Metal DRILL SAC*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Ingenieria Mecanica, Trujillo.
25. Soto Castillo, H. (2016). *Identificar la criticidad de equipos para mejorar el circuito molienda en la planta concentradora CIA Minera Antamina*. Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Peru, Facultad de Ingenieria Mecanica, Huancayo.
26. Tandalla Guanoquiza, D. F. (2017). *Analisis de criticidad de equipos para el mejoramiento del sistema de gestion del mantenimiento en la empresa de Aluminion CEDAL*. Trabajo de Titulacion para Maestria, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba.
27. Torres Raymundo, A. M. (2017). *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la Chancadora 60"x113" de Minera Chinalco*. Tesis, Universidad Nacional del Centro del Peru, Facultad de Ingenieria Mecanica, Huancayo.
28. Zagarra Tanchiva, J. R. (19 de 12 de 2016). *Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Criticidad de los Equipos Biomédicos de la Clínica Sánchez Ferrer, Para Aumentar su Confiabilidad*.

## ANEXOS

### ANEXO 3: Matriz de Operacionalización

variable	indicadores	Definición conceptual	Definición operacional
Sistema de gestión de mantenimiento	<p>AMEF</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de información</li> <li>• Hojas de decisiones</li> </ul>	Análisis del Modo y Efecto de fallas es un proceso que nos da acceso a determinar fallas en un sistema	Su aplicación lo respalda el RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) para eliminar fallas críticas en un sistema.
C O N F I A B I	$C(t) = e^{-\frac{\lambda*(TEF+TPR)}{100}}$	<b>Confiabilidad:</b> Es la confianza que genera un equipo o sistema ante una posible falla durante un lapso de tiempo	Su aplicación se define como el valor neperiano elevado al negativo exponente de la tasa de fallas por el tiempo total entre cien
	$D(t) = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$	<b>Disponibilidad:</b> Es el estado activo de un componente o equipo durante un lapso de tiempo	Su aplicación se define como el tiempo promedio entre fallas sobre la suma del tiempo promedio entre fallas más tiempo promedio para reparar.

L  
I  
D  
A  
D

$$M(t) = 1 - e^{-\frac{\mu*(TEF+TPR)}{100*12}}$$

**Mantenibilidad:** Es el esfuerzo que se hace para conservar un equipo en funcionamiento o para repararlo una vez detectada la falla.

Su aplicación se define como el valor de uno menos el valor neperiano elevado al negativo exponente de la tasa de reparación por el tiempo total entre cien por doce meses

## ANEXO 4

### INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Validación</b>
Encuestas	Cuestionario	Por experto
Análisis documental	Ficha de registro	Por experto
Observación	Ficha de observación	Por experto

ANEXO 5.

**CUESTIONARIO**

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

**ING. MECÁNICA ELÉCTRICA**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN: “AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA MULTISERVICIOS PUNRE S.R.L. - CAJAMARCA”**

Este cuestionario va dirigido a los técnicos mecánicos, eléctricos y operadores de la maquinaria pesada, con la finalidad de recolectar información respecto a los temas de mantenimiento y operación de la empresa “MULTISERVICIOS PUNRE S.R.L. – CAJAMARCA”

Instrucciones, a continuación, se presentan una serie de preguntas mixtas, para lo cual se recomienda leer detenidamente y dar la respuesta correspondiente.

I. Datos del personal de mantenimiento.

a.) Nombres y apellidos:.....

b.) Cargo:.....

c.) Grados de Instrucción:.....

II. Datos de Mantenimiento y Opinión de la Maquinaria Pesada.

1. ¿Cuál es el plan de mantenimiento aplicado actualmente a la maquinaria?

a.) Correctivo no planificado

b.) Correctivo planificado

c.) Preventivo

d.) Predictivo



2. ¿Cuáles son las principales acciones de mantenimiento que se aplican a la maquinaria?

- a.) Lubricación y engrase
- b.) Cambio de rodamientos y cojinetes
- c.) Cambio de filtros de aire y combustible
- d.) Cambio de fajas o correas

3. ¿Existe un taller de maestranza para el mantenimiento y reparación de la maquinaria?

- a.) SI
- b.) NO

4. ¿Existe un stock de repuestos críticos para el mantenimiento y reparación de la maquinaria?

- a.) SI  , b.) NO

Porque:.....

5. El mantenimiento a la maquinaria pesada es realizado actualmente. (marque con X la alternativa correcta y el porcentaje efectuado).

- a.) Técnicos                      mecánicos                      eléctricos  
    N°%
- b.) Operadores
- c.) Taller externo s de proveedores
- d.) Otros:.....

6. Mencione cuales son las principales fallas y número de intervenciones de la máquina.

N°	Fallas	Número de Intervenciones
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

7. Para la evaluación del mantenimiento ¿Cuál tipo de instrumentación que se utiliza para maquinaria pesada. ( Responder en el recuadro SI O NO)

- a.) Banco de pruebas de aceite
- b.) Banco de pruebas de combustible
- c.) Tintes penetrantes
- d.) Ultra sonido
- e.) Cámara termografica
- f.) Vibrometro

8. ¿Cuál fue el costo de mantenimiento de la   maquinaria en estudio del periodo 2018 *Nuevos soles/ por año.*

.....

9. ¿Cuál es el costo de producción o de la maquinaria pesada, *Nuevos soles / Por hora?*

.....

ANEXO 6.

FICHA DE REGISTRO

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**  
**ING. MECÁNICA ELÉCTRICA**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN:** “AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA MAQUINARA PESADA DE LA EMPRESA MULTISERVICIOS PUNRE S.R.L. - CAJAMARCA”

- FICHAS DE REGISTRO PARA LA RECOLECCION DEL TIPO DE FALLA Y TIEMPOS DE MANTENIMIENTO.

MAQUINA:			TIEMPO DE OPERACIÓN:	HOJA:
ITEM	DESCRIPCION DE LA FALLA	SISTEMA	TIEMPO PARA REPARAR TPR	INTERVENCIONES O CANTIDADES DE FALLAS AL AÑO

ANEXO 7

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

**ING. MECÁNICA ELÉCTRICA**

**INFORME DE INVESTIGACIÓN:** “AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA MAQUINARA PESADA DE LA EMPRESA MULTISERVICIOS PUNRE S.R.L. - CAJAMARCA”

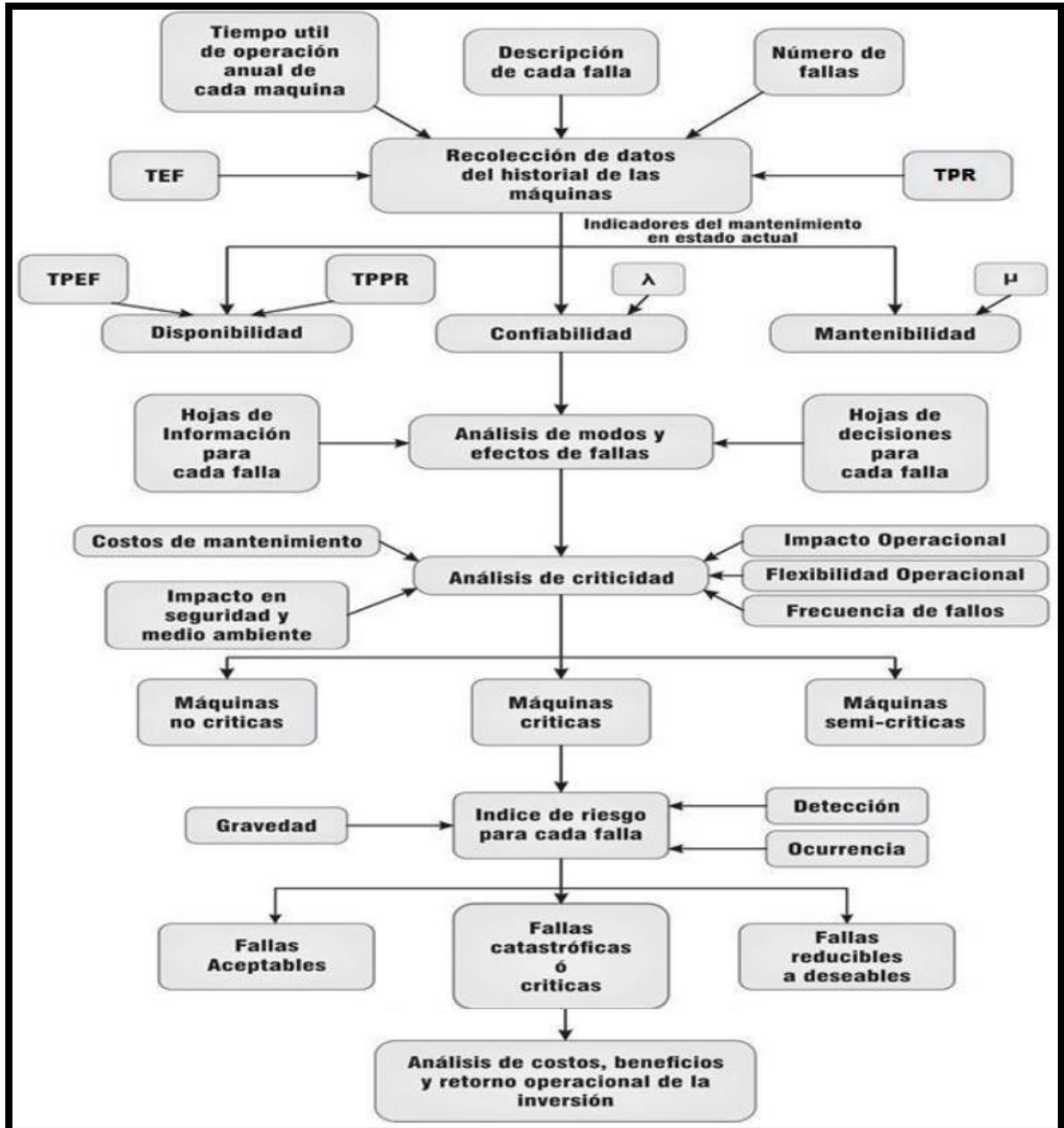
- Ficha de observación dirigida a los operadores de acuerdo a las acciones del mantenimiento de la maquinaria pesada.

ITEM	OBSERVACION	EVALUACION	
		SI	NO
1	Los operadores de la maquinaria pesada realizan sus acciones del mantenimiento de acuerdo a los requerimientos y procedimientos establecidos por los fabricantes.		
2	Los operadores trabajan de acuerdo a los órdenes de mantenimiento.		
3	Los operadores cuentan con capacitaciones en mantenimiento de maquinaria pesada otorgada por la empresa.		
4	Existe un taller propio de la empresa para el mantenimiento de la maquinaria pesada.		
5	Existen los instrumentos necesarios para la ejecución de mantenimiento ya sean correctivos o preventivos.		
6	Los cambios de aceite y cambios de filtros se realizan en los intervalos de tiempo nominales establecidos por el proveedor de la máquina.		

7	Existe por parte de la empresa la acción de mejorar los planes de mantenimiento a la maquinaria pesada.		
8	Los operadores cuentan con experiencia en solución a problemas mecánicos y eléctricos en maquinaria pesada.		
9	Existen acciones de mantenimiento con respecto a los neumáticos empleados en la maquinaria pesada.		
10	Influye el número de fallas respecto de la vida útil de la maquinaria pesada.		
11	Influye el número de fallas respecto a la operación de la maquinaria por parte de los operadores		

ANEXO 8

ESQUEMA DE PROCESO DE PROYECTO



## DATOS DE LA MAQUINARIA PESADA

### 1CARGADOR1

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
ARRANCADOR	3	15	1352	30.312,20 PEN
NEUMÁTICOS	8	16		
SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	5	10		
FILTRO DE AIRE SATURADO	3	6		
BAJA DE PRESIÓN DE ACEITE	4	16		
CAMISA DE CILINDRO RAJADA	1	13		
TAPA DE RADIADOR DEFECTUOSA	2	6		
RETEN DE BOMBA DE AGUA PICADA	2	9		
JUNTA DE CULATA SOPLADA	1	15		
TURBO COMPRESOR SIN LUBRICACIÓN	3	20		
FILTRO DE ECEITE DE DIFERENCIA RAJADO	2	4		
CALIBRACIÓN DE INYECTORES	3	15		
MUELLE DE VÁLVULA VENCIDA	1	4		
	38	149		
TOTAL				

## 2CARGADOR2

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES		
PISTON - CAMISA DESGASTADOS	1	11	1411	50.621,90 PEN		
BOMBA DE TRANSMISIÓN	3	20				
CUBOS REDUCTORES	3	24				
CULATA RAJADA	1	20				
LUBRICACIÓN DE PALIERES	4	24				
CALENTADORES ELÉCTRICOS	3	12				
FRENO MOTOR DEFECTUOSO	2	14				
BALANCINES MAL CALIBRADOS	3	15				
VÁLVULA DE DESCARGA DEFECTUOSA	2	17				
FILTRO DE AIRE RAJADO	3	13				
CONVERTIDOR	3	21				
CONDUCTOR CON FUGAS O CON AIRE	3	8				
CONDUCTOS OBSTRUIDOS	4	16				
TOTAL	35	215				



### 3EXCAVADORA1

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
SEGMENTO / CAMISAS	2	12	1021	40.543,34 PEN
FILTRO DE AIRE MAL POSICIONADO	1	9		
FUGAS	1	11		
CALIBRACIÓN DE INYECTOR ALTO	1	6		
MALA CALIBRACIÓN DE BALANCINES	2	18		
FILTROS DE AIRE OBSTRUIDOS	1	3		
FUGAS ENFRIADOR DE ACEITE	2	4		
CULATA AGRIETADA	3	5		
TERMOSTATO MALGRADO	1	12		
EMPAQUETADURA DE CULATA SOPLADA	2	16		
BOMBA DE INYECCION DESCALIBRADA	4	13		
PRESIÓN DE APRERTURA DE VÁLVULA ALTA	3	11		
GRUPO MOVIL DE SOBREALIMENTACIÓN	9	20		
TOTAL	32	140		

## 4EXCAVADORA2

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
FUGAS	3	15	1352	50.182,50 PEN
AVANCE DE INYECCIÓN RETRASADO	2	11		
VÁLVULA DE DESCARGA DEFECTUOSA	3	18		
TOBERAS OBSTRUIDAS	3	12		
CILINDRO PISTON (DESGASTE)	2	16		
FILTRO DE AIRE RAJADO	2	4		
CONDUCTOS OBSTRUIDOS	3	18		
FUGAS EN LINEA DE PRESIÓN	3	21		
INYECTOR FUNCIONA DEFECTUOSO	3	11		
ACIENTO DE VÁLVULA CON OLLIN	2	12		
INYECTOR DESCALIBRADO	3	18		
TARADO DE INYECTOR ALTO	2	12		
FUGAS EN CONDUCTOS DE ACEITE	5	23		
TOTAL	36	191		

### 5MOTONIVELADORA

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES		
ALINEACION DE JUNTAS	3	9	1112	21.743,50 PEN		
ALTERNADOR SIN CARGAR	2	8				
BARRA DE INCLINACIÓN DESALINEADA	3	10				
VIBRACIÓN DE COJINETE DE CILINDRO	3	12				
DESGASTE DEL BUJE DEL TANDEM	2	7				
ARRANCADOR	3	15				
SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	4	12				
EMPAQUETADURA DE CULATA SOPLADA	1	10				
BALANCINES MAL CALIBRADOS	2	3				
FUGAS ENFRIADOR DE ACEITE	2	13				
TERMOSTATO MALGRADO	3	17				
FUGAS EN LINEA DE PRESIÓN	3	21				
ACIENTO DE VÁLVULA CON OLLIN	2	13				
TOTAL	33	150				

### 6RETROEXCAVADORA1

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES	
TAPA DE RADIADOR DEFECTUOSA	3	14	1096	70.532,60 PEN	
ROTURASDE FAJAS DE TRANSMISIÓN	1	16			
SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	4	18			
FRICCION DE EXTENDIBLES DE LA PLUMA	3	11			
FRENO MOTOR DEFECTUOSO	2	9			
CARDAN DESALINEADO	2	11			
BAJA PRESIÓN DE CARGA HIDRÁULICA	3	14			
ARRANCADOR	3	20			
LUBRICACIÓN DE PALIERES	2	5			
RODAMIENTO DELANTERO DEFECTUOSO	3	8			
FILTRO DE ACEITE EN MAL ESTADO	2	7			
NEUMÁTICOS	6	13			
CUBOS REDUCTORES	2	9			
TOTAL	36	155			0

## 7RETROEXCAVADORA2

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
FALLA DE RETENES DE BRAZOS	2	23	1000	31.000,00 PEN
RODAMIENTO DELANTERO ROTO	1	16		
FAJA DE TRANSMISIÓN DESGASTADA	1	11		
FILTRO DE AIRE SATURADO	3	11		
FILTRO DE COMBUSTIBLE OBSTRUIDO	3	13		
ARRANCADOR	2	24		
NEUMÁTICOS	2	18		
CONVERTIDOR	1	20		
TOTAL	15	136		

## 8RODILLO

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
ARRANCADOR	2	9	750	24.523,60 PEN
NEUMÁTICOS	3	12		
TAPA DE VÁLVULAS ROTA	1	5		
CALENTADORES ELÉCTRICOS	3	11		
RODAMIENTO NEUMÁTICO POST. DEFECTUOSO	2	10		
SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES	3	8		
FAJAS ROTAS	2	5		
FILTRO DE AIRE ROTO	3	8		
RODAMIENTOS EN TREN OSCILANTE DEFECTUOSO	2	12		
TOTAL	21	80		

### 9VOLQUETE1

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS	3	11	1237	36.189,64 PEN
CINTA DE FRENO DESGASTADA	2	7		
SENSOR DE OBSTRUCCIÓN DE FILTRO DE AIRE	2	14		
CHILLIDOS DE FRENO POSTERIOR	3	17		
FILTRO DEL CONDENSADOR ROTO	2	5		
FILTRO DE AIRE FRACTURADO	3	9		
VIBRACIÓN EN DIRECCIÓN	2	11		
FILTRO HIDRAULICO DE DIRECCIÓN ROTO	2	6		
TOTAL	19	80		

## 10VOLQUETE2

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
FAJA DEL RADIADOR ROTO	2	10	1052	28.466,00 PEN
BORNES DE BATERÍA SULFATADOS	3	9		
CAMBIO DE JEBES DE SOPORTE	3	21		
ROTURA DE PERNOS DEL EJE PROPULSOR	2	12		
CAMBIO DE JEBES DE BARRA	2	11		
CAMBIO DE DISCO DE EMBRAGUE	2	19		
TOTAL	14	82		



### 11VOLQUETE3

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
DESGASTE DEL DISCO DE EMBRAGUE	2	19	925	29.586,60 PEN
JEBES DE BARRA DE TORCIÓN DEFECTUOSO	3	15		
JEBES DE BARRA CENTRAL	2	17		
BRAZO DE SUSPENSIÓN FISURADO	3	19		
VÁLVULA DE AIRE DE TRANSMISIÓN ROTO	2	11		
MANGUERAS DE LINEAS HIDRÁULICAS ROTAS	3	13		
MANGUERAS DE COMBUSTIBLE PICADAS	3	13		
BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	3	17		
TOTAL	21	124		

### 12VOLQUETE4

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
ROPTURA DE VÁLVULA DE PARQUEO	3	11	1150	17.852,90 PEN
CHILLIDO EN ZAPATAS DE FRENO	2	13		
COMPRESOR DE AIRE NO CARGA	2	15		
BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DEFECT.	3	19		
FILTRO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA FISURADA	2	7		
FAJA DE TRANSMISIÓN ROTA	2	23		
VÁLVULA DE PEDAL DE FRENO CON FUGA	2	9		
TOTAL	16	97		

### 13VOLQUETE5

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
FILTRO DE COMBUSTIBLE OBSTRUIDO	3	12	1134	21.946,30 PEN
ROTURA DE FAJA DE TRANSMISIÓN	1	1		
CHILLIDO EN ZAPATA DE FRENO	2	9		
VÁLVULA DE ESCAPE FISURADO	2	11		
VÁLVULA DE ADMISION FISURADA	2	13		
DESGASTE DE FRENO	2	13		
VIBRACIÓN EN DIRECCIÓN	3	12		
TOTAL	15	71		

### 14VOLQUETE6

CARACTERÍSTICAS DE LA FALLA EN OPERACIÓN	INTERVENCIONES VECES / AÑO	tiempo total de mantenimiento	HOROMETRO X TODO EL AÑO	C . M. SOLES
CORREAS DE TRANSMISIÓN	2	13	946	21.689,50 PEN
DESGASTE EN ACUMULADOR DE FRENO	3	16		
CABITACIÓN EN LA BOMBA DE ACEITE DIFERENCIAL	3	17		
ROTURA FILTRO DE AIRE	2	9		
ROTURA DE RESPIRADERO DE AIRE	3	11		
TOTAL	13	66		