



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

TÍTULO

SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LOS  
INDICADORES DE MANTENIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS DE LA COMPAÑÍA  
DE BOMBEROS DE TRUJILLO

AUTORES:

Aliaga Nieve, Ángel Humberto (ORCID: 0000-0001-7387-2561)  
Grey Alvarado, Juan Alejandro (ORCID: 0000-0002-1992-1964)

ASESOR:

Bengoa Seminario, Juan Carlos (ORCID: 0000-0002-7282-0791)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

TRUJILLO – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico, en primer lugar, a mi querido y amado padre, Antonio; quien ahora es mi ángel que guía y cuida cada paso y decisión que tomo desde el cielo. Siendo siempre un hombre dotado de una sabiduría única; fue mi paradigma y eso me impulsó a ser como él.

A mi madre, Gladis, quien siempre estuvo impulsándome a culminar mi carrera profesional, en conjunto con mi familia entera, apoyándome en todos los aspectos.

A mi hijo, Mathías, quien fue desde un inicio mi motor y motivo para lograr mejorar como padre, ser humano y profesional; por ello siempre continué enfocado en culminar mi carrera de ingeniería, deseoso que no le falte nada y pueda tener una vida plena. Te amo hijo.

A mi novia, Antonieta, que me acompañó en esta travesía, con su optimismo, respaldo y apoyo incondicional. Te amo mi vida hermosa.

**Alejandro Grey**

A mi madre, por su apoyo y sacrificio incondicional.

A mi abuela, por su paciencia infinita.

A mi Rosa, por ser mi calma en mis días de tormento.

**Ángel Aliaga**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por mantenernos siempre con fortaleza y enfoque, por permitirnos continuar con vida y culminar nuestra carrera profesional.

A mi compañero de tesis, por su compromiso y dedicación.

A mi familia, por siempre impulsarme a continuar con mis estudios hasta el final.

A mi novia, por ser mi soporte e impulso para culminar mis estudios en los momentos difíciles.

A mis maestros, por su entrega en cada clase, por traspasar sus conocimientos, por su respeto, por su paciencia y por la confianza que tuvieron en brindarme su amistad.

**Alejandro Grey**

A Dios, por guiar mis pasos.

A mi compañero de tesis, por el compromiso.

A mis profesores, por sus enseñanzas y su apoyo.

A mis compañeros de aula, por su amistad y compromiso.

A mi compadre, Gustavo Moreno, y su familia, por el apoyo y comprensión.

A mis amistades y a todos los que hicieron que esta meta sea cumplida.

**Ángel Aliaga**

## ÍNDICE

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MÉTODO.....	27
2.1. Tipos y Diseños de Investigación.....	27
2.2. Operacionalización de Variables.....	27
2.3. Población y Muestra.....	28
2.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos, su validez y su confiabilidad .....	28
2.5. Procedimiento .....	30
2.6. Método de análisis de datos .....	31
2.7 Aspectos éticos.....	31
III. RESULTADOS.....	32
IV. DISCUSIÓN .....	101
V. CONCLUSIONES .....	103
VI. RECOMENDACIONES .....	104
REFERENCIAS.....	105
ANEXOS .....	108

## RESUMEN

En la siguiente investigación se propone la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento a la compañía de bomberos N°26 de Trujillo, con la finalidad de mejorar sus indicadores de mantenimiento, los cuales, son la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en sus unidades vehiculares, por motivos que tiene distintos vehículos parados largo tiempo, debido a fallas mecánicas y eléctricas, dejando de atender gran parte de las llamadas de emergencia. Sus indicadores iniciales, en promedio, fueron: disponibilidad 40.90%, confiabilidad 31.35% y mantenibilidad 42.38%.

En el departamento de La Libertad existen 14 compañías de bomberos con un total de 82 unidades vehiculares, sin embargo, decidimos iniciar con la compañía de Trujillo, que cuenta con 6 vehículos. Iniciamos la investigación realizando entrevistas y encuestas a los bomberos voluntarios, de distintos rangos, en la compañía; ayudándonos a obtener la información correspondiente y así tener un panorama de la necesidad que tienen por un plan de mantenimiento. Al no contar con ningún plan de mantenimiento, los análisis iniciales de los indicadores de mantenimiento eran bajos, no obstante, se realizó un análisis de criticidad en cada vehículo para identificar que unidad es la más afectada y así priorizar que vehículo se reparará primero. Las distintas labores de mantenimiento propuestas se aplicaron en base a la técnica del AMEF (Análisis de modo y efectos de fallas). Luego de proponer el sistema de gestión de mantenimiento, obtuvimos como resultados la disponibilidad con 89.40%, confiabilidad con 91.47% y mantenibilidad con 55.25%.

Se concluye, que un plan de mantenimiento es de suma importancia, porque ayuda a estar organizado, ordenado y, sobre todo, a tener todos los vehículos operativos; siendo para los bomberos una gran ayuda, ya que así atenderán más llamados de ayuda de la ciudadanía, saliendo al servicio con la certeza y confianza que sus unidades vehiculares no fallarán.

**Palabras clave:** Plan de Mantenimiento, Indicadores de Mantenimiento, Sistema de Gestión.

## ABSTRACT

The following investigation proposes the implementation of a maintenance management system to the fire company No. 26 of Trujillo (Compañía de bomberos N°26 de Trujillo), with the purpose of improving its maintenance indicators, which are the availability, reliability and maintainability in its vehicle units, for reasons that it has different vehicles stopped for a long time, due to mechanical and electrical failures, ceasing to respond to a large part of emergency calls. Their initial indicators, on average, were: availability 40.90%, reliability 31.35% and maintainability 42.38%.

In the department of La Libertad there are 14 fire companies (Compañía de bomberos) with a total of 82 vehicle units, however, we decided to start with the Trujillo company (Compañía de bomberos), which has 6 vehicles. We began the investigation by conducting interviews and surveys of volunteer firefighters, of different ranks, in the company; helping us to obtain the corresponding information and thus have an overview of the need they have for a maintenance plan. As there were no maintenance plans, the initial analyzes of the maintenance indicators were low, however, a criticality analysis was carried out on each vehicle to identify which unit is the most affected and thus prioritize which vehicle will be repaired first. The different maintenance tasks proposed were applied based on the AMEF technique (Analysis of mode and effects of failures). After proposing the maintenance management system, we obtained as a result the availability with 89.40%, reliability with 91.47% and maintainability with 55.25%.

It is concluded that a maintenance plan is of the utmost importance, because it helps to be organized, orderly and, above all, to have all operational vehicles; being for the firefighters a great help, since this way they will attend more calls of help of the citizenship, leaving to the service with the certainty and confidence that their vehicle units will not fail.

**Keywords:** Maintenance Plan, Maintenance Indicators, Management System.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad las compañías de bomberos cumplen un rol muy importante en el crecimiento de todas las ciudades en el mundo, tales compañías de bomberos han ido desarrollándose y/o evolucionando a lo largo del tiempo, desde su creación en la antigüedad; asistiendo y atendiendo las emergencias de cualquier índole que se presentan todos los días y a toda hora del día, pero para llevar a cabo un buen servicio, se debe cumplir con algunos requerimientos mínimos y básicos, ya sea en infraestructura, parque automotor, equipamiento de salvataje, protección al personal, planes de estrategias ante cualquier tipo de emergencia, etc. Parte esencial y sumamente importante para cualquier compañía de bomberos es su parque automotor: ambulancias, camiones contra incendios, camionetas auxiliares, camiones con escaleras mecánicas, camionetas para materiales peligrosos, entre otros; el contar con la disponibilidad de estos vehículos de salvataje es primordial, para cumplir con las situaciones de emergencia que se presentan todos los días en cualquier parte del mundo. Llevar esta disponibilidad a un punto óptimo se necesita realizar actividades fundamentales dentro del parque automotor, llámense sistema en gestión de mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos.

En países desarrollados y de primer mundo, las compañías de bomberos están a la vanguardia y van de la mano con las nuevas tecnologías, por consecuencia han sido desarrolladas única y exclusivamente para este ámbito; desde los primeros camiones contra incendios tirados por caballos, luego pasando al motor de vapor y terminando a funcionar con el motor de explosión; los vehículos de salvataje se han desarrollado para cumplir con todas las expectativas. Las compañías de bomberos a nivel internacional y sobre todo de países desarrollados, al ser instituciones creadas para cumplir las emergencias de la población, cuentan con sistemas en gestión de mantenimiento muy avanzadas las cuales se renuevan constantemente para aumentar los niveles de eficiencia, eficacia, disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad en los equipamientos y en su parque automotor. Por citar algunos países, podemos mencionar a Valencia, los mantenimientos entran a concurso de licitación pública en donde cada empresa a participar debe contar con un pliego de requerimientos indispensables, tales requerimientos son exclusivos de la propia compañía de bomberos (Ayuntamiento de Valencia, EXP.: 2013/13). Otro país que cuenta con una de las mejores compañías de bomberos es Estados Unidos, donde se implementó un software de mantenimiento computarizado (CMMS - computerized maintenance management

system), el cual, es una herramienta muy sofisticada que predice y previene fallas en los equipos, mejorando considerablemente la confiabilidad y a su vez la vida útil de los sistemas o equipos. Este software realiza tareas de mantenimientos desde la vida útil de las mangueras hasta detectar el reporte de suministros vencidos, cuenta también con un sistema autónomo que dicta órdenes de trabajo programados con el fin de liberar al personal para otras tareas (CMMS Software for Preventive Maintenance, 2019). En Latinoamérica una de las mejores compañías de bomberos se encuentra en Chile, donde dicha compañía, es considerada la institución más confiable y reconocida en ese país, uno de los factores para llegar a este nivel, es el compromiso del gobierno con la institución; la cual, lleva controles de mantenimiento adecuados para los instrumentos de salvataje, seguridad personal, parque automotor e infraestructura del centro de operaciones de la compañía (Junta Nacional de Bomberos de Chile, 2018). En nuestro país, la compañía de bomberos es una de las instituciones que se encuentra en un estado precario, debido al mal manejo del presupuesto anual. Según el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), en 2018 solo se utilizó el 20% del presupuesto destinado a la compañía de bomberos (Campuzano, 2018), teniendo como consecuencia una crisis de índoles mayores para la institución; en la actualidad, el 60% del parque automotor a nivel nacional se encuentra fuera de servicio. La falta de unidades se debe principalmente a la falta de mantenimiento preventivo de los vehículos; los cuales, son usados y puestos en servicio hasta que ya no puedan funcionar más y es entonces cuando el problema se hace más grave, pasando de un mantenimiento preventivo a un correctivo para lo cual el presupuesto aumenta. En algunas ciudades del país la situación es más complicada, tal es el caso de la compañía N°33 de Chimbote que solo cuenta con dos unidades disponibles para incendios, teniendo fuera de servicio más de 7 vehículos averiados por falta de mantenimiento. En Piura, la compañía de bomberos de Sullana, hasta el año pasado no atendía las llamadas de emergencia por falta de mantenimiento en sus vehículos, solo contaban con la ambulancia; que siendo el servicio más solicitado y sin ningún tipo de mantenimiento, el vehículo dejará de estar operativo definitivamente, según Villegas Espinoza, capitán de dicha compañía (El Tiempo, 2018). En Trujillo la situación es de igual manera, muy crítica. El conjunto de vehículos de las 14 compañías de bomberos, solo el 30% de vehículos se encuentran operativos y a punto de colapsar, el resto del parque automotor se encuentra en espera de mantenimiento correctivo. En el 2018 la compañía N° 26, ubicado en el centro de la ciudad, contaba con dos ambulancias operativas y por la falta de un mantenimiento preventivo una ambulancia dejó de funcionar; en otro punto de la ciudad, en

Huanchaco, a pesar de ser recién inaugurado la sede de bomberos el 2016, el 70% de su flota vehicular esta fuera de servicio a la espera de mantenimiento correctivo; en Salaverry la imagen es la misma, camiones donados recientemente ya se encuentran fuera de servicio porque nunca recibieron un control y un mantenimiento adecuado. El problema es muy similar para las demás compañías de La Libertad. Esta problemática va más allá, no solo el parque automotor está en crisis, también equipamientos de salvataje, insumos, materiales contra incendios y equipos de seguridad personal. El presupuesto asignado a la institución es destinado en gran mayoría a salvaguardar la vida de los bomberos y a la infraestructura de los centros de operación, quedando un mínimo margen para el mantenimiento correctivo de los vehículos de salvataje, el cual, es inevitable debido a que ninguna compañía tiene un plan de mantenimiento puesto en práctica.

Un plan de mantenimiento preventivo es de vital importancia para mejorar la eficiencia y la eficacia de las compañías de bomberos. Atender y asistir las llamadas de emergencia que se presentan a cada instante, es misión fundamental de los bomberos del Perú, donde contar con vehículos de salvataje disponibles puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte.

Los planes de mantenimiento preventivo llevan como fin prevenir averías mayores, siendo estas de mayores presupuestos y a veces irreparables; así como indican algunos estudios ya realizados previamente, respecto al mantenimiento.

(Braco, 2017), quien realizó una investigación aplicada para una empresa que no contaba con ningún plan de mantenimiento, lo cual dificultaba la productividad y rentabilidad de la empresa, esto fue evidencia para demostrar las falencias del mantenimiento que se realizaba a los buses, la investigación es de tipo descriptiva, propositiva y aplicada. Los métodos utilizados para la investigación fueron de tipo analítico, el cual, sirvió para determinar la situación actual de la empresa, también se utilizó el método deductivo porque se pudo diagnosticar el problema dentro del plan de mantenimiento. Se emplearon técnicas de recolección de datos como análisis documentarios, observación directa, encuestas y entrevistas. Se propuso implementar un sistema de control para compras, selección de proveedores y capacitación en mantenimiento de buses. Se pudo estimar la disponibilidad en un 33%, la confiabilidad en un 60% y pérdidas en S/.47730 soles. Al término de la investigación se pudo determinar que el monto a invertir en el plan de gestión de mantenimiento es de S/.18500 soles, lo cual, otorgaría a la empresa un beneficio de S/.46650 soles en un periodo de 3 meses, vale decir un beneficio de 0.16 soles, por cada sol invertido.

La tesis expuesta nos servirá como referencia de investigación, ya que encontramos una oportunidad de mejora para incrementar la información en el marco teórico; así mismo, los resultados indican una mejora en el beneficio económico, pero también colocaremos el porcentaje en el aumento de la confiabilidad y la disponibilidad. Otro estudio realizado es la tesis de (Morales, 2019), donde indica que la empresa presenta pérdidas anuales superiores a los S/.100.000.00 soles, debido al tiempo de utilización de los equipos y a las imprevistas paradas en la producción. Se empezó por realizar un análisis de criticidad, donde se observó que 9 máquinas se encontraban en estado muy crítico y 5 máquinas están fuera de servicio, se procedió a realizar un listado de fallas para poder empezar con el plan de mantenimiento. El diseño del siguiente estudio es no experimental y descriptivo. Realizando una auditoria completa en la empresa, se determina tareas de mantenimiento para las fallas en las 9 máquinas críticas, luego se elabora y aplica el plan de mantenimiento para poder estimar los valores y los costos del mismo para finalmente poder realizar un detallado análisis económico y comprobar el tiempo de retorno de lo invertido. Como en todo plan de gestión de mantenimiento se aplican técnicas y herramientas ya establecidas. Al final de la tesis se concluye que el diseño de un plan de mantenimiento para la empresa es muy factible, aumentando en un 10%,25%,17% de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, respectivamente. Se estableció que el retorno de la inversión es de un 77% y el periodo de retorno se dará 1.3 años. Podemos finalizar y destacar sobre este trabajo de investigación las detalladas tablas, las cifras exactas en montos de inversión, en gastos de mantenimientos, lo cual, es un buen indicativo para realizar esta tesis, así mismo, está básicamente guiada al mantenimiento de las 9 máquinas críticas y no a todas las máquinas de la empresa.

Por otra parte, los autores (Chaname, y otros, 2017) con la finalidad de optimizar la eficacia y eficiencia, elaboran una plan de gestión en mantenimiento de tal modo que pueda aumentar la disponibilidad y la confiabilidad en la flota vehicular de una empresa de transporte que se encarga exclusivamente al transporte de carga, contando con 12 unidades (semi-remolques). Para dicho estudio utilizaron las técnicas en plan de mantenimiento, tales como: RCM (mantenimiento centrado en fiabilidad) y MRP (planeación de requerimientos de materiales); optando por el MRP, la cual, se encarga de coordinar y controlar los materiales para que se encuentren óptimos cuando se les requiera, sin la necesidad de contar con un inventario extenso o detallado. Se observó que la empresa no contaba con un registro de mantenimiento, para lo cual, se aplicó el diagrama de causa y efecto o diagramas de

Ishikawa, el cual, analiza todos los factores dentro de un proceso, luego se analizó la problemática siguiendo guías de observación, análisis documentario, encuestas, análisis de criticidad según marca de vehículos. Al realizar los procesos y controles según la técnica MRP, se pudo aplicar un software operático llamado OT (tecnología operacional), que se utiliza para monitorear los procesos dentro de un sistema, dedicado a la detección y cambios en los mismos. Al finalizar la investigación, se da como resultado que al implementar este plan de mantenimiento la empresa incrementaría a un 20% su eficiencia en la flota de vehículos, lo cual, conlleva a un beneficio económico del 40% por cada sol invertido en el mantenimiento.

En el siguiente caso, la investigación de (Rivadeneria, y otros, 2013) tuvo como finalidad elaborar un manual detallado y muy documentado en relación a la situación y necesidades básicas de la empresa, con la finalidad de establecer parámetros de mantenimiento, a través, de planes pilotos en mantenimiento preventivo, correctivo y respaldado de un software programado, considerando en no intervenir en los tiempos de ejecución de los servicios del parque automotor para conservar el activo automotriz de la empresa con la finalidad de lograr los requerimientos, necesidades fundamentales y a su vez minimizar el costo elevado que conlleva un mantenimiento correctivo. Para este desarrollo se realizaron técnicas descriptivas, de observación, correlacional, exploración, las cuales, fueron aplicadas en las investigaciones de campo que utilizaron para el levantamiento en cada uno de los procesos de la empresa. La propuesta abarca realizar un manual de procedimientos, siguiendo normativas ISO (Organización Internacional de Normalización) 9001; 9008, también se utilizó un software de control para mantenimiento vehicular mediante un gestor de base de datos, Access 2003, que por su simple operacionalidad permite hacer modificaciones en fichas técnicas e informes. Al término de la tesis se demostró que, de realizarse la implementación del software, que lleva un informe estadístico del plan de mantenimiento, nos permite realizar las correcciones sobre el plan de mantenimiento ya existente, logrando un manual eficiente adoptando normas internacionales en gestión de calidad, cumpliendo satisfactoriamente los requerimientos de dicha empresa.

Así mismo, en un trabajo de implementación, (Carbajal, 2016) encaminado con el objetivo de establecer un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transportes El Dorado, prevenir la suspensión de las actividades y detectar los fallos antes de que estos ocurran. Analizar, seleccionar y clasificar cada una de las unidades según la

cantidad de fallas que tenga; aplicando diagrama de Pareto, encontrando los problemas más importantes y priorizar las intervenciones. Aplicando los siguientes procedimientos: establecer los problemas para su análisis y cómo se llevará a cabo la recolección de todos los datos; elaborar una tabla para el conteo de datos (reales). Organizar los indicadores de mayor a menor escala. Dibujar dos ejes verticales y uno horizontal; elaborar un diagrama de barras; dibujar y especificar la curva de Pareto. Detallar toda información relevante y necesaria. Así mismo, utilizó diagrama causa – efecto para detectar la raíz del problema. Para el desarrollo de esta tesis se aplicó la metodología no experimental y descriptiva, se observó directamente el comportamiento del fenómeno en situaciones naturales. Se emplearon técnicas e instrumentos de recolección de datos. La información recolectada fue teórica - práctica, necesaria para poder llevar a cabo los diferentes objetivos establecidos. Implementando unas órdenes de trabajo, impresa, con diferentes cuestiones a llenar, ficha de registro de la flota vehicular, revisión técnica, orden de compra y/o guía de internamiento, ficha de control de abastecimiento de combustible y otras fichas más para un mejor control.

Entre otros estudios realizados, (Espinoza, 2014), se basa en diseñar un plan de mantenimiento preventivo a equipos, maquinarias y vehículos para poder incrementar la vida útil de lo ya mencionado, con el fin de reducir el elevado costo de un mantenimiento correctivo. El autor comienza su proyecto de tesis con el sistema polígono de productividad del mantenimiento, el cual, trata de involucrar a todo el personal de una empresa. Para luego poder dividir todo su trabajo en 8 etapas de inspección, consultoría y acción. Para el desarrollo de esta tesis se basó en 5 etapas: inventarios de equipos, archivos técnicos de equipos, estudio de necesidades técnicas de equipos, necesidades técnicas de equipos, aplicación de mantenimiento, control y ajuste de plan de mantenimiento predictivo. Dentro de estas 5 etapas, lo que más recalca son el diseño de encuestas para cada personal que cumple diferente rango en la empresa; otro tema de suma importancia, es el llevar constancia de todos los registros realizados y por realizar a los diferentes equipos. El trabajo concluye con la comparación de los datos recopilados antes y luego de aplicar un mantenimiento correctivo, terminando por dejar fichas técnicas para los siguientes mantenimientos preventivos. Para efectos de desarrollar nuestra tesis, se tomará en cuenta la información dedicada básicamente a vehículos. La tesis expuesta como antecedentes, carece un poco de información detallada sobre efectos y causa de fallas.

El artículo de (Cárcel, 2015) trata sobre la mala gestión del mantenimiento industrial donde indica que el gran problema se basa en el conocimiento práctico y tácito obtenido por la experiencia de los operadores a lo largo de los años, mediante un estudio de casos se pretende demostrar que el problema puede influir considerablemente en el desarrollo productivo de la empresa. El estudio de casos es una herramienta de investigación, por el cual, se puede medir y registrar las conductas del personal involucrado directamente con el problema. Algunas de sus características de esta metodología son exponer las relaciones improvisadas y causales que son difíciles determinar mediante encuestas, se puede describir la forma real de cómo ocurrieron los hechos, analizar resultados de una intervención, el artículo hace referencia y propone ejemplos reales en la industria de la energía donde a través del análisis de casos, evidencia las consecuencias que un mal mantenimiento puede afectar considerablemente la eficiencia de una empresa. El autor a través de este artículo y basado en los ejemplos expuestos en el mismo, concluye como atribución que el problema del mantenimiento industrial es porque el personal a cargo solo se basa en su experiencia laboral, no se registra y no se comparte el conocimiento adquirido.

En otro artículo, (Zegarra, 2016), publicó sobre los indicadores que influyen en una gestión de mantenimiento de equipos pesados, describe que en toda gestión debe existir dos sub gestiones: una de ellas basada en la ingeniería del mantenimiento, encargada de todos los aspectos técnicos mecánicos que se presentan en las maquinas; la segunda trata sobre el ámbito administrativo dentro de ello, recolección de datos, planeamientos, organización para atender las reparaciones en un menor tiempo. El autor guía su publicación al ámbito administrativo describiendo la importancia de estos indicadores, presentándolos mediante fórmulas y explicaciones académicas para poder sustentar su teoría. Dentro de estos criterios podemos considerar costos horarios de posesión, costos horarios de operación y se consideran costos horarios directos, los cuales, se basan en los criterios de costo total de horario mínimo, utilidad máxima acumulada, utilidad horaria máxima. Al finalizar el artículo se determina que los indicadores de gestión serán de mucha utilidad para los encargados del área del mantenimiento. Expresa que el fin principal de la publicación es que sirva como referencia para que sea un uso común y se pueda aplicar para las buenas prácticas del mantenimiento.

El tener los conocimientos básicos para desarrollar un plan de mantenimiento es importante, por ello, al preguntarnos, **¿qué es mantenimiento?**, (García, 2003), (Joaquín, 2004), indica que el mantenimiento es todo un conjunto de procedimientos, acciones y técnicas necesarias, destinadas a conservar instalaciones, equipos y maquinarias el mayor tiempo operativo, buscando su más alta disponibilidad y rendimiento. (Tavares, 2012) (Bonet Borjas, 2000) (Rodríguez Pérez, y otros, 2013)

### **Tipos de mantenimiento:**

- a) Mantenimiento correctivo, está conformado por las acciones que se realizaran para reparar los equipos, instalaciones que se encuentren fuera de servicio, es por consecuencia, el último mantenimiento que se realiza y el más costoso (García, 2003).
- b) Mantenimiento preventivo, este mantenimiento es cuando los equipos o instalaciones, a través de revisiones y reparaciones establecidas en un momento específico, se garantiza su correcto funcionamiento para poder evitar los largos intervalos de tiempo entre reparaciones (García, 2003) (de la Cruz Lores, 2014)
- c) Mantenimiento predictivo, para este mantenimiento se utiliza técnicas avanzadas, como monitorios en parámetros de equipos, valores señalizados de temperatura, consumo, gases, vibraciones, etc. Para estar al tanto de la operatividad de los equipos o instalaciones, con el fin de advertir futuras fallas en la operatividad de los equipos, su intervención es de significativo ahorro para la industria (García, 2003).

El autor (Mora, 2009) expone que todo mantenimiento existe dos aspectos: gestión y operación. Donde el primero (gestión) se encarga de la administración del mantenimiento, planeación, recolección de datos y estrategias para atender las fallas en menor tiempo. El segundo (operación) se refiere al aspecto físico del mantenimiento realizado directamente en las fallas. Una gestión de mantenimiento tiene como objetivo reducir los intervalos de tiempo entre reparaciones y sobre todo reducir los costos que se generan en un mantenimiento, siendo guiados por un conjunto de parámetros establecidos y controlados por el departamento encargado, el cual, debe ser personal calificado, con la responsabilidad de mantener en buen estado los activos de una organización, para poder aumentar la productividad de la misma, es por ello que contar con una gestión de mantenimiento es de mucha importancia. (Gonzales, 2004) (de la Cruz Lores, 2014)

### **Etapas de la gestión de mantenimiento:**

En el Diagrama N°1 se observará las etapas de gestión de mantenimiento, ahora explicaremos cada una de ellas, para un mayor entendimiento.

**Análisis de la situación actual.** Información y recolección de datos; en esta etapa se evaluará la situación actual de la gestión de mantenimiento, ya sea que la organización cuente con una gestión del mismo o de mayor índole. Si la organización no cuenta con ningún procedimiento enfocado a esta labor, para esta etapa es importante la recolección de datos existentes sobre el mantenimiento de los equipos ya sea en planificación, información histórica de fallas, información de reparaciones, programaciones de tareas, es necesario conocer la consecuencia económica a raíz de una falla. En esta etapa es importante definir los objetivos del plan de mantenimiento, guiándose en los indicadores de gestión, confiabilidad, disponibilidad, riesgos, etc. (Viveros, y otros, 2013) (Cabero, y otros, 2009)

**Jerarquización de equipos,** en esta etapa se usa el método de análisis de criticidad, el cual, a través de un análisis cuantitativo como historial de fallas, reparaciones, registros técnicos y métodos cualitativos que podrían ser entrevistas, encuestas al personal, opiniones de expertos dentro de la empresa, permitan categorizar o jerarquizar los equipos, instalaciones o sistemas, para darles prioridad dependiendo del nivel de impacto que estos representen en la productividad de la empresa, con el fin de facilitar una estructura dedicada y tomar las decisiones acertadas. El rango de mayor atención es el equipo que genera más pérdidas en productividad para la organización. Los equipos se pueden catalogar como críticos, semi-críticos y no críticos, como indica la Figura N°1.

**Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto,** esta etapa al igual que las dos primeras es de vital importancia porque a través de la información obtenida por los operarios encargados de los equipos, nos permitirá realizar inspecciones técnicas y visuales, atendiendo en primer orden, estas revisiones otorgan conocimiento real y específico del estado de los equipos, además del impacto que genera en la empresa u organización, para realizar un correcto mantenimiento. (Viveros et al., 2013).

**Diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios**, una vez determinadas las fallas y sus posibles consecuencias, se determina una función para atender cada una de ellas. Identificando el modo de falla que trata de predecir lo que va a ocasionar la falla. Asignando las tareas y los responsables del mantenimiento. (Viveros et al., 2013).

**Programaciones en el mantenimiento y la optimización en la distribución de recursos**, para esta etapa se elabora un rol detallado que incluya todas las actividades del mantenimiento, teniendo en cuenta las necesidades de producción en los tiempos de la empresa y los costos que lleva los tiempos de reparación según la falla, esta programación tiene como principio disminuir los impactos negativos de producción, optimizando y asignando los recursos humanos y materiales. (Viveros et al., 2013).

**Evaluaciones y controles de la ejecución del plan de mantenimiento**, permite llevar un control detallado de todo el proceso de mantenimiento para poder cumplir con los objetivos de la empresa. La evaluación del mantenimiento se basa en cumplir los objetivos fundamentales del mantenimiento que consiste en obtener la mayor eficacia con el menor costo. Los informes que se realizan deben ser fiables y fáciles de analizar, de manera que los usuarios puedan obtener datos útiles y estandarizados, con la finalidad de implementar mejoras en el plan de mantenimiento y elevar los índices de eficacia y eficiencia. (Viveros et al., 2013).

**Análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos**, este análisis es de vital importancia para la toma de decisiones, ya que permite evaluar los costos de un mantenimiento general en el equipo (reparaciones, tiempo de espera en reparaciones, compra y costos de repuestos) o si es más factible la compra de un equipo nuevo. (Viveros et al., 2013).

### **Análisis de criticidad**

La criticidad es considerada también como un riesgo y es el producto de la consecuencia de falla por la frecuencia, como indica en la ecuación 1. Donde frecuencia es el número de fallas en un tiempo específico y la consecuencia es el resultado entre la suma del producto de flexibilidad por impacto operacional más costo de mantenimiento más impacto seguridad y medio ambiente, según ecuación 2. (Viveros et al., 2013).

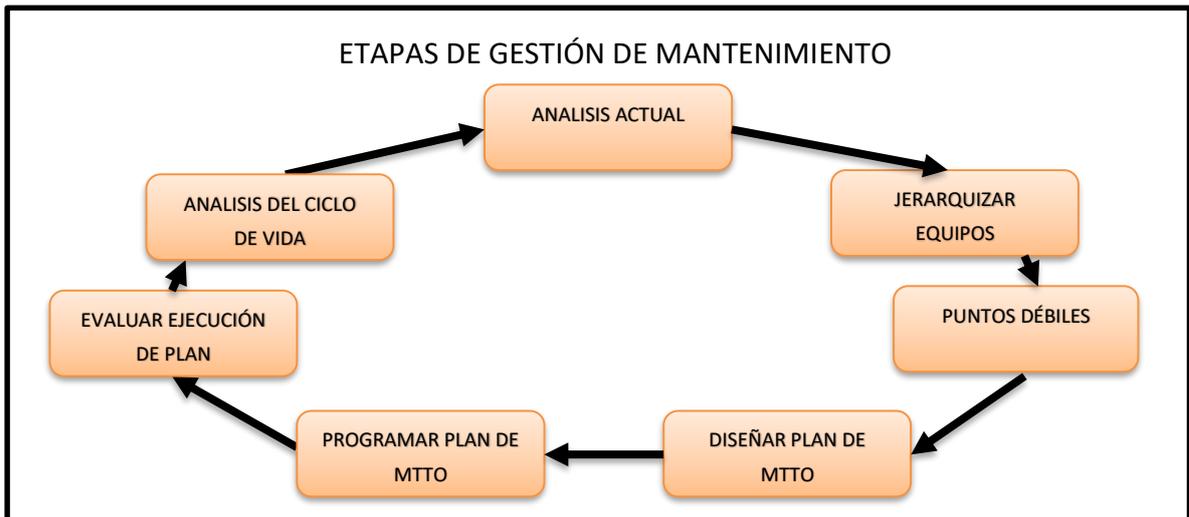


Diagrama N°1. Etapas de gestión de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

### Criterios para el análisis

- **Frecuencia de fallas (Ff)**

Cantidad de veces que se presenta una falla dentro del periodo de análisis. Tabla N°1.

FRECUENCIA DE FALLAS	PUNTOS
Muy malo, mayor de 9 fallas en el periodo analizado.	4
Malo, de 5 a 8 fallas en el periodo analizado.	3
Regular, de 1 a 4 fallas en el periodo analizado.	2
Bueno, 0 fallas en el periodo analizado.	1

Tabla N°1. Fuente: (Silva Ardilla, y otros, 2009)

- **Impacto operacional (Io)**

Efecto que se ocasiona en la producción. Ver Tabla N°2.

IMPACTO OPERACIONAL	PUNTOS
Para inmediata de la empresa.	10
Para del área de producción.	7 – 9
Impacta a nivel de producción y calidad.	5 – 6
Impacta costos operacionales y disponibilidad.	2 – 4
No genera ningún efecto significativo en operación.	1

Tabla N°2. Fuente: (Silva Ardilla, y otros, 2009)

- **Costo de mantenimiento (Cm)**

Solo se considera los gastos de mantenimiento. Ver. Tabla N°3.

COSTO DE MANTENIMIENTO	PUNTOS
Mayor o igual a \$ 1000 periodo analizado.	2
Inferior a \$ 1000 periodo analizado.	1

Tabla N°3. Fuente: (Silva Ardilla, y otros, 2009)

- **Impacto a la seguridad y medio ambiente (Isa)**

Califica los daños a las personas, máquinas y medio ambiente. Ver Tabla N°4.

IMPACTO A LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PUNTOS
Afecta a la seguridad humana interna y externa.	8
Afecta al medio ambiente considerablemente.	6 – 7
Afecta a las instalaciones considerablemente.	4 – 5
Genera daños leves a la seguridad y ambiente.	2 – 3
No existe riesgo.	1

Tabla N°4. Fuente: (Silva Ardilla, y otros, 2009)

- **Flexibilidad operacional (Fo)**

Acción rápida a reemplazar un elemento, sin afectar considerablemente su presupuesto. Ver Tabla N°5.

FLEXILIDAD OPERACIONAL	PUNTOS
Sin opción a reemplazo o tipo de repuesto.	4
El equipo seguirá funcionando.	2 – 3
Existe en stock y fuera del sistema.	1

Tabla N°5. Fuente: (Silva Ardilla, y otros, 2009)

Fórmula de criticidad:

$$Crt = Ff \times C \quad \dots\dots\dots (ec. 1)$$

Dónde:      Crt:    criticidad o riesgo.  
                  Ff:    frecuencia de falla.

C: consecuencia.

Además:

$$C = (F_o \times I_o) + C_m + I_{sa} \dots\dots\dots (ec. 2)$$

Dónde: F<sub>o</sub>: flexibilidad operacional.

I<sub>o</sub>: impacto operacional

C<sub>m</sub>: costo de mantenimiento

I<sub>sa</sub>: impacto seguridad y medio ambiente

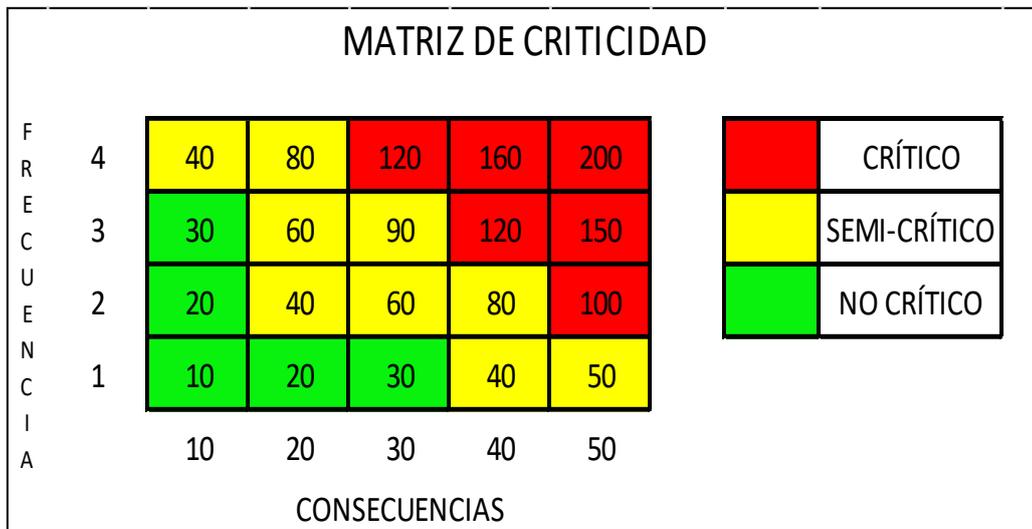


Figura N°1: Matriz de criticidad

Fuente. (Silva Ardilla, y otros, 2009)

**Diagrama de Pareto**

Es una gráfica que se utiliza para organizar distintas clasificaciones de datos en un orden de mayor a menor, de izquierda a derecha por simples barras, luego de recopilar la información para analizar y calificar las causas. De tal manera que se pueda otorgar un orden de prioridades. (Torres, 2005)

A través de este diagrama se pueden detectar los problemas más resaltantes mediante el principio de Pareto; el cual nos indica, que el 80% del total se origina por el 20% de sus elementos.

El diagrama de Pareto se puede utilizar para mejorar la calidad de un producto o servicio, averiguar los problemas o causa de ellos de una manera sistemática para hallar las soluciones, siendo una herramienta muy sencilla, pero a la vez poderosa. Ver Figura N°2.

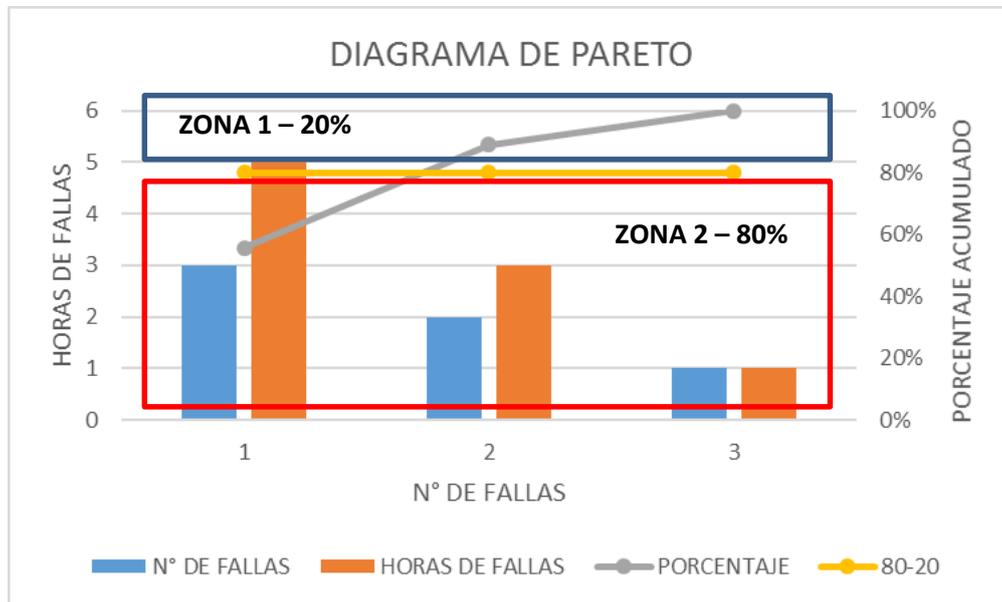


Figura N°2: Diagrama de Pareto.

Fuente: Elaboración propia

### **Indicadores de Mantenimiento**

La definición de cada indicador nos ayudará a tener un conocimiento más amplio del tema, para poder saber si el cambio realizado por la gestión de mantenimiento es favorable o desfavorable con el análisis que se realiza con dichos indicadores. (Torres, 2005)

### **Disponibilidad**

En toda gestión de mantenimiento, la disponibilidad es el objetivo primordial. El autor (Mora, 2009) define que la disponibilidad es la capacidad que tiene un sistema, un equipo o componente para que se desarrolle satisfactoriamente el tiempo que sea requerido desde el primer día de su funcionamiento. (Torres, 2005)

(Mesa et al., 2006) nos describe que la disponibilidad, para sistemas que operan continuamente, se expresan como el nivel de tiempo que esté listo para operar.

De otra manera (Uparela, 2013) nos expone que la disponibilidad es una función que nos permite medir el tiempo total en que un sistema o componente puede funcionar correctamente.

En las ecuaciones 3 y 4, indicamos como hallar la disponibilidad con los tiempos promedio entre fallas y reparaciones; donde la ecuación 3 es para **equipos no reparables** y la ecuación 4 es para **equipos reparables**. En la Figura N°3 realizamos una explicación en una línea de tiempo para mayor entendimiento.

$$D_{(t)} = \frac{MTTF}{MTBF} \dots \dots \dots (ec. 3)$$

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots \dots \dots (ec. 4)$$

- Dónde:
- D(t) : disponibilidad del sistema
  - MTTF : tiempo medio esperado para que el equipo falle.
  - MTBF : tiempo medio en que el equipo no falle.
  - MTTR : tiempo medio que toma reparar una falla.

**Calculamos MTBF, MTTR, MTTF.**

**Tiempo promedio en que el equipo no falla (MTBF).**

Es el ciclo entre el tiempo medio que está operativa la máquina más el tiempo medio de reparación. Ver ecuación 5.

$$MTBF = \frac{\textit{T tiempo total de operación}}{\textit{Número de fallas}} \dots \dots \dots (ec. 5)$$

**Tiempo promedio que toma reparar una falla (MTTR).**

Acumulación de los tiempos que se tomaron para reparar las distintas fallas. Ver ecuación 6.

$$MTTR = \frac{\textit{T tiempo total de reparación}}{\textit{Número de fallas}} \dots \dots \dots (ec. 6)$$

**Tiempo promedio esperado que un componente o máquina falle (MTTF).**

Es el valor de tiempo promedio esperado con el equipo operativo. Ver ecuación 7.

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad \dots \dots \dots (ec. 7)$$

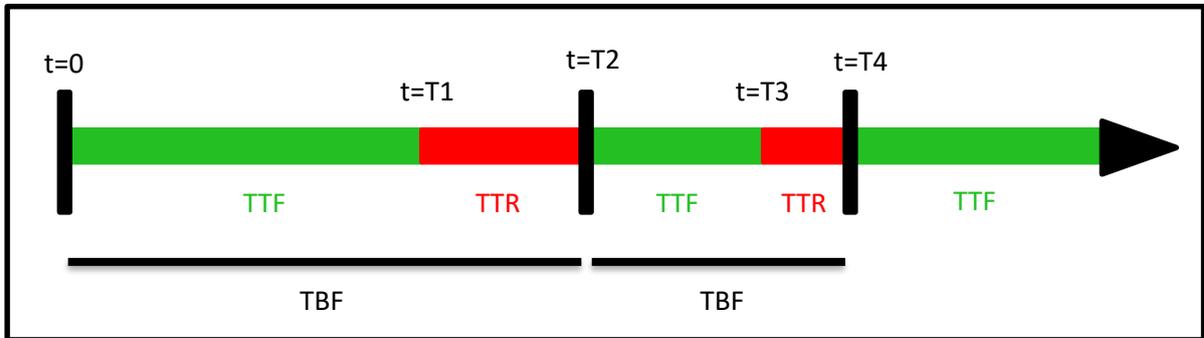


Figura N°3. Indicadores MTTR, MTTF, MTBF. Fuente: Elaboración propia.

**Confiabilidad**

(Mesa, y otros, 2006) Sostiene que la confiabilidad es la total confianza que se brinda a un equipo o sistema, para que, bajo condiciones adecuadas y estándares, pueda desarrollarse en forma adecuada durante un tiempo establecido. (Améndola, 2002)

La confiabilidad está relacionada con la calidad, considerándola una probabilidad, que consiste que un equipo o sistema funcione correctamente bajo condiciones adecuadas, mientras un equipo tenga una calidad más elevada, mayor índice de confiabilidad tiene. (Mora, 2009) (Bonet Borjas, 2009)

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda.t}{100}} \right) \times 100\% \quad \dots \dots \dots (ec. 8)$$

- Dónde:
- C(t) : confiabilidad (%)
  - e : constante. Valor, 2.71828
  - t : tiempo programado para operar.
  - λ : tasa de fallas. (Ver ecuación 9).

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \left[ \frac{\text{fallas}}{\text{año}} \right] \dots \dots \dots (ec. 9)$$

**Mantenibilidad**

Es el tiempo específico en que un equipo va a ser recuperado y puesto en funcionamiento. De similar forma para los autores, (Mesa et al., 2006), la mantenibilidad viene a ser la expectativa que se tiene a un equipo o sistema, para que en ciertas condiciones establecidas sea reparado en un tiempo específico. El resultado es relativo, crece o decrece, en comparación al valor inicial hallado, dependiendo del número de fallas. Ver ecuación 10.

$$M_{(t)} = \left( 1 - e^{-\frac{\mu \cdot t}{100}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (ec. 10)$$

- Dónde:
- M(t) : mantenibilidad (%)
  - e : constante. Valor, 2.71828
  - t : tiempo programado para operar.
  - μ : tasa de reparación. (Ver ecuación 11).

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \left[ \frac{\text{reparaciones}}{\text{año}} \right] \dots \dots \dots (ec. 11)$$

**Relación entre la disponibilidad, la confiabilidad y la mantenibilidad**

En cualquier situación para que exista una buena disponibilidad se debe aumentar la confiabilidad y reducir la mantenibilidad (Mesa et al., 2006) (Torres, 2005). Ver Figura N°4.



Figura N°4. Relación entre disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

Fuente: (Gonzalez,2004)



## Diseño del AMEF (Análisis de modo y efectos de falla).

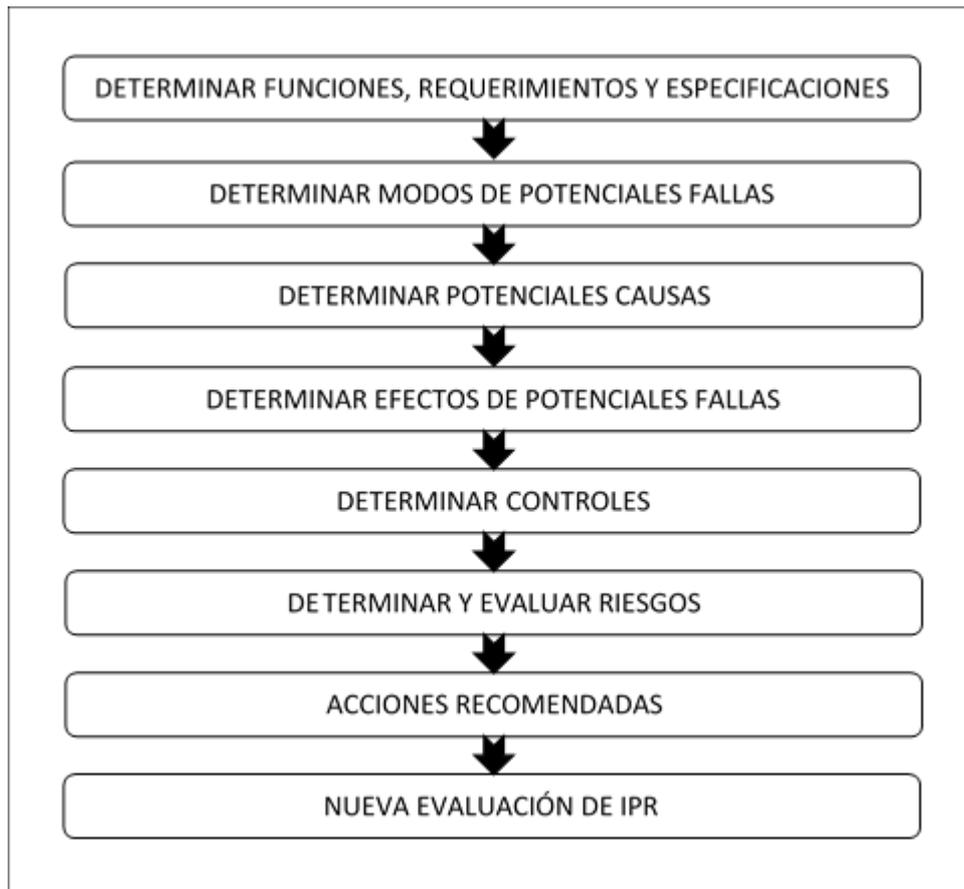


Diagrama N°2: Estructura base para desarrollar AMEF  
Fuente: Elaboración basada en AIAG.

### **Determinar funciones, requerimientos y especificaciones.**

Identifica el proceso a analizar.

### **Determinar modos de potenciales fallas.**

Se cuestiona, de qué manera puede fallar dicho paso del proceso.

### **Determinar potenciales causas.**

Si sucede el modo de falla, debemos hallar cuál es su efecto en el sistema.

### **Ocurrencia.**

Es el análisis de la probabilidad de ocurrencia a los modos de falla, no tiene un tiempo esperado o definido, existiendo una relación entre el modo y las causas de falla. Ver tabla en

anexo N°4. En el AMEF también se debe incluir las fallas ocurridas anteriormente sin soluciones, esa información la hallamos en el historial de cada equipo y/o máquina. (AIAG, 2008)

### **Determinar efectos de potenciales fallas.**

Hallamos claramente las causas por las cuales el sistema ha fallado, teniendo en cuenta las consecuencias de fallas y su severidad. (Automotive Industry Action Group AIAG, 2008)

### **Severidad**

Es la calificación que se obtiene según los criterios mostrados en tabla mostrada en el anexo N°3. (Automotive Industry Action Group AIAG, 2008)

### **Determinar controles**

Son las acciones que sirven para hallar y prevenir las causas y modos de falla, considerando los controles que detectan y prevén las fallas. (Automotive Industry Action Group AIAG, 2008)

### **Prevención**

Está basada en la reducción y prevención de los modos y causas de falla, estas pueden realizarse mediante estudios comparativos, normas internas y externas, diseños contra fallas, etc. (Automotive Industry Action Group AIAG, 2008)

### **Detección**

Existen diversos métodos para hallar fallas, pueden ser analíticos o físicos, siendo de distintas capacidades. Por tal motivo, debemos analizar cada detección obtenida. Ver anexo N°5. (Automotive Industry Action Group AIAG, 2008)

### **Determinar y evaluar riesgos**

La evaluación de riesgos se califica según el producto de la ocurrencia, severidad y detección, con la finalidad de obtener el IPR (Índice de prioridad de riesgo), el cual, debe estar orientado a atender los rangos más altos del mismo, según indica en la ecuación 12.

### **Acciones recomendadas**

El enfoque principal es reducir la probabilidad de ocurrencia, la severidad y la detección de un modo de falla específico, sin descuidar los registros y técnicas de mantenimiento para encontrar el nuevo IPR. Ver anexo N°2. (AIAG, 2008)

### **Nueva evaluación del IPR**

Una vez realizado el AMEF, se obtienen los nuevos rangos de ocurrencia, severidad y detección para reducir el IPR (Índice de prioridad de riesgo), por consiguiente, procedemos a comparar el IPR actual con el IPR hallado al principio de la investigación.

### **Costos de mantenimiento**

El correcto y adecuado mantenimiento que se realizan en los vehículos livianos y pesados, ayuda a economizar a la empresa un considerable monto de dinero. A comparación de los elevados costos correctivos que se realizan con frecuencia por la falta de capacitación, desconocimiento o simplemente descuido, involucrando la atención a los clientes, generando molestias y retrasos en el servicio. Cada vehículo debe tener un historial técnico desde la fecha que empezó a ser utilizado por la empresa, tanto en mantenimientos preventivos y correctivos, para así, reducir la compra de repuestos por falla o desgaste. Por lo tanto, para seguir dichos pasos de mantenimiento, debemos conocer los distintos costos que se manejan en un mantenimiento; por ejemplo, costos variables, costos fijos, costos financieros y costos de fallo. (Padilla, 2012) (Vargas Vallejo, 2007)

Los costos fijos, según (Navarro, y otros, 1997) son independientes al volumen de la producción, como también de las ventas. Destacando en ella, la mano de obra de forma indirecta, los alquileres, los seguros, los costes fijos de mantenimiento y demás. Los costos variables, involucran directamente a las materias primas, la mano de obra directa, costos de embalaje, entre otros. Para reducir estos gastos debemos evitar que haya fallas inesperadas, no solamente dejar de realizar mantenimientos correctivos. También indican que los costos financieros implican tener varias herramientas iguales y/o duplicadas como maquinarias idénticas, con las mismas características, para optimizar la disponibilidad. Los costos de fallo, según los autores, son aquellos costos que implica la pérdida de beneficios que tiene la empresa por compras de repuestos inesperados para realizar el mantenimiento a los vehículos.

Finalizando, los autores, incluyeron un costo integral, siendo la unificación de los costos anteriores y el posible beneficio que se atribuye a la empresa con un correcto uso de los mismos (Navarro et al., 1997).

### **Costo de fallas**

Se refiere a las pérdidas que las empresas u organizaciones tienen que soportar por causas relacionadas al mantenimiento. (PCManagement, 2001).

### **Gestión de mantenimiento vehicular**

(Garcia, 2003) Establece que un sistema de gestión de mantenimiento tiene como fin obtener la disponibilidad, confiabilidad y seguridad al 100%, perdurando en el tiempo de operatividad para garantizar el buen servicio que los clientes soliciten, elevando los índices de productividad, rentabilidad y competitividad.

Según (Padilla, 2012) un plan de mantenimiento vehicular debe estar enfocado para que la empresa tenga una flota de vehículos operativos y en óptimas condiciones para ser usados; así mismo, tener un mejor control de los gastos que realizan en los mantenimientos con evaluaciones periódicas.

Dicho autor, propone, las etapas de un sistema de gestión de mantenimiento vehicular mostrada en la Figura N°5, recalcando que el total de personas involucradas deben realizar la tarea con dichas etapas.

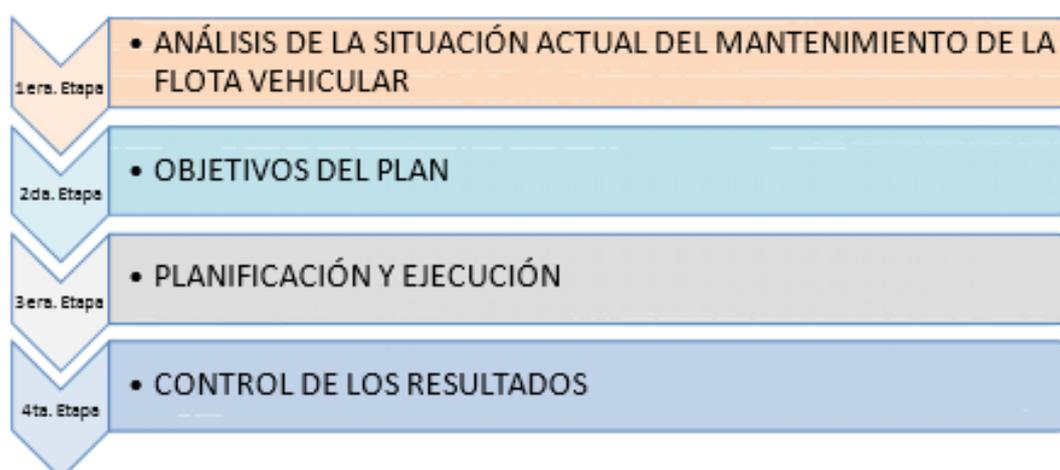


Figura N°5: Etapas de un plan de gestión de mantenimiento

Fuente: (Padilla, 2012)

## **Control de mantenimiento**

(Hidalgo, 2010) indica que el jefe de mantenimiento es el encargado de brindar los materiales y repuestos que se necesiten; así mismo, tener unas guías de control, para tener conocimiento de la vida útil, fecha de entrega, durabilidad, etc.

## **Sistema de gestión de mantenimiento**

Un sistema de gestión de mantenimiento para ser eficaz al 100%, debe tener en cuenta las siguientes fases: planificación, programación, determinar las prioridades y elaboración adecuado de los formatos necesarios. (Hidalgo, 2010)

### **a) La planificación.**

En esta fase, desarrollaremos un listado de tareas a realizar por el personal involucrado en el área de mantenimiento, para luego involucrar a las demás áreas de la empresa y así tengan el conocimiento del mantenimiento para que tomen sus precauciones. La planificación tiene las siguientes funciones:

- Preparación de una orden de trabajo.
- Desarrollo del plan de trabajo.
- Seleccionar el personal adecuado.
- Adquirir los materiales, herramientas y equipos que se necesiten.
- Revisión de los trabajos pendientes.
- Definir la prioridad de los trabajos.
- Determinar la carga de trabajos de mantenimiento.
- Revisar las medidas seguridad para determinado trabajo a desarrollar

### **b) La programación.**

Fase donde se debe tener las fechas pactadas para el mantenimiento. Con esto tenemos un orden, evitamos que no haya paradas inesperadas que perjudique la labor de cada área y contaremos con los materiales y repuestos a usar. Se debe tener en cuenta lo siguiente para una buena programación:

- Tener los recursos disponibles para la actividad programada.
- Evitar las distracciones en el trabajo a realizar.

- Tener ordenado las actividades a realizar, según la planificación.
- Revisar y actualizar con frecuencia el programa. (Hidalgo, 2010)

**c) Determinación de prioridades.**

Según el análisis de los técnicos de mantenimiento, los choferes de las unidades vehiculares y el jefe de mantenimiento, se determinan las prioridades de los trabajos de la siguiente manera:

- Urgente: inmediatamente se debe realizar el trabajo.
- Normal: plazo de 24 horas para iniciar el trabajo.
- Programado: se realiza previa programación para el mantenimiento preventivo

**d) Elaboración de formatos.**

(Hidalgo, 2010) hace un hincapié sobre la importancia de tener los formatos con información clara, ítems coherentes para su fácil llenado; ya que, de ellos tendremos un historial de cada vehículo. Por consiguiente, conoceremos los trabajos que se realizaron, los costos, donde se realizó el trabajo, etc.

**El control de mantenimiento**

La constante práctica de un buen mantenimiento, ayudará a verificar la calidad y el tipo de trabajos que se realizan, inventarios detallados y distintos costos. El autor resalta la importancia de los costos de fallos, porque sabremos cuáles son los problemas constantes que existen en la empresa que conllevan a dichos costos. La fórmula para hallar los costos de fallos es el siguiente:

$$CF = N_p \times TMP \times CPP \quad \dots\dots\dots(ec. 15)$$

Dónde:

- CF : costo de fallos.
- N<sub>p</sub> : número de paradas de los vehículos por averías.
- TMP : tiempo medio de paradas.
- CPP : costo por servicio perdido.

Al tener todos los conocimientos básicos, la pregunta que nos haremos para implementar todo lo aprendido es la siguiente:

¿De qué manera un sistema de gestión de mantenimiento puede mejorar los indicadores de mantenimiento de los vehículos de la compañía de bomberos?

Luego de hacernos dicha pregunta, debemos saber cómo se beneficiará la compañía de bomberos de Trujillo con el plan de mantenimiento. Respaldando a esta interrogante de la implementación del plan de mantenimiento, las justificaciones son las siguientes:

**Justificación económica**, al contar con el bajo presupuesto designado a la compañía de bomberos, es necesario implementar la gestión de mantenimiento, con la finalidad de establecer una estrategia adecuada para poder mantener el parque automotor de los bomberos en buen estado, de tal manera poder reducir los elevados costos que conlleva realizar un mantenimiento correctivo sobre las máquinas.

**Justificación social**, la tesis propuesta trata de contribuir a la noble labor de la compañía de bomberos, con el propósito de los indicadores de mantenimiento de los vehículos en caso sean requeridos, siendo una institución destinada a realizar un servicio desinteresado a la sociedad.

**Justificación tecnológica**, al realizar una auditoría de gestión de mantenimiento a la compañía de bomberos, se pudo constatar que cuenta con una gestión muy desactualizada y nunca realizada, el aporte de este trabajo es implementar una gestión de mantenimiento siguiendo modelos, técnicas, métodos actualizados y de resultados positivos

**Justificación ambiental**, el parque automotor de las compañías de bomberos está constituido por vehículos relativamente antiguos y al no recibir un mantenimiento adecuado es previsible que las fallas en los vehículos sean de impacto mayor, afectando al sistema de consumo de combustible de los vehículos, la cual, conlleva a una quema excesiva de combustible, aceite; perjudicando así el medio ambiente. Al implementar esta gestión de mantenimiento los vehículos se encontrarán en mejores condiciones, contribuyendo a la menor emanación de gases de efecto invernadero.

Teniendo implementado el sistema de gestión de mantenimiento en la compañía de bomberos, suponemos optimistamente lo siguiente:

La implementación de un sistema de gestión de mantenimiento a las unidades vehiculares de la compañía de bomberos, permitirá mejorar los indicadores de mantenimiento, por consiguiente, el servicio.

Comprendiendo la importancia de la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento en la compañía de bomberos de Trujillo, objetamos de manera general lo siguiente:

Proponer un sistema de gestión de mantenimiento para mejorar los indicadores de mantenimiento de los vehículos y mejorar el servicio de la compañía de bomberos de Trujillo.

Debemos seguir algunos pasos importantes, que nos conllevarán a evitar errores y lograr con éxito el cumplimiento de nuestro objetivo. Estos pasos son los siguientes:

- a.** Revisar la situación actual en la gestión de mantenimiento e identificar las causas que están afectando directamente de forma negativa a los vehículos.
- b.** Determinar los valores actuales de los indicadores de mantenimiento.
- c.** Establecer y elaborar las acciones necesarias que permitan mejorar los indicadores de mantenimiento de los vehículos.
- d.** Evaluar el beneficio que se logrará implementando el sistema de gestión de mantenimiento en el aspecto económico y los nuevos valores de los indicadores de mantenimiento de los vehículos.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipos y Diseños de Investigación

#### Tipos de investigación

Los tipos de investigación son descriptiva, aplicada y propositiva. Descriptiva porque exponemos procesos, etapas y actividades que están relacionados directamente con el mantenimiento del parque automotor de la compañía de bomberos. Decimos que es aplicada, porque está orientada y destinada a resolver problemas de forma práctica donde el aporte al conocimiento pasa a un segundo plano. (Hernandez, y otros, 2010). También es propositiva debido a que el estudio es una propuesta que puede ser aplicada en el momento que sea requerida.

#### Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental y también transversal. Decimos que es no experimental porque observamos fenómenos de forma que se desarrollen en su contexto natural sin manipular o intervenir con la variable independiente y ver los efectos que esta causa en la variable dependiente observamos para luego analizarlo. Es transversal porque los datos fueron recolectados en momentos determinados. (Hernandez, y otros, 2010)

### 2.2. Operacionalización de Variables

Variable dependiente				
Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Disponibilidad	Cuando un equipo se desarrolla satisfactoriamente en el momento que sea requerido	Relacionado con el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación. Ver ec. 4. $DISP = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	MTBF: tiempo medio en que el equipo no falla. MTTR: tiempo medio entre reparaciones	Cuantitativa razón.

Confiabilidad	Probabilidad que un equipo no va a fallar.	Revisar ecuación 8. $C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda.t}{100}} \right) \times 100\%$	MTBF: tiempo medio en que el equipo no falla.	Cuantitativa razón.
Mantenibilidad	Es el tiempo específico en que un equipo va a ser recuperado y puesto en funcionamiento.	Revisar ecuación 10. $M_{(t)} = 1 - e^{-\mu.t}$	MTTR: tiempo medio entre reparaciones.	Cuantitativa razón.

Tabla N°7: Operacionalización de variables dependientes.

Variable independiente				
Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Plan de mantenimiento	Acciones y procedimientos destinados a conservar instalaciones en correcto funcionamiento en mayor tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación.</li> <li>• Organización.</li> <li>• Aplicación.</li> <li>• Evaluación.</li> <li>• Control de los equipos.</li> </ul>	Disponibilidad. Confiabilidad. Mantenibilidad. Costos.	Cualitativa ordinal.

Tabla N°8: Operacionalización de variable independiente.

### 2.3. Población y Muestra

La población está conformada por todas las unidades vehiculares de todas las compañías de bomberos de Trujillo, que son 82 unidades vehiculares en 14 compañías de bomberos. La muestra para este estudio son las unidades vehiculares de la compañía de bombero N°26 que se encuentra ubicado en el centro histórico de Trujillo.

### 2.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos, su validez y su confiabilidad

#### Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Las técnicas e instrumentos utilizados para el desarrollo del presente estudio son:

Técnica de análisis documental. Se usará para la variable dependiente. Se recolectó la información brindada por la compañía de bomberos, la cual, será objeto de estudio y análisis. El instrumento es una guía de análisis documental, por consiguiente, la técnica a utilizar es la metodología AMEF (Análisis de modo y efectos de falla).

Observación directa. Para la variable independiente, consiste en observar de forma metódica las diferentes situaciones en las que se encuentran las diversas unidades vehiculares de las diferentes compañías de bomberos, el instrumento utilizado es una guía de observación.

Encuesta. Para la variable independiente, esta técnica es utilizada para la recolección de información mediante cuestionarios que fueron realizados al personal encargado del mantenimiento de las unidades vehiculares.

Entrevista. Para la variable independiente, esta técnica está destinada a la solicitar y obtener información de los representantes administrativos de la compañía de bomberos de los temas relacionados directamente con el plan de mantenimiento, los instrumentos utilizados son cuestionario y entrevista.

### **Validez**

Según los autores (Hernández et al., 2010), plantean que un instrumento es realmente válido cuando medimos la variable que desde un principio de la investigación es detectada para su medición. En este caso, validamos los instrumentos utilizados a través del juicio de expertos. Fueron tres especialistas conocedores del tema, que están en constante práctica e implementación de sus conocimientos. Revisar anexos N° 33, 34 y 35.

### **Confiabilidad**

Es el nivel de consistencia que brindan los instrumentos de medición. (Hernández et al., 2010), para efectos de la investigación se pretende obtener el mayor grado de confiabilidad mediante las encuestas y cuestionarios expuestos al personal de mantenimiento de la compañía de bomberos. El autor, (Arnaldo, 2012), nos refiere que cuando a los instrumentos de medición se los expone a los mismos fenómenos y bajo condiciones similares, los resultados deben ser coherentes.

## 2.5. Procedimiento

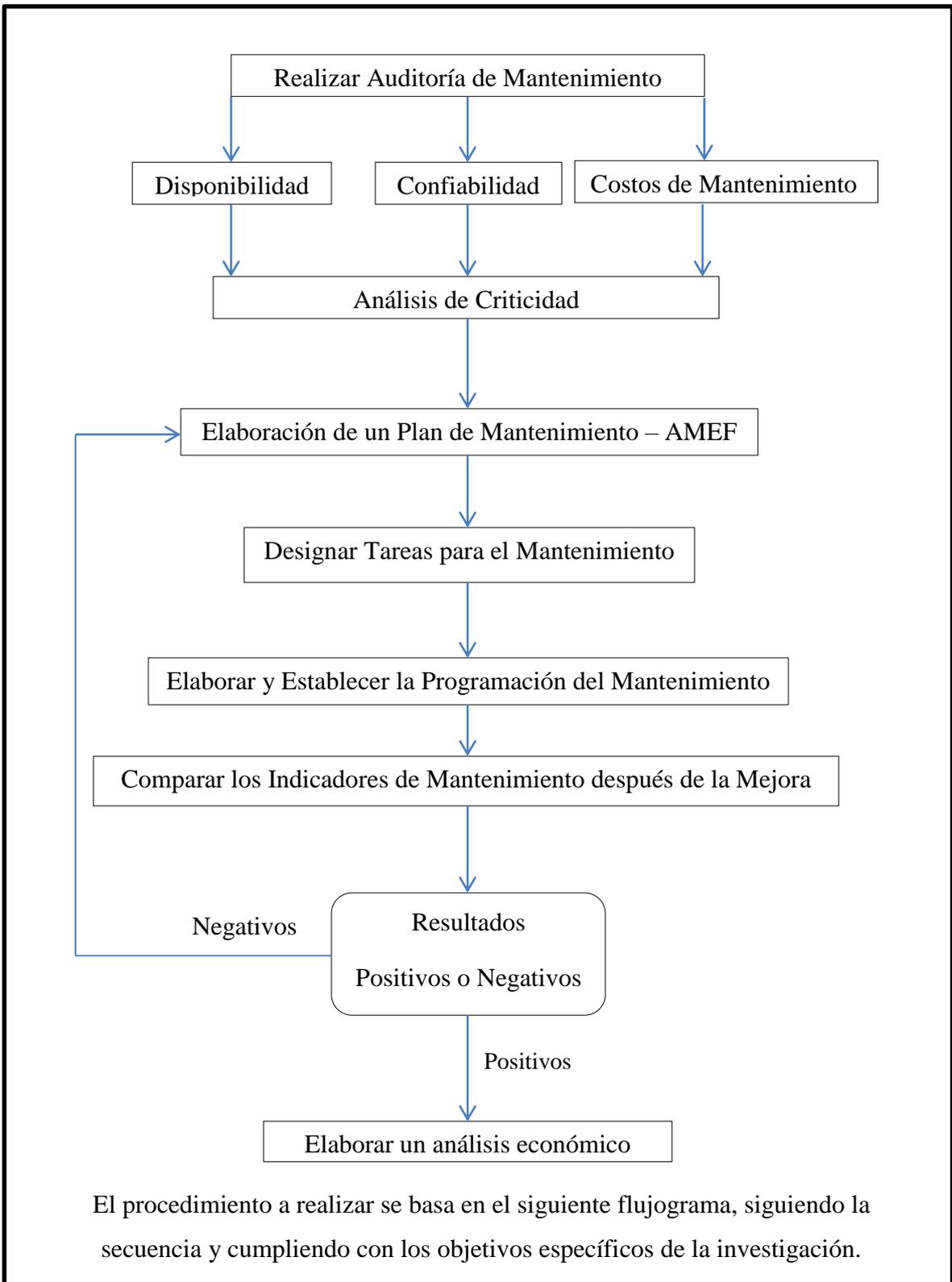


Diagrama N°3. Flujograma de procedimiento. Fuente. Elaboración propia.

## **2.6. Método de análisis de datos**

Las unidades vehiculares se evaluarán por medio de una auditoria de mantenimiento en la compañía de bomberos, se realizará un análisis de criticidad, se expondrán las fallas mediante la aplicación del Análisis del Modo y Efecto de Falla (AMEF); el cual, es un procedimiento que nos permite localizar e identificar fallas en sistemas, para poder calificar sus causas y efectos de una manera enfocada y objetiva. Con la finalidad de tener un sistema documentando de prevención. (Chipia Lobo, 2012) (Barrientos Medina, 2017) (Álvarez Campos, 2017) (Chávez Altamirano, 2018)

## **2.7 Aspectos éticos**

### **Originalidad**

La investigación es propia de los autores, se mencionarán la información bibliográfica recolectada para el desarrollo de nuestra investigación.

### **Confidencialidad**

La información otorgada por la compañía de bomberos será protegida para evitar su divulgación, siendo responsabilidad de los propios autores; también se protegerá la identidad del personal que colaboró para la recolección de los datos.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Evaluación y diagnóstico actual del sistema de mantenimiento

##### 3.1.1. Estado actual de los indicadores de mantenimiento

La compañía de bomberos N° 26 de Trujillo, no cuenta con un sistema de gestión de mantenimiento para sus vehículos, los datos fueron obtenidos mediante una entrevista realizada con el jefe comandante teniente brigadier de la compañía N°26, jefe de operaciones departamental, capitán y un bombero voluntario.

Los valores presentados se obtuvieron a través de las fórmulas establecidas en el marco teórico. El cálculo de la disponibilidad se halló usando la ecuación N°4; la confiabilidad, la ecuación N°8; la mantenibilidad, aplicando la ecuación N°10. El MTBF y el MTTR se obtienen usando las ecuaciones N°5 y N°6, respectivamente. Finalmente, el cálculo de las tasas de reparación ( $\mu$ ) y tasa de fallas ( $\lambda$ ) se realiza aplicando las ecuaciones N°9 y N°11, respectivamente. El desarrollo de las ecuaciones se encuentra en los anexos N°7, 8, 9, adjuntados al final.

En la tabla N°9, se detallan los indicadores de mantenimientos de los vehículos de la compañía de bomberos. En su estado inicial los vehículos MAT-PEL, AMBULANCIA 2 y ESCALA, presentan un porcentaje de 0%, en disponibilidad y confiabilidad, debido a que dichos vehículos se encuentran fuera de servicio, esperando mantenimiento correctivo.

INDICADORES INICIALES DE GESTION DE MANTENIMIENTO											
VEHÍCULOS	N° Fallas	Tiempo Programado operación	Tiempo total de Reparación	Tiempo de operación	MTBF	MTTR	Tasa Reparación $\mu$	Tasa Fallas $\lambda$	Disponibilidad %	Confiabilidad %	Mantenibilidad %
RESCATE	20	4320	720	3600	180	36	0.028	0.0055	83.30	78.85	70.17
MAP-TEL	3	4320	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMBULANCIA.1	48	4320	864	3456	72	18	0.053	0.014	80	54.62	89.87
AMBULANCIA.2	6	4320	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESCALA	3	4320	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMIONETA	51	4320	774	3546	69.53	15.18	0.066	0.014	82.10	54.62	94.22
PROMEDIO TOTAL									40.9	31.35	42.38

Tabla N°9. Estado actual de vehículos. Fuente. Entrevista al jefe de operaciones.

Mostramos la manera de calcular la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de uno de los vehículos; en este caso, utilizaremos como ejemplo al vehículo de rescate.

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 720

Tiempo total de operación = 3600

Número de fallas = 20

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operación}}{\textit{Número de fallas}} \dots \dots (\textit{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{3600}{20} = \mathbf{180}$$

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de reparación}}{\textit{Número de fallas}} \dots \dots (\textit{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{720}{20} = \mathbf{36}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \dots \dots \dots (\textit{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{180} = \mathbf{0.0055}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \dots \dots \dots (\textit{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{36} = \mathbf{0.028}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \dots \dots \dots (\textit{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{180}{180 + 36} * 100\% = \mathbf{83.33\%}$$

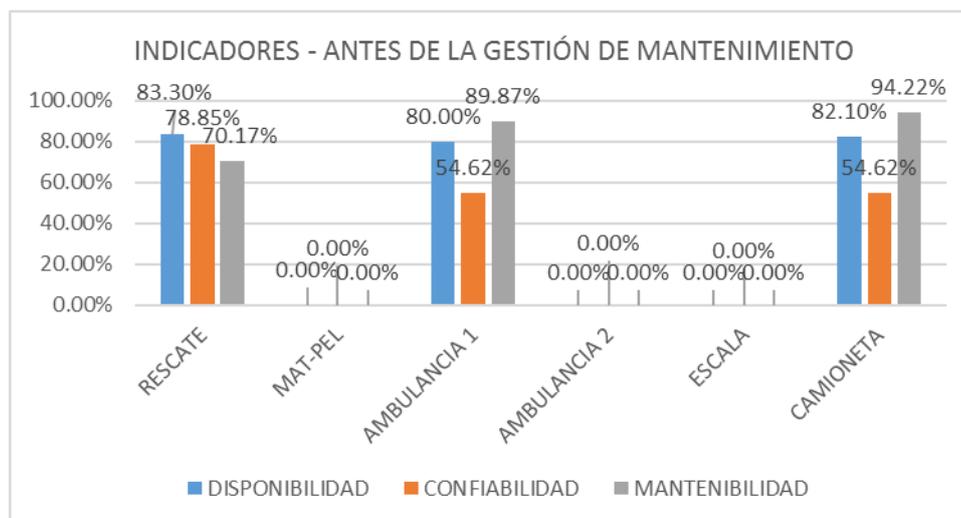
Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda t}{100}} \right) * 100\% \dots \dots \dots (\textit{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.005 * 4320}{100}} \right) * 100\% = \mathbf{78.85\%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu t}{100}} \right) * 100\% \dots \dots \dots (\textit{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.028 * 4320}{100}} \right) * 100\% = \mathbf{70.17\%}$$

En la Grafica N° 1, se representa los indicadores de mantenimiento en el semestre abril-setiembre 2019, antes de la elaboración del plan de mantenimiento.



Gráfica N°1. Indicador de gestión de mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2. Formato para la implementación del sistema de mantenimiento

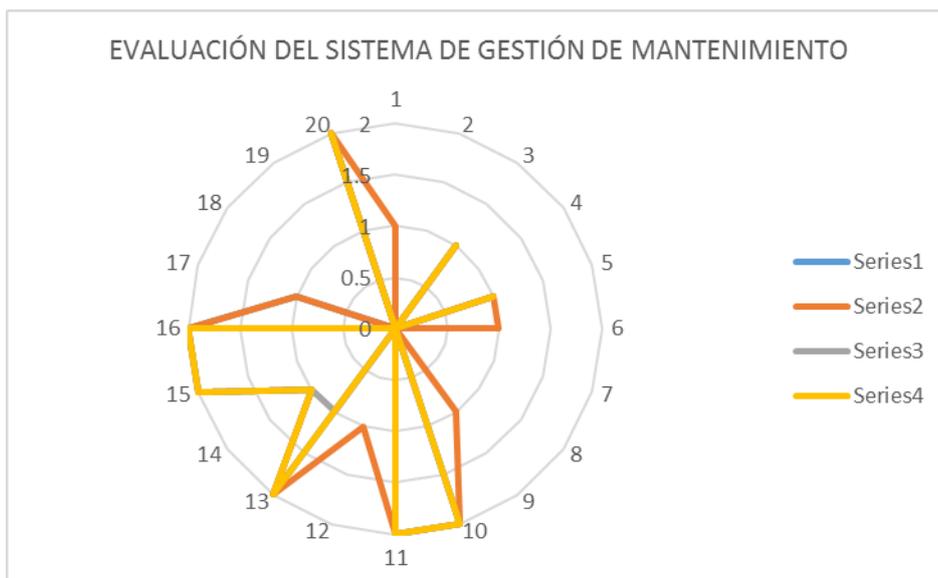
El siguiente formato, tabla N°10, sirve para evaluar la actual gestión de mantenimiento, el cual, consta de 20 preguntas, con una puntuación mínima de 0 y una puntuación máxima de 2. El resultado máximo obtenido será de 40 puntos.

Los entrevistados fueron: Jefe Comandante Teniente Brigadier (Anexo N°22), Jefe de Operaciones (Anexo N°23), Bombero Voluntario (Anexo N°24) y Capitán (Anexo N°25), encargados directamente con el área de mantenimiento en la compañía de bomberos. Los resultados de las entrevistas de cada uno son expuestos en los anexos que se indican al costado de cada nombre. En la Grafica N°2, mostramos un diagrama radial donde se compara las distintas respuestas que tuvieron las personas encuestadas. Las gráficas se sobreponen porque las 4 personas concuerdan en la mayoría de sus respuestas. Figuran las 20 preguntas, con los criterios y puntajes de la evaluación.

A través de la encuesta para la implementación del sistema de mantenimiento, se obtuvo un puntaje promedio de 16, este se divide entre el puntaje máximo (40) y multiplicamos por 100 para obtener como resultado 40% (una regla de 3 simple), el cual, comparamos en la Tabla N°11, para poder establecer el estado del sistema de mantenimiento, indicando que tiene un sistema muy deficiente.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO					
EMPRESA : COMPAÑÍA DE BOMBEROS DE TRUJILLO N° 26				ÁREA:	MANTENIMIENTO
RESPONSABLES: Cabrera, Canales, Rodríguez, Chicoma				FECHA:	
ÍTEM	PREGUNTAS	PUNTAJES DE EVALUACIÓN			Puntaje Promedio de ÍTEM
		0	1	2	
1	¿Cuenta con algún conocimiento básico sobre mantenimiento a unidades vehiculares?	No	Regular	Sí	0
2	¿En qué estado cree Ud., que se encuentran los vehículos de la compañía?	Malo	Regular	Bueno	0
3	La compañía, ¿cuenta con unidades disponibles para atender diferentes emergencias?	No	A veces	Sí	1
4	¿Existe un plan de gestión de mantenimiento dentro de la compañía?	No	No sé	Sí	0
5	¿Quién realiza las reparaciones de las unidades vehiculares?	Personal no calificado	Personal empírico	Personal calificado	1
6	La compañía, ¿cuenta con herramientas, repuestos en stock, materiales necesarios para realizar reparaciones?	No	A veces	Sí	0
7	¿Existe un inventario de herramientas y repuestos?	No	A veces	Sí	0
8	¿Existen capacitaciones para realizar mantenimiento a los vehículos?	No	A veces	Sí	0
9	¿Se planifica los mantenimientos para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	0
10	¿Cree Ud. que la compañía de bomberos realizaría un mejor trabajo si contara con las unidades vehiculares disponibles?	No	A veces	Sí	2
11	¿Cree Ud. que es de mucha importancia contar con un plan de mantenimiento para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	2
12	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con registros, documentos, sobre reparaciones o mantenimientos realizados a los vehículos?	No	A veces	Sí	0
13	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con algún documento estadístico sobre llamadas de emergencia atendidas y no atendidas?	No	No sé	Sí	2
14	La compañía de bomberos, ¿Cuenta con presupuesto mensual del estado?	No	A veces	Sí	1
15	¿Cree Ud. que la compañía necesita un plan de mantenimiento para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	2
16	La compañía de bomberos. ¿Está presta a recibir propuestas de mejora?	No	A veces	Sí	2
17	¿Existe un organigrama en la compañía de bomberos?	No	Algunos	Sí	1
18	¿Se analizan las posibles fallas y sus efectos?	No	A veces	Sí	0
19	¿Se realizan los reportes e informes de las intervenciones mecánicas?	No	A veces	Sí	0
20	Ud. Cree, ¿Qué los informes aporten información útil para la toma de decisiones?	No	A veces	Sí	2
<b>Total de puntuación:</b>					<b>16</b>

Tabla N°10. Evaluación del sistema de gestión de mantenimiento  
Fuente. Elaboración propia. Entrevista a bomberos voluntarios.



Grafica N°2. Diagrama radial de evaluación del mantenimiento actual  
Fuente. Elaboración propia.

VALORES DE REFERENCIA PARA LOS ÍNDICES DE CONFORMIDAD	
ÍNDICE DE CONFORMIDAD (%)	ESTADO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
<41	Sistema muy deficiente
41 - 60	Sistema deficiente, pero mejorable
61 - 75	Sistema bueno
76 - 85	Sistema muy bueno
>85	Sistema excelente

Tabla N°11. Índice de conformidad.

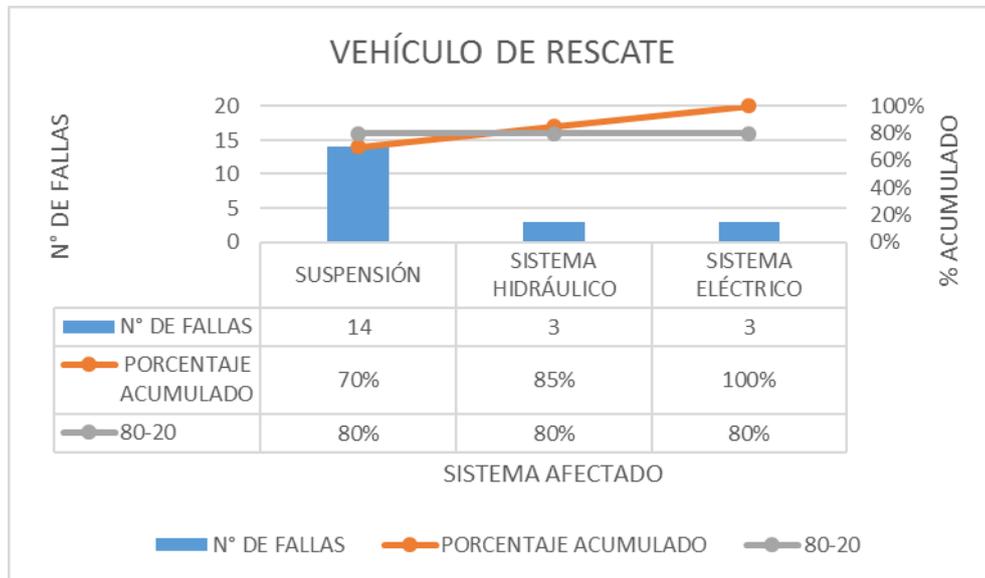
Fuente. (Silva Ardilla, y otros, 2009)

### 3.2. Diagrama de Pareto de fallas y sistemas de las unidades vehiculares

La compañía de bomberos, como ya se mencionó, no cuenta con ningún tipo de control sobre sus fallas, sus tiempos de fallas y tiempos de reparaciones; el tiempo de reparación, dependiendo de su gravedad o complejidad de la falla, está dado en un promedio mínimo de 48 horas, debido a que las reparaciones se realizan en talleres externos. Estos tiempos pueden variar porque están sujetos al presupuesto de la compañía de bomberos, según el Jefe de Operaciones Departamental.

### 3.2.1. Diagrama de Pareto vehículo de Rescate

El Gráfico N°3, pertenece al vehículo de RESCATE. Se detalla el número de fallas y el porcentaje de acumulación de fallas; en el cual, se puede observar que el 80% de fallas se encuentra en el sistema de suspensión, lo identificamos por la separación de la línea ploma.



Gráfica N°3. Diagrama de Pareto. Vehículo de Rescate.

Fuente. Elaboración propia.

VEHÍCULOS	TIEMPO DE FALLA (HRS)	N° DE FALLAS	DETALLE DE LA REPARACIÓN	SISTEMA O COMPONENTE AFECTADO
RESCATE	84	3	Cambio de amortiguadores delanteros	SUSPENSIÓN
RESCATE	84	4	Mantenimiento de rótulas	SUSPENSIÓN
RESCATE	84	3	Cambio de tensadores	SUSPENSIÓN
RESCATE	81	4	Cambio de fuelles neumáticos	SUSPENSIÓN
RESCATE	76	1	Cambio de cámara de válvula	SISTEMA HIDRÁULICO
RESCATE	72	1	Desmontaje, reparación y mantenimiento de motor hidráulico	SISTEMA HIDRÁULICO
RESCATE	65	1	Cambio de válvula de agua	SISTEMA HIDRÁULICO
RESCATE	60	1	Mantenimiento de batería	SISTEMA ELÉCTRICO
RESCATE	60	1	Mantenimiento al sistema de carga eléctrica	SISTEMA ELÉCTRICO
RESCATE	54	1	Mantenimiento de sistema de arranque	SISTEMA ELÉCTRICO
<b>TOTAL</b>	<b>720</b>	<b>20</b>		

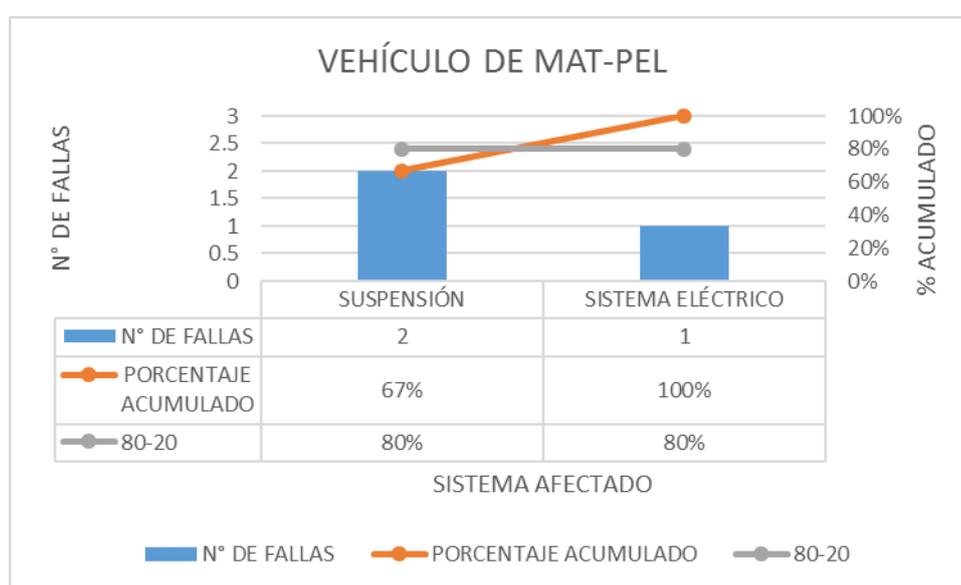
Tabla N°12. Fallas en los sistemas del vehículo de Rescate.

Fuente. Entrevista al jefe de operaciones.

### 3.2.2. Diagrama de Pareto vehículo de MAT-PEL (Materiales Peligrosos)

El vehículo MAT-PEL presenta un tiempo de falla de 4320 horas, debido a que se encuentra fuera de servicio, esperando la adquisición de repuestos para su sistema de suspensión. En dicho tiempo se realizó un mantenimiento en su sistema eléctrico.

El Gráfico N°4, pertenece al vehículo MAT-PEL. Se detalla el número de fallas y el porcentaje de acumulación de fallas; en el cual, se puede observar que el 80% de fallas se encuentra en el sistema de suspensión. Cabe recalcar que el vehículo ha estado fuera de servicio más de 10 meses por esta falla.



Gráfica N°4. Diagrama de Pareto. Vehículo de MAT-PEL.  
Fuente. Elaboración propia.

VEHÍCULOS	TIEMPO DE FALLA (HRS)	N° DE FALLAS	DETALLE DE LA REPARACIÓN	SISTEMA O COMPONENTE AFECTADO
MAT-PEL	2000	1	Desmontaje amortiguadores	SISTEMA DE SUSPENSIÓN
MAT-PEL	2000	1	Desmontaje de fuelle de suspensión neumática	SISTEMA DE SUSPENSIÓN
MAT-PEL	320	1	Mantenimiento eléctrico	SISTEMA ELÉCTRICO
<b>TOTAL</b>	<b>4320</b>	<b>3</b>		

Tabla N°14. Fallas en los sistemas del vehículo de MAT-PEL.  
Fuente. Entrevista al jefe de operaciones.

### 3.2.3. Diagrama de Pareto vehículo – Ambulancia 1

El Gráfico N°5, pertenece al vehículo AMBULANCIA 1. Se detalla el número de fallas y el porcentaje de acumulación de fallas; en el cual, se puede observar que el 80% de fallas se encuentra en el sistema eléctrico.

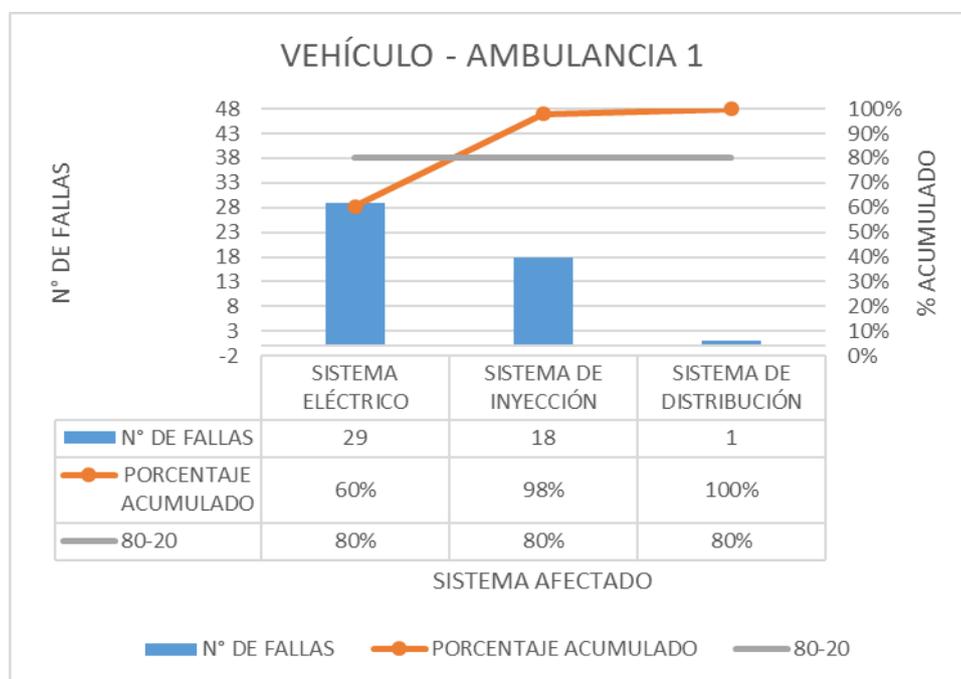


Gráfico N°5. Diagrama de Pareto. Vehículo de ambulancia N°1

Fuente. Elaboración propia.

VEHÍCULOS	TIEMPO DE FALLA (HRS)	N° DE FALLAS	DETALLE DE LA REPARACIÓN	SISTEMA O COMPONENTE AFECTADO
AMBULANCIA 1	264	11	Mantenimiento del sistema de arranque	SISTEMA ELÉCTRICO
AMBULANCIA 1	144	9	Cambio de solenoide de arrancador	SISTEMA ELÉCTRICO
AMBULANCIA 1	72	4	Reparación de sistema de carga	SISTEMA ELÉCTRICO
AMBULANCIA 1	72	5	Cambio de batería	SISTEMA ELÉCTRICO
AMBULANCIA 1	96	7	Mantenimiento de inyectores	SISTEMA DE INYECCIÓN
AMBULANCIA 1	96	1	Mantenimiento bomba de inyectores	SISTEMA DE INYECCIÓN
AMBULANCIA 1	48	1	Revisión de inyectores	SISTEMA DE INYECCIÓN
AMBULANCIA 1	24	9	Cambio de mangueras de combustible	SISTEMA DE INYECCIÓN
AMBULANCIA 1	48	1	Cambio de faja de distribución	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
<b>TOTAL</b>	<b>864</b>	<b>48</b>		

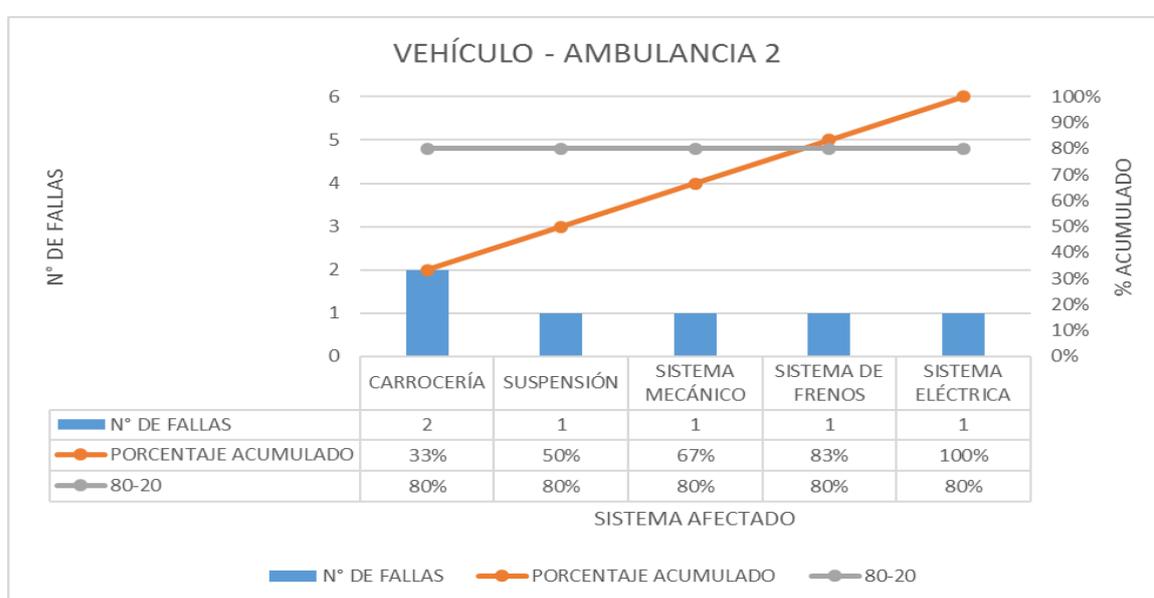
Tabla N°15. Fallas en los sistemas del vehículo de ambulancia N°1

Fuente. Entrevista al jefe de operaciones.

### 3.2.4. Diagrama de Pareto vehículo – Ambulancia 2

La Ambulancia N°2, al igual que el vehículo MAT-PEL, se encuentra fuera de servicio debido a problemas en el motor, suspensión y carrocería, está a la espera de mantenimiento correctivo.

El Gráfico N°6, pertenece al vehículo AMBULANCIA 2. Se detalla el número de fallas y el porcentaje de acumulación de fallas; en el cual, se puede observar que el 80% de fallas se encuentran en la carrocería, sistema de suspensión y sistema mecánico. Cabe recalcar que el vehículo ha estado fuera de servicio más de 10 meses por estas fallas.



Gráfica N°6. Diagrama de Pareto. Vehículo de ambulancia N°2.  
Fuente. Elaboración propia.

VEHÍCULOS	TIEMPO DE FALLA (HRS)	N° DE FALLAS	DETALLE DE LA REPARACIÓN	SISTEMA O COMPONENTE AFECTADO
AMBULANCIA 2	2160	1	Desmontaje y reparación sistema de suspensión	SUSPENSIÓN
AMBULANCIA 2	500	1	Desmontaje y reparación de motor	SISTEMA MECÁNICO
AMBULANCIA 2	500	1	Cambio de pedales, pastillas, discos.	SISTEMA DE FRENOS
AMBULANCIA 2	340	1	Desmontaje y reparación de puertas laterales	CARROCERÍA
AMBULANCIA 2	340	1	Desmontaje y reparación de puertas traseras	CARROCERÍA
AMBULANCIA 2	480	1	Mantenimiento de sistema eléctrico	SISTEMA ELÉCTRICO
<b>TOTAL</b>	<b>4320</b>	<b>6</b>		

Tabla N°16. Fallas en los sistemas del vehículo ambulancia N°2  
Fuente. Entrevista al jefe de operaciones.

### 3.2.5. Diagrama de Pareto vehículo – Escala

El vehículo ESCALA, presenta fallas en el sistema mecánico de su escalera telescópica, su función principal tiene que ver con el desplazamiento de la escalera, al estar averiada, se considera un vehículo no disponible; en este lapso de tiempo se realizaron mantenimientos correctivos y preventivos. Al igual que otros vehículos, está a la espera del mantenimiento correctivo de su sistema principal. El Gráfico N°7, pertenece al vehículo ESCALA. Se detalla el número de fallas y el porcentaje de acumulación de fallas; en el cual, se puede observar que el 80% de fallas se encuentran en el sistema de la escalera telescópica y sistema hidráulico. Cabe recalcar que el vehículo ha estado fuera de servicio más de 12 meses por estas fallas.

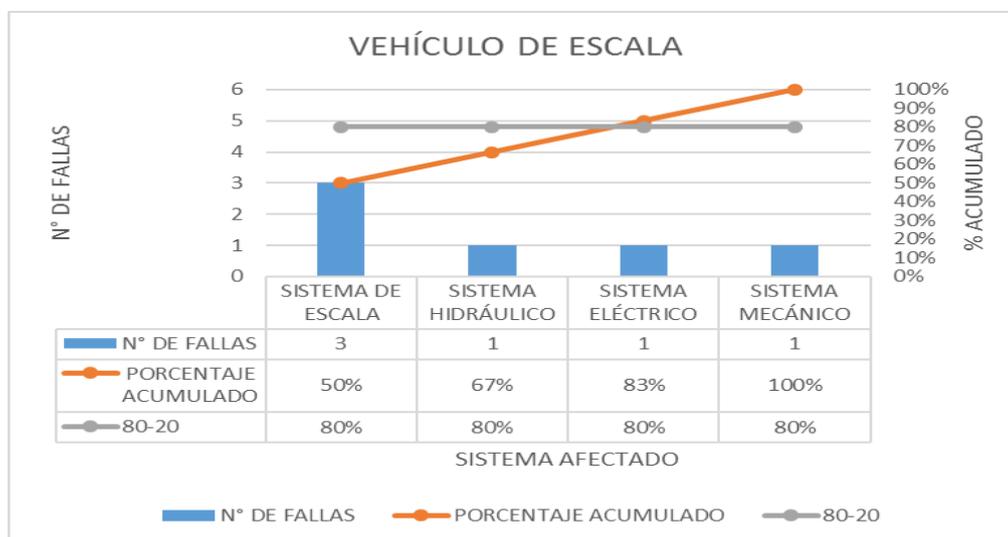


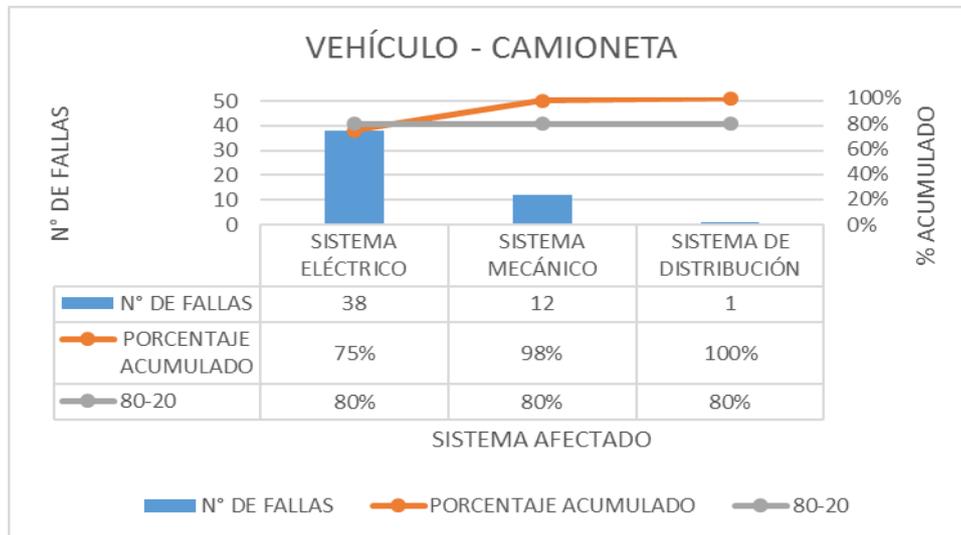
Gráfico N°7. Diagrama de Pareto. Vehículo de escala.  
Fuente. Elaboración propia.

VEHÍCULOS	TIEMPO DE FALLA (HRS)	N° DE FALLAS	DETALLE DE LA REPARACIÓN	SISTEMA O COMPONENTE AFECTADO
ESCALA	1660	1	Desmontaje de poleas	SISTEMA DE ESCALA
ESCALA	500	1	Cambio de palanca	SISTEMA DE ESCALA
ESCALA	500	1	Cambio de tirantes	SISTEMA DE ESCALA
ESCALA	500	1	Mantenimiento a mangueras hidráulicas	SISTEMA HIDRÁULICO
ESCALA	580	1	Mantenimiento de sistema eléctrico	SISTEMA ELÉCTRICO
ESCALA	580	1	Mantenimiento mecánico	SISTEMA MECÁNICO
<b>TOTAL</b>	4320	6		

Tabla N°17. Fallas en los sistemas del vehículo de escala.  
Fuente. Entrevista al jefe de operaciones.

### 3.2.6. Diagrama de Pareto vehículo – Camioneta

El Gráfico N°8, pertenece al vehículo Camioneta. Se detalla el número de fallas y el porcentaje de acumulación de fallas; en el cual, se puede observar que el 80% de fallas se encuentra en el sistema eléctrico.



Gráfica N°8. Diagrama de Pareto. Vehículo, camioneta.  
Fuente. Elaboración propia.

VEHÍCULOS	TIEMPO DE FALLA (HRS)	N° DE FALLAS	DETALLE DE LA REPARACIÓN	SISTEMA O COMPONENTE AFECTADO
CAMIONETA	226	16	Sistema de arranque	SISTEMA ELÉCTRICO
CAMIONETA	96	8	Reparación de arrancador	SISTEMA ELÉCTRICO
CAMIONETA	72	4	Mantenimiento sistema de carga	SISTEMA ELÉCTRICO
CAMIONETA	72	8	Cambio de batería	SISTEMA ELÉCTRICO
CAMIONETA	44	2	Mantenimiento de bujías	SISTEMA ELÉCTRICO
CAMIONETA	72	4	Cambio de pastillas en freno	SISTEMA MECÁNICO
CAMIONETA	72	3	Cambo de rótulas y terminales en dirección	SISTEMA MECÁNICO
CAMIONETA	48	2	Revisión de sistema de dirección	SISTEMA MECÁNICO
CAMIONETA	48	3	Desmontaje y revisión de discos de frenos	SISTEMA MECÁNICO
CAMIONETA	24	1	Cambio de cadena de distribución	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
<b>TOTAL</b>	<b>774</b>	<b>51</b>		

Tabla N°18. Fallas en los sistemas del vehículo, camioneta.  
Fuente. Entrevista al jefe de operaciones.

### 3.3. Análisis de criticidad de los sistemas en las unidades vehiculares de la compañía de bomberos.

El nivel de criticidad de los sistemas en los vehículos de la compañía de bomberos, se obtiene al aplicar la ecuación N°1; la cual, nos indica que el nivel de criticidad es igual al producto de la frecuencia de falla y la consecuencia, donde la consecuencia está dada por la ecuación N°2. Los criterios de análisis tomados para las ecuaciones, se encuentran en la Tabla N°1 (FF), Tabla N°2 (IO), Tabla N°3 (CM), Tabla N°4 (ISA) y Tabla N°5 (FO). El criterio a considerar el nivel de criticidad se detalla en la Figura N°1 (Matriz de criticidad).

#### 3.3.1. Análisis de criticidad de los sistemas del vehículo de RESCATE

En la tabla N°19, se evalúa los niveles de criticidad de los sistemas de la unidad vehicular de RESCATE, se observa que en nivel crítico está el sistema de suspensión; semi-crítico, el sistema hidráulico y no crítico, el sistema eléctrico. En el anexo N°27 realizamos la operación matemática.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS EN EL VEHÍCULO RESCATE						
SISTEMAS	IMP. OP.	FLEX. OP.	IMP. S.M.A.	COSTO	FRECUENCIA DE FALLA	NIVEL DE CRITICIDAD
Suspensión	10	4	8	2	3	150
Hidráulico	10	3	8	1	2	78
Eléctrico	4	2	2	1	2	22

Tabla N°19: Análisis de criticidad, vehículo de RESCATE

Fuente: Elaboración propia

#### 3.3.2. Análisis de criticidad de los sistemas del vehículo MAT-PEL (Materiales Peligrosos)

En la tabla N°20, se evalúa los niveles de criticidad de los sistemas de la unidad vehicular MAT-PEL, se observa que en nivel crítico está el sistema de suspensión y el sistema eléctrico se encuentra en un nivel no crítico. En el anexo N°28 realizamos la operación matemática.

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS EN EL VEHÍCULO MAT-PEL</b>						
<b>SISTEMAS</b>	<b>IMP. OP.</b>	<b>FLEX. OP.</b>	<b>IMP. S.M.A.</b>	<b>COSTO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLA</b>	<b>NIVEL DE CRITICIDAD</b>
Suspensión	10	4	8	2	4	200
Eléctrico	2	2	1	1	2	12

Tabla N°20: Análisis de criticidad, vehículo de MAT-PEL  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3. Análisis de criticidad de los sistemas del vehículo AMBULANCIA 1

En la tabla N°21, se evalúa los niveles de criticidad de los sistemas de la unidad vehicular AMBULANCIA 1, se observa que en nivel semi-crítico está el sistema de inyección; mientras que, los sistemas de transmisión y eléctrico se encuentran en nivel no crítico, debido a que dicho vehículo es relativamente nuevo. En el anexo N°29 realizamos la operación matemática.

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS EN EL VEHÍCULO AMBULANCIA 1</b>						
<b>SISTEMAS</b>	<b>IMP. OP.</b>	<b>FLEX. OP.</b>	<b>IMP. S.M.A.</b>	<b>COSTO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLA</b>	<b>NIVEL DE CRITICIDAD</b>
Eléctrico	3	2	1	2	4	36
Inyección	4	4	1	2	4	76
Transmisión	4	2	2	1	2	22

Tabla N°21: Análisis de criticidad, vehículo de AMBULANCIA 1  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4 Análisis de criticidad de los sistemas del vehículo ESCALA

En la tabla N°22, se evalúa los niveles de criticidad de los sistemas de la unidad vehicular ESCALA, se observa que los sistemas en estado crítico son el sistema de escala (escalera telescópica) e hidráulico, el sistema eléctrico y mecánico se encuentran en nivel no crítico y nivel semi-crítico, respectivamente. En el anexo N°30 realizamos la operación matemática.

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS EN EL VEHÍCULO ESCALA</b>						
<b>SISTEMAS</b>	<b>IMP. OP.</b>	<b>FLEX. OP.</b>	<b>IMP. S.M.A.</b>	<b>COSTO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>NIVEL DE CRITICIDAD</b>
Escala	10	4	8	2	4	200
Eléctrico	3	3	1	1	2	22
Mecánico	10	4	3	1	1	44
Hidráulico	10	4	8	1	2	98

Tabla N°22: Análisis de criticidad, vehículo de ESCALA

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.5 Análisis de criticidad de los sistemas del vehículo AMBULANCIA 2

En la tabla N°23, se evalúa los niveles de criticidad de los sistemas de la unidad vehicular AMBULANCIA 2, se observa que los sistemas en estado crítico son el sistema suspensión, sistema mecánico y la carrocería de la ambulancia (puertas traseras), con nivel no crítico se encuentra el sistema de frenos y nivel semi-crítico tiene el sistema eléctrico. En el anexo N°31 realizamos la operación matemática.

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS EN EL VEHÍCULO AMBULANCIA 2</b>						
<b>SISTEMAS</b>	<b>IMP. OP.</b>	<b>FLEX. OP.</b>	<b>IMP. S.M.A.</b>	<b>COSTO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>NIVEL DE CRITICIDAD</b>
Suspensión	10	4	8	2	4	200
Mecánico	10	4	3	2	4	180
Carrocería	10	4	8	1	4	196
Frenos	10	1	8	1	1	18
Eléctrico	4	3	3	1	2	32

Tabla N°23: Análisis de criticidad, vehículo de AMBULANCIA 2

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.6 Análisis de criticidad de los sistemas del vehículo CAMIONETA

En la tabla N°24, se evalúa los niveles de criticidad de los sistemas de la unidad vehicular CAMIONETA, se observa que el sistema en estado crítico es el sistema eléctrico y en un nivel semi-crítico se encuentra el sistema mecánico; finalmente, el sistema de distribución se encuentra en un nivel no crítico. En el anexo N°32 realizamos la operación matemática.

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS EN EL VEHÍCULO CAMIONETA</b>						
<b>SISTEMAS</b>	<b>IMP. OP.</b>	<b>FLEX. OP.</b>	<b>IMP. S.M.A.</b>	<b>COSTO</b>	<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>	<b>NIVEL DE CRITICIDAD</b>
Eléctrico	10	4	8	2	3	150
Mecánico	10	3	8	1	2	78
Distribución	10	1	3	1	2	28

Tabla N°24: Análisis de criticidad vehículo de CAMIONETA

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Realización de AMEF en los sistemas de los vehículos de la compañía de bomberos de Trujillo

Los criterios a considerar para la severidad(S), ocurrencia(O) y detección(D), se encuentran en los anexos N°3, N°4 y N°5, respectivamente. El índice de prioridad de riesgo(IPR), se obtiene aplicando la ecuación N°12. Los criterios para establecer el IPR, se encuentran en anexo N°6.

#### 3.4.1. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema de Suspensión – Vehículo RESCATE. (Ver vehículo en anexo N°16)

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
Vehículo:	RESCATE		Modelo:	EURO CARGO FF160E30		Sistema:	SUSPENSIÓN			
Marca:	IVECO MAGIRUS		Tipo:	CAMIÓN		Año de vehículo:	2014			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Suspensión neumática.	Se encarga de mantener las ruedas en constante contacto con el suelo, reduce los golpes ocasionados por las ruedas durante el desplazamiento del vehículo.	Amortiguador averiado.	El vehículo se inclina hacia un lado.	9	Por el peso del vehículo, que desgasta con el tiempo los amortiguadores.	9	Visual.	2	162	INMEDIATO
			Muelleo constante.	8	Por las irregularidades del terreno.	9	Durante el funcionamiento del vehículo.	2	144	INMEDIATO
		Rótulas desgastadas.	Chirridos en la suspensión.	5	Falta de lubricación.	9	Durante el funcionamiento del vehículo y en su desmontaje.	4	180	INMEDIATO
		Barras tensoras dobladas levemente.	El eje de dirección, no mantiene la dirección correcta del vehículo.	7	Fuerte impacto en la suspensión.	3	Durante el funcionamiento del vehículo.	2	42	NORMAL
		Fuelles dañados.	El vehículo pierde amortiguación	9	Desgaste o resequead por el uso.	3	Durante el funcionamiento del vehículo y desmontaje.	6	162	INMEDIATO

Tabla N° 25. Análisis del sistema de suspensión. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	RESCATE	<b>Modelo:</b>	EURO CARGO FF160E30			<b>Sistema:</b>	SUSPENSIÓN
<b>Marca:</b>	IVECO MAGIRUS	<b>Tipo:</b>	CAMIÓN			<b>Año de vehículo:</b>	2014
Acciones recomendadas		Evaluación nueva					
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Reemplazo de amortiguadores.	2	3	4	24	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazo de amortiguadores.	2	3	4	24	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Lubricación de rotulas.	2	5	4	40	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Reemplazar los tensores doblados.	1	3	2	6	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar fuelles.	2	3	2	12	NORMAL	Técnico mecánico.

Tabla N°26: Análisis del sistema de suspensión. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Hidráulico – Vehículo RESCATE

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
Vehículo:	RESCATE		Modelo:	EURO CARGO FF160E30		Sistema:	HIDRÁULICO			
Marca:	IVECO MAGIRUS		Tipo:	CAMIÓN		Año de vehículo:	2014			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Bomba de agua NH25.	Bombear agua de la cisterna del vehículo o de los surtidores de las calles, desde 10 bar hasta 40 bar.	Fuga de agua.	Filtraciones de agua.	6	Cámara de la válvula presenta rajaduras.	3	Se inspecciona al desmontar.	7	126	ALARMANTE
		Bomba envía menos carga de galones por minuto.	Disminuyen RPM del motor hidráulico.	9	Elementos de motor averiados.	3	Desmontaje y reparación o reemplazo.	4	108	CRÍTICO
			Reducción de canal de envío, vibraciones en la succión.	9	Rótura en válvula de agua.	3	Desmontaje e inspección.	7	189	INMEDIATO
		Bomba no expulsa el agua.	No se transmite el motor hidráulico hacia la bomba de agua.	10	Motor hidráulico averiado.	9	Desmontaje y reparación o reemplazo.	3	270	INMEDIATO

Tabla N° 27: Análisis del sistema hidráulico (bomba de agua). Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	RESCATE	<b>Modelo:</b>	EURO CARGO FF160E30			<b>Sistema:</b>	HIDRÁULICO
<b>Marca:</b>	IVECO MAGIRUS	<b>Tipo:</b>	CAMIÓN			<b>Año de vehículo:</b>	2014
Acciones recomendadas		Evaluación nueva					
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Cambiar cámara de válvula.	1	3	4	12	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Mediar caudal y comparar.	1	3	5	15	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Cambiar válvula de agua.	1	3	6	18	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Medir caudal de expulsión.	1	3	4	12	NORMAL	Técnico mecánico.

Tabla N° 28: Análisis del sistema hidráulico (bomba de agua). Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3. Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF). Sistema Eléctrico – Vehículo RESCATE

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	RESCATE		<b>Modelo:</b>	EURO CARGO FF160E30		<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO			
<b>Marca:</b>	IVECO MAGIRUS		<b>Tipo:</b>	CAMIÓN		<b>Año de vehículo:</b>	2014			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Batería.	Entregar energía al motor de arranque y suministrar energía cuando el vehículo está detenido.	Batería fuera de servicio.	Sistema de carga deficiente.	9	Tiempo de uso y falta de mantenimiento.	6	Inspección.	4	216	INMEDIATO
Sistema de arranque.	Entregar los primeros giros al motor de combustión.	Arrancador averiado.	Vehículo no enciende.	10	Carbones desgastados por el uso.	3	Desmontaje e inspección.	3	90	PREOCUPANTE
				10	Desgaste de bocina posterior del arrancador.	3	Desmontaje e inspección.	3	90	PREOCUPANTE
Sistema de carga.	Mantener la batería constantemente cargada.	Batería descargada.	Alternador averiado.	8	Desgaste en los carbones y anillos colectores por el tiempo de uso.	3	Desmontaje e inspección.	3	72	PREOCUPANTE
			Correa defectuosa.	10	Fisuras debido al uso.	3	Inspección.	4	120	ALARMANTE

Tabla N° 29: Análisis del sistema eléctrico. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	RESCATE	<b>Modelo:</b>	EURO CARGO FF160E30			<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO
<b>Marca:</b>	IVECO MAGIRUS	<b>Tipo:</b>	CAMIÓN			<b>Año de vehículo:</b>	2014
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento preventivo.	Inspección y mantenimiento básico.	9	3	1	27	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Cambio de carbones de arrancador.	9	3	2	54	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Cambio de bocina posterior del arrancador.	9	3	2	54	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Cambio de carbones y limpieza en anillos colectores.	8	2	2	32	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Cambio de correa de alternador.	10	3	2	60	NORMAL	Técnico Electricista.

Tabla N° 30: Análisis del sistema eléctrico. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

**3.4.4. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema de Suspensión – Vehículo MAT-PEL (Materiales Peligrosos). (Ver anexo N°17)**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
Vehículo:	MAT-PEL		Modelo:	EURO CARGO FF160E30		Sistema:	SUSPENSIÓN			
Marca:	IVECO MAGIRUS		Tipo:	CAMIÓN		Año de vehículo:	2014			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Suspensión neumática.	Se encarga de mantener las ruedas en constante contacto con el suelo, reduce los golpes ocasionados por las ruedas durante el desplazamiento del vehículo.	Amortiguador averiado.	El vehículo se inclina hacia un lado.	9	Por el peso del vehículo, que desgasta con el tiempo los amortiguadores.	9	Visual.	2	162	INMEDIATO
			Muelle constante.	8	Por las irregularidades del terreno.	9	Durante el funcionamiento del vehículo.	2	144	INMEDIATO
		Rótulas desgastadas.	Chirridos en la suspensión.	5	Falta de lubricación.	9	Durante el funcionamiento del vehículo y en su desmontaje.	4	180	INMEDIATO
		Barras tensoras dobladas levemente.	El eje de dirección, no mantiene la dirección correcta del vehículo.	7	Fuerte impacto en la suspensión.	3	Durante el funcionamiento del vehículo.	2	42	NORMAL
		Fuelles dañados.	El vehículo pierde amortiguación.	9	Desgaste o resequeadad por el uso.	3	Durante el funcionamiento del vehículo y desmontaje.	6	162	INMEDIATO

Tabla N° 31: Análisis del sistema de suspensión. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	MAT-PEL	<b>Modelo:</b>	EURO CARGO FF160E30			<b>Sistema:</b>	SUSPENSIÓN
<b>Marca:</b>	IVECO MAGIRUS	<b>Tipo:</b>	CAMIÓN			<b>Año de vehículo:</b>	2014
Acciones recomendadas		Evaluación nueva					
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Reemplazo de amortiguadores.	2	3	4	24	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazo de amortiguadores.	2	3	4	24	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Lubricación de rotulas.	2	5	4	40	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Reemplazar los tensores doblados.	1	3	2	6	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar fuelles.	2	3	2	12	NORMAL	Técnico mecánico.

Tabla N° 32: Análisis del sistema de suspensión. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.5. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Eléctrico – Vehículo MAT-PEL (Materiales Peligrosos)

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	MAT-PEL		<b>Modelo:</b>	EURO CARGO FF160E30		<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO			
<b>Marca:</b>	IVECO MAGIRUS		<b>Tipo:</b>	CAMIÓN		<b>Año de vehículo:</b>	2014			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Sistema de carga.	Mantener la batería constantemente cargada.	Sistema de carga defectuoso.	Alternador averiado.	8	Desgaste en los carbones y anillos colectores por el tiempo de uso.	3	Desmontaje e inspección.	5	120	ALARMANTE
Sistema de arranque.	Entregar los primeros giros al motor de combustión.	Arrancador averiado.	Vehículo no enciende.	9	Carbones desgastados por el uso.	5	Desmontaje e inspección.	3	135	ALARMANTE
				9	Bocinas desgastadas por el uso.	4	Desmontaje e inspección.	3	108	CRÍTICO

Tabla N° 33: Análisis del sistema eléctrico. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	MAT-PEL	<b>Modelo:</b>	EURO CARGO FF160E30			<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO
<b>Marca:</b>	IVECO MAGIRUS	<b>Tipo:</b>	CAMIÓN			<b>Año de vehículo:</b>	2014
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento preventivo.	Cambio de carbones y limpieza en anillos colectores.	8	2	3	48	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Mantenimiento o cambio de carbones.	9	3	3	81	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Cambio de bocinas posteriores e inferiores.	9	3	3	81	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.

Tabla N° 34: Análisis del sistema eléctrica. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

**3.4.6. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Eléctrico – Vehículo AMBULANCIA 1. (Ver vehículo en anexo N°18)**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 1		<b>Modelo:</b>	CRAFTER		<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO			
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN		<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2012			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Sistema de arranque.	Entregar los primeros giros al motor de combustión.	Arrancador averiado.	Vehículo no enciende.	9	Carbones desgastados por el uso.	5	Desmontaje e inspección.	3	135	ALARMANTE
				9	Bocinas desgastadas por el uso.	4	Desmontaje e inspección.	3	108	CRÍTICO
Solenoide.	Impulsa un movimiento en el arrancador que hace girar al motor.	Solenoide averiado.	Vehículo no arranca.	10	Bobina sobrecalentada.	6	Pruebas en el vehículo.	9	540	INMEDIATO
Sistema de carga.	Mantener la batería constantemente cargada.	Sistema de carga defectuoso.	Alternador averiado.	8	Desgaste en los carbones y anillos colectores por el tiempo de uso.	3	Desmontaje e inspección.	5	120	ALARMANTE
Batería 24v.	Suministrar energía al vehículo.	Batería averiada.	Sistema de carga inoperativo.	9	Falta de mantenimiento o averiado por uso.	3	Inspección.	4	108	CRÍTICO

Tabla N° 35: Análisis del sistema eléctrico. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 1	<b>Modelo:</b>	CRAFTER			<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN	<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL			<b>Año de vehículo:</b>	2012
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento preventivo.	Mantenimiento o cambio de carbones.	9	3	3	81	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Cambio de bocinas posteriores e inferiores.	9	3	3	81	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazo de solenoide de arranque.	10	3	2	60	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Cambio de carbones y limpieza en anillos colectores.	8	2	3	48	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Reemplazo de batería.	9	3	2	54	NORMAL	Técnico Electricista.

Tabla N° 36: Análisis del sistema eléctrico. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.7. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Inyección – Vehículo AMBULANCIA 1

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 1		<b>Modelo:</b>	CRAFTER		<b>Sistemas:</b>	INYECCIÓN			
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN		<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2012			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Inyector.	Suministra cierta cantidad de combustible de forma pulverizada dentro de la cámara de combustión.	Inyectores sucios.	Problemas en el arranque.	9	Bloqueo en la aguja de inyección.	5	Cuando se desmontan.	3	135	ALARMANTE
			Consumo de combustible.	8	Chorro de combustible.	5	Cuando se desmontan.	4	160	INMEDIATO
			Pérdida de presión.	9	Suciedad en las toberas.	4	Cuando se desmontan.	7	252	INMEDIATO
Bomba de inyección.	Presuriza el combustible a una elevada presión.	Bomba mal regulada.	Motor no funciona.	10	Mal estado del filtro, deja pasar impurezas.	5	Cuando se desmontan.	7	350	INMEDIATO
Toberas.	Dosifica combustible al inyector.	Toberas desgastadas.	Vibraciones en el motor.	7	Falta de lubricación.	5	Cuando se desmontan.	4	140	ALARMANTE
Mangueras para combustible.	Transportar combustible durante la inyección.	Absorciones aire.	Vehículo no enciende.	10	Deterioro por el uso.	4	Inspección.	2	80	PREOCUPANTE

Tabla N° 37: Análisis del sistema de inyección. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 1	<b>Modelo:</b>	CRAFTER			<b>Sistema:</b>	INYECCIÓN
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN	<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL			<b>Año de vehículo:</b>	2012
Acciones recomendadas		Evaluación nueva					
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento preventivo.	Desmontaje y mantenimiento de inyectores.	9	3	3	81	PREOCUPANTE	Técnico Mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Desmontaje y mantenimiento de inyectores.	9	3	3	81	PREOCUPANTE	Técnico Mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Desmontaje y mantenimiento de inyectores.	9	3	3	81	PREOCUPANTE	Técnico Mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Cambio de filtro.	9	3	2	54	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Desmontaje y mantenimiento.	9	2	3	54	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazo de mangueras y abrazaderas.	9	3	1	27	NORMAL	Técnico Mecánico.

Tabla N° 38: Análisis del sistema de inyección. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.8. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema de Distribución – Vehículo AMBULANCIA 1

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 1		<b>Modelo:</b>	CRAFTER		<b>Sistemas:</b>	DISTRIBUCIÓN			
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN		<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2012			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Faja de distribución.	Realiza la sincronización para el ciclo de trabajo de cada cilindro en el motor.	Faja desgastada.	Vehículo no enciende.	10	Desgaste relacionado con el tiempo de uso.	3	Inspección visual	9	270	INMEDIATO

Tabla N° 39: Análisis del sistema de distribución. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 1	<b>Modelo:</b>	CRAFTER		<b>Sistema:</b>	INYECCIÓN	
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN	<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2012	
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Cambio de faja de distribución.	10	3	1	30	NORMAL	Técnico mecánico.

Tabla N° 40: Análisis del sistema de distribución. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

**3.4.9. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema de Suspensión – Vehículo AMBULANCIA 2.** (Ver vehículo en anexo N°19)

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 2		<b>Modelo:</b>	CRAFTER		<b>Sistema:</b>	SUSPENSIÓN			
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN		<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2012			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Amortiguadores	Controla los movimientos de los muelles y/o resortes, atenuando las irregularidades del terreno.	Derrame de aceite.	Golpea el chasis, carrocería y ocasiona otras fallas por esos golpes.	8	Por el peso del vehículo y las irregularidades del terreno.	8	Visual y durante el funcionamiento del vehículo.	4	256	INMEDIATO
Resorte.	Mantiene los neumáticos en contacto con el suelo mientras el vehículo está en uso y soporta el peso de la carrocería del vehículo.	Resorte vencido.	Desgaste de la parte baja de la carrocería por rose con neumáticos y disminuye la vida útil del amortiguador.	9	Demasiadas irregularidades en el terreno y los años de uso.	8	Durante el funcionamiento del vehículo.	8	576	INMEDIATO

Tabla N° 41: Análisis del sistema de suspensión. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 2	<b>Modelo:</b>	CRAFTER			<b>Sistema:</b>	SUSPENSIÓN
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN	<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL			<b>Año de vehículo:</b>	2012
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Reemplazo de amortiguador.	8	4	1	32	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazo de resorte.	9	2	3	54	NORMAL	Técnico Mecánico.

Tabla N° 42: Análisis del sistema de suspensión. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.10. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Mecánico – Vehículo AMBULANCIA 2

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 2		<b>Modelo:</b>	CRAFTER		<b>Sistema:</b>	MECÁNICO - MOTOR			
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN		<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2012			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Lubricación.	Evita el desgaste de las piezas del motor, formando una película de aceite entre las piezas.	Recalentamiento de las piezas por fricción.	Las piezas no se lubrican en su totalidad.	9	Nivel muy bajo de aceite.	6	Visual y rutinario.	7	378	INMEDIATO
		Los sellos y las juntas se dañan.	Produce estanqueidad.	8	Nivel muy alto de aceite.	6	Visual y rutinario.	7	336	INMEDIATO
		Daño a partes internas del motor.	El motor funciona con deficiencia.	9	Acelerar el auto en vacío por las mañanas.	7	Durante el funcionamiento del vehículo.	10	630	INMEDIATO
		Degradación del aceite.	Pierde sus propiedades y no cumple su función	7	No cambiar aceite o usar lubricantes de baja calidad.	7	Visual y rutinario.	7	343	INMEDIATO
Combustible.	Brindar la correcta cantidad de combustible limpio, en su debido tiempo, a la cámara de combustión del motor.	No llega combustible a la cámara de combustión.	Motor no enciende.	8	Filtro obstruido.	6	Visual.	7	336	INMEDIATO
				8	Fugas en uniones o conductos.	5	Visual.	6	240	INMEDIATO
				9	Avería en la bomba.	4	Sacar y revisar.	7	252	INMEDIATO
				10	Tanque vacío.	8	Visual.	7	560	INMEDIATO

Tabla N° 43: Análisis del sistema mecánico. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 2	<b>Modelo:</b>	CRAFTER			<b>Sistema:</b>	MECÁNICO - MOTOR
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN	<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL			<b>Año de vehículo:</b>	2012
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento Preventivo.	Revisar nivel de aceite a diario. Se recomienda por las mañanas antes de prender el vehículo.	9	1	1	9	NORMAL	Operario.
Mantenimiento Preventivo.	Revisar nivel de aceite a diario. Se recomienda por las mañanas antes de prender el vehículo.	8	1	1	8	NORMAL	Operario.
Mantenimiento Preventivo.	No revolucionar el vehículo en frío.	9	2	1	18	NORMAL	Operario.
Mantenimiento Preventivo.	Cambio de aceite debe realizarse según su ficha técnica. Cada 5000 km.	7	1	3	21	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento Preventivo.	Sacar el filtro de combustible, limpiar y retirar suciedad.	8	2	3	48	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento Preventivo.	Revisar que las uniones esten bien colocadas.	8	2	2	32	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento Preventivo.	Sacar bomba, desarmar y limpiar.	9	1	3	27	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento Preventivo.	Revisar diariamente el tacometro del tablero.	10	2	1	20	NORMAL	Operario.

Tabla N° 44: Análisis del sistema mecánico. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.11. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Eléctrico – Vehículo AMBULANCIA 2

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 2		<b>Modelo:</b>	CRAFTER		<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO			
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN		<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2012			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Sistema de arranque.	Entregar los primeros giros al motor de combustión.	Arrancador averiado.	Vehículo no enciende.	9	Carbones desgastados por el uso.	5	Desmontaje e inspección.	3	135	ALARMANTE
				9	Bocinas desgastadas por el uso.	4	Desmontaje e inspección.	3	108	CRÍTICO
Solenoides.	Impulsa un movimiento en el arrancador que hace girar al motor.	Solenoides averiados.	Vehículo no arranca.	10	Bobina sobrecalentada.	6	Pruebas en el vehículo.	9	540	INMEDIATO
Sistema de carga.	Mantener la batería constantemente cargada.	Sistema de carga defectuoso.	Alternador averiado.	8	Desgaste en los carbones y anillos colectores por el tiempo de uso.	3	Desmontaje e inspección.	5	120	ALARMANTE
Batería 24v.	Suministrar energía al vehículo.	Batería averiada.	Sistema de carga inoperativo.	9	Falta de mantenimiento o averiado por uso.	3	Inspección.	4	108	CRÍTICO

Tabla N° 45: Análisis del sistema eléctrico. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 2	<b>Modelo:</b>	CRAFTER			<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN	<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL			<b>Año de vehículo:</b>	2012
Acciones recomendadas		Evaluación nueva					
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento preventivo.	Mantenimiento o cambio de carbones.	9	3	3	81	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Cambio de bocinas posteriores e inferiores.	9	3	3	81	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazo de solenoide de arranque.	10	3	2	60	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Cambio de carbones y limpieza en anillos colectores.	8	2	3	48	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo.	Reemplazo de batería.	9	3	2	54	NORMAL	Técnico Electricista.

Tabla N° 46: Análisis del sistema eléctrico. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.12. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema de Frenos – Vehículo AMBULANCIA 2

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 2		<b>Modelo:</b>	CRAFTER		<b>Sistema:</b>	FRENOS			
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN		<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2012			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Pastillas de frenos.	Otorga fricción al disco de freno para detener el vehículo.	Desgaste de las pastillas.	Vehículo no se detiene, posibles accidentes.	9	Desgaste por tiempo de uso.	3	Inspección.	5	135	ALARMANTE
Rótulas.	Permite el movimiento en todas direcciones de las ruedas.	Dirección se endurece.	El volante no gira de manera correcta.	8	Falta de lubricación.	3	Desmontaje.	5	120	ALARMANTE
		Rótulas desgastadas.	Vibraciones en la parte delantera.	9	Falta de lubricación.	3	Desmontaje.	7	189	INMEDIATO
Sistema de dirección.	Guía las ruedas delanteras para el desplazamiento del vehículo.	Vibración del volante.	Pérdida de estabilidad y dirección.	7	Fallas en la cremallera de dirección.	3	Desmontaje.	5	105	CRÍTICO
				9	Guardapolvos deteriorados.	3	Inspección y desmontaje.	6	162	INMEDIATO
Líquido de freno.	Trasmite la fuerza desde el pedal del freno hasta la pastilla del freno.	Recorrido del pedal defectuosos.	La pastilla del freno no fricciona con la debida fuerza.	7	humedad y desgaste durante su uso.	3	Inspección.	5	105	CRÍTICO

Tabla N° 47: Análisis del sistema de frenos. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 2	<b>Modelo:</b>	CRAFTER			<b>Sistema:</b>	FRENOS
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN	<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL			<b>Año de vehículo:</b>	2012
Acciones recomendadas		Evaluación nueva					
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Desmontaje y cambio de pastillas desgastadas.	9	3	2	54	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Desmontaje y lubricación de las rótulas.	8	3	2	48	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Desmontaje y cambio de rótulas.	9	3	2	54	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Desmontaje y mantenimiento.	7	3	2	42	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Desmontaje y reemplazo.	9	3	1	27	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Inspección y cambio.	7	3	2	42	NORMAL	Técnico mecánico.

Tabla N° 48: Análisis del sistema de frenos. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.13. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema de Carrocería – Vehículo AMBULANCIA 2

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 2		<b>Modelo:</b>	CRAFTER		<b>Sistema:</b>	CARROCERÍA			
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN		<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2012			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Desmontaje y reparación de puertas laterales y traseras.	Seguridad de los tripulantes (bomberos y pacientes).	Puerta descuadrada.	Puerta no cierra.	10	Visagra oxidada.	4	Inspección manual y visual.	6	240	INMEDIATO
				10	Visagra desoldada.	5	Inspección manual y visual.	6	300	INMEDIATO

Tabla N° 49: Análisis del sistema de carrocería. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO								
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 2	<b>Modelo:</b>	CRAFTER		<b>Sistema:</b>	CARROCERÍA		
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN	<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2012		
Acciones recomendadas			Evaluación nueva					
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor	
Mantenimiento correctivo.	Cambio de visagra.	10	2	1	20	NORMAL	Técnico soldador.	
Mantenimiento correctivo.	Soldado de visagra, en caso la visagra este dañada, cambiar.	10	2	1	20	NORMAL	Técnico soldador.	

Tabla N° 50: Análisis del sistema de carrocería. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

**3.4.14. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema de Escala Telescópica – Vehículo ESCALA.** (Ver vehículo en anexo N°20)

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	ESCALA		<b>Modelo:</b>	TK-706S-GO11		<b>Sistema:</b>	ESCALA TELESCÓPICA			
<b>Marca:</b>	NISSAN		<b>Tipo:</b>	CAMIÓN		<b>Año de vehículo:</b>	1980			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Poleas.	Movimiento mecánico por tracción que transmite fuerza. En conjunto, permite levantar grandes pesos con mínima fuerza.	No permite que suba la escalera.	En una emergencia no sube la escalera.	10	Desgaste por el uso constante.	3	Al final de la instalación, se prueba el funcionamiento.	8	240	INMEDIATO
Palanca.	Permite maniobrar el giro de la tornamesa.	La tornamesa no gira.	No se puede cambiar de direcciones.	10	Rotura por mala maniobra.	3	Al final de la instalación, se prueba el funcionamiento.	9	270	INMEDIATO
Tirantes.	Desplegar la escalera, manteniendo la estabilidad de la misma.	La escalera no despliega.	No llegar a niveles de altura necesarios.	10	Rotura.	4	No hay.	7	280	INMEDIATO
				8	Fisuras.	3	No hay.	9	216	INMEDIATO

Tabla N° 51: Análisis del sistema de escala telescópica. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	ESCALA	<b>Modelo:</b>	TK-706S-GO11		<b>Sistema:</b>	ESCALA TELESCÓPICA	
<b>Marca:</b>	NISSAN	<b>Tipo:</b>	CAMIÓN		<b>Año de vehículo:</b>	1980	
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar las poleas desgastadas.	10	2	3	60	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Cambiar palanca.	10	3	3	90	PREOCUPANTE	Técnico Mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar tirante.	10	3	2	60	NORMAL	Técnico Mecánico.
Monitoreo.	Inspeccionar para que no llegue a la rotura.	8	3	2	48	NORMAL	Técnico Mecánico.

Tabla N° 52: Análisis del sistema de escala telescópica. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.15. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Hidráulico – Vehículo ESCALA

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	ESCALA		<b>Modelo:</b>	TK-706S-GO11		<b>Sistema:</b>	HIDRÁULICO			
<b>Marca:</b>	NISSAN		<b>Tipo:</b>	CAMIÓN		<b>Año de vehículo:</b>	1980			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Manguera hidráulica SAE100R2, SAE100R8.	Transporta aceite de alta presión, en un rango que va desde 1825 a 6000 psi.	Mangueras rotas.	Gotéo del aceite, por ende, disminución de aceite en el tanque.	10	Manguera rajada, fisurada.	8	Se detecta visualmente.	6	480	INMEDIATO
			Derrame del aceite, por ende, disminución de aceite en el tanque.	9	Manguera soplada por no ser la adecuada para la presión dada.	10	Se detecta visualmente.	9	810	INMEDIATO
		Junta y ferula en mal estado.	Derrame del aceite, por ende, disminución de aceite en el tanque.	9	Juntas y ferulas sueltas, mal prensados.	6	Se detecta visualmente.	8	432	INMEDIATO
			Derrame del aceite, por ende, disminución de aceite en el tanque.	8	Ferulas y adaptadores golpeados.	5	Se detecta visualmente.	6	240	INMEDIATO
		No existe estanqueidad en el sistema.	Manguera humedecida con aceite.	7	Manguera reseca.	5	Se detecta visualmente.	4	140	ALARMANTE
			Gotéo del aceite, por ende, disminución de aceite en el tanque.	9	Niples y conectores sueltos o flojos.	7	Se detecta visualmente.	8	504	INMEDIATO

Tabla N° 53: Análisis del sistema hidráulico. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
Vehículo:	ESCALA	Modelo:	TK-706S-GO11		Sistema:	HIDRÁULICO	
Marca:	NISSAN	Tipo:	CAMIÓN		Año de vehículo:	1980	
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Observar el estado de las mangueras. Si estan rotas, el cambio es inmediato.	10	2	5	100	CRÍTICO	Técnico Mecánico y Conductor.
Capacitaciones.	Capacitación a los responsables de la unidad vehicular, para que tengan el conocimiento de los respuestos a usarse.	9	2	2	36	NORMAL	Técnico Mecánico y Conductor.
Mantenimiento preventivo.	Verificar el diámetro de ferulas prensados, con el vernier y que las juntas no esten sueltas. Al no tener la medida correcta, cambiar.	9	2	3	54	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Instalar protectores para sus componentes.	8	2	3	48	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Observar el estado de las mangueras. Si estan resacas, cambiar lo más pronto.	7	3	3	63	PREOCUPANTE	Técnico Mecánico y Conductor.
Mantenimiento preventivo.	Ajustar con su respectiva llave las conecciones flojas.	9	4	2	72	PREOCUPANTE	Técnico Mecánico.

Tabla N° 54: Análisis del sistema hidráulico. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.16. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Eléctrico– Vehículo ESCALA

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
Vehículo:	ESCALA		Modelo:	TK-706S-GO11		Sistema:	ELÉCTRICO			
Marca:	NISSAN		Tipo:	CAMIÓN		Año de vehículo:	1980			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Focos.	Iluminación interna y externa del vehículo.	Quemados.	Focos no alumbran.	10	Bombilla de mala calidad.	5	No hay.	10	500	INMEDIATO
				10	Corto circuito.	5	Revisión de ramal de cableado.	10	500	INMEDIATO
		Iluminación insuficiente.	No alumbrando con claridad.	8	Bombilla de menor potencia.	4	Probar intensidad de luz con pilotos.	2	64	PREOCUPANTE
Fusibles.	Protege elementos eléctricos del vehículo (luces, radio, etc). En caso haya un alza de corriente, este se rompe para evitar dañar el elemento eléctrico.	Se rompe el fusible.	No pasa corriente y dejan de funcionar los elementos eléctricos.	10	Intensidad de corriente excesiva.	4	No hay.	8	320	INMEDIATO
				10	Corto circuito.	4	Revisión de ramal de cableado.	7	280	INMEDIATO
Cable de alimentación	Suministra potencia eléctrica a los focos.	Sin continuidad.	Focos no encienden.	10	Cableado en mal estado antes de la instalación.	1	Al finalizar la instalación se prueban todos los focos.	2	20	NORMAL
		No fue bien conectado.	Focos no encienden.	10	Operario no capacitado.	2	Al finalizar la instalación se prueban todos los focos.	2	40	NORMAL

Tabla N° 55: Análisis del sistema eléctrico. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	ESCALA	<b>Modelo:</b>	TK-706S-GO11		<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO	
<b>Marca:</b>	NISSAN	<b>Tipo:</b>	CAMIÓN		<b>Año de vehículo:</b>	1980	
Acciones recomendadas				Evaluación nueva			
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar focos.	10	4	2	80	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar cableado.	10	3	3	90	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.
Inspección.	Seleccionar proveedor certificado.	8	2	1	16	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar fusible.	10	4	1	40	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar cableado.	10	4	1	40	NORMAL	Técnico Electricista.
Inspección.	Riesgo mínimo. No se toman acciones.				0		
Inspección.	Riesgo mínimo. No se toman acciones.				0		

Tabla N° 56: Análisis del sistema eléctrico. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.17. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Mecánica – Vehículo ESCALA

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
Vehículo:	ESCALA		Modelo:	TK-706S-GO11		Sistema:	MECÁNICO			
Marca:	NISSAN		Tipo:	CAMIÓN		Año de vehículo:	1980			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Motor.	Convierte el calor producido por la combustión del combustible y genera la suficiente fuerza para girar las llantas y desplazar al vehículo.	Motor no arranca.	No llega combustible al motor.	9	Líneas de succión del combustible están aplastadas u obstruidas.	7	Revisión periódica.	7	441	INMEDIATO
				9	Las conexiones al tanque de combustible, están obstruidas.	7	Al vacear el tanque de combustible.	10	630	INMEDIATO
				9	Falla de la bomba de transferencia del combustible.	6	Fallos en el motor y ruidos intermitentes.	8	432	INMEDIATO
			Vibración excesiva.	Se pueden romper varias de sus partes al cambiar de posición.	8	Soportes del motor flojos, desgastados o defectuosos.	3	Sonido y vibración excesivo del vehículo.	8	192

Tabla N° 57: Análisis del sistema mecánico. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	ESCALA	<b>Modelo:</b>	TK-706S-GO11		<b>Sistema:</b>	MECÁNICO	
<b>Marca:</b>	NISSAN	<b>Tipo:</b>	CAMIÓN		<b>Año de vehículo:</b>	1980	
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Limpieza a las mangueras de combustible y revisión del trayecto de las mismas en caso sea aplastada.	9	2	3	54	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Limpieza al tanque de combustible.	9	2	3	54	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento Preventivo.	Verificar el suministro de combustible de la bomba al motor. Debe ser de 0.4kg/cm <sup>2</sup> con velocidad de arranque, en caso sea menor, reemplazar el filtro de combustible.	9	2	3	54	NORMAL	Técnico Mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Cambiar el juego de soportes.	8	3	1	24	NORMAL	Técnico Mecánico.

Tabla N° 58: Análisis del sistema mecánico. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.18. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Eléctrico – Vehículo CAMIONETA (Ver vehículo en anexo N°21)

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	CAMIONETA AUXILIAR		<b>Modelo:</b>	FRONTIER 4X4 C/D.		<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO			
<b>Marca:</b>	NISSAN		<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2004			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Focos.	Iluminación interna y externa del vehículo.	Quemados.	Focos no alumbran.	10	Bombilla de mala calidad.	5	No hay.	10	500	INMEDIATO
				10	Corto circuito.	5	Revisión de ramal de cableado.	10	500	INMEDIATO
		Iluminación insuficiente.	No alumbran con claridad.	8	Bombilla de menor potencia.	4	Probar intensidad de luz con pilotos.	2	64	PREOCUPANTE
Fusibles.	Protege elementos eléctricos del vehículo (luces, radio, etc.). En caso haya un alza de corriente, este se rompe para evitar dañar el elemento eléctrico.	Se rompe el fusible.	No pasa corriente y dejan de funcionar los elementos eléctricos.	10	Intensidad de corriente excesiva.	4	No hay.	8	320	INMEDIATO
				10	Corto circuito.	4	Revisión de ramal de cableado.	7	280	INMEDIATO
Arrancador.	Entrega el primer giro al motor de combustión hasta que comience.	Arrancador averiado.	Vehículo no enciende.	10	Diente roto en el piñón por golpe en cremallera.	7	Desmontaje.	5	350	INMEDIATO
			Vehículo no enciende.	10	Cojinete delantero roto por vibraciones del motor.	7	Desmontaje.	5	350	INMEDIATO
Sistema de carga.	Mantener la batería constantemente cargada.	Alternador averiado.	Sistema de carga inoperativo.	7	Regulador de tensión quemado por corto circuito.	6	Desmontaje.	4	168	INMEDIATO
Batería 12.	suministrar energía al vehículo.	Batería averiada.	Sistema de carga inoperativo.	9	Falta de mantenimiento o averiado por uso.	3	Inspección.	4	108	CRÍTICO
Bujías.	Entrega la chispa en la cámara de combustión para inflamar la mezcla de aire y gasolina.	Desgaste de bujías.	Sistema de encendido defectuoso.	8	Desgaste provocado por la chispa (uso).	3	Desmontaje e inspección.	7	168	INMEDIATO

Tabla N° 59: Análisis del sistema eléctrico. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 1	<b>Modelo:</b>	CRAFET			<b>Sistema:</b>	ELÉCTRICO
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN	<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL			<b>Año de vehículo:</b>	2012
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar focos.	10	4	1	40	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar cableado.	10	3	3	90	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.
Inspección.	Seleccionar proveedor certificado.	8	2	1	16	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar fusible.	10	4	1	40	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Reemplazar cableado.	10	4	1	40	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Desmontaje y cambio de piñón.	10	3	3	90	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Desmontaje y cambio de cojinete.	10	3	3	90	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Desmontaje y cambio de regulador de tensión.	7	2	3	42	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento correctivo.	Cambiar batería.	9	3	2	54	NORMAL	Técnico Electricista.
Mantenimiento preventivo	Desmontar y cambiar bujías.	8	3	3	72	PREOCUPANTE	Técnico Electricista.

Tabla N° 60: Análisis del sistema eléctrico. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.19. Análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Sistema Mecánico – Vehículo CAMIONETA

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO										
<b>Vehículo:</b>	CAMIONETA AUXILIAR		<b>Modelo:</b>	FRONTIER 4X4 C/D.		<b>Sistema:</b>	MECÁNICO			
<b>Marca:</b>	NISSAN		<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL		<b>Año de vehículo:</b>	2004			
Análisis inicial						Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	Causa de falla potencial	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual
Pastillas de frenos.	Otorga fricción al disco de freno para detener el vehículo.	Desgaste de las pastillas.	Vehículo no se detiene, posibles accidentes.	9	Desgaste por tiempo de uso.	3	Inspección.	5	135	ALARMANTE
Rótulas.	Permite el movimiento en todas direcciones de las ruedas.	Dirección se endurece.	El volante no gira de manera correcta.	8	Falta de lubricación.	3	Desmontaje.	5	120	ALARMANTE
		Rótulas desgastadas.	Vibraciones en la parte delantera.	9	Falta de lubricación.	3	Desmontaje.	7	189	INMEDIATO
Sistema de dirección.	Guía las ruedas delanteras para el desplazamiento del vehículo.	Vibración del volante.	Pérdida de estabilidad y dirección.	7	Fallas en la cremallera de dirección.	3	Desmontaje.	5	105	CRÍTICO
				9	Guardapolvos deteriorados.	3	Inspección y desmontaje.	6	162	INMEDIATO
Líquido de freno.	Trasmite la fuerza desde el pedal del freno hasta la pastilla del freno.	Recorrido del pedal defectuosos.	La pastilla del freno no fricciona con la debida fuerza.	7	Humedad y desgaste durante su uso.	3	Inspección.	5	105	CRÍTICO

Tabla N° 61: Análisis del sistema mecánico. Estado actual.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) PARA LOS VEHÍCULOS DE BOMBEROS DE TRUJILLO							
<b>Vehículo:</b>	AMBULANCIA 1	<b>Modelo:</b>	CRAFET			<b>Sistema:</b>	MECÁNICO
<b>Marca:</b>	VOLKSWAGEN	<b>Tipo:</b>	CAMIONETA PANEL			<b>Año de vehículo:</b>	2012
Acciones recomendadas			Evaluación nueva				
Tipo de tarea	Tarea	S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor
Mantenimiento correctivo.	Desmontaje y cambio de pastillas desgastadas.	9	3	2	54	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Desmontaje y lubricación de las rótula.	8	3	2	48	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Desmontaje y cambio de rótulas.	9	3	2	54	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento preventivo.	Desmontaje y mantenimiento.	7	3	2	42	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento correctivo.	Desmontaje y reemplazo.	9	3	1	27	NORMAL	Técnico mecánico.
Mantenimiento Preventivo.	Inspección y cambio.	7	3	2	42	NORMAL	Técnico mecánico.

Tabla N° 62: Análisis del sistema mecánico. Estado después de tareas recomendadas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Valores más altos de los índices de prioridad de riesgo (IPR), antes y después de realizar las tareas recomendadas

A continuación, se muestra en la Tabla N°63, resumen de los índices de prioridad de riesgo de todos los vehículos y sus sistemas, mostrados anteriormente desde la tabla N°25 hasta la tabla N°62. Indicamos el análisis inicial (ANTES) y su análisis luego de las tareas recomendadas (DESPUÉS). Los criterios para establecer los nuevos IPR se encuentran en el anexo N°6.

INDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO (IPR)																		
SISTEMAS O COMPONENTES																		
CRITERIOS	ESCALA		HIDRÁULICO		ELÉCTRICO		MECÁNICO		SUSPENSIÓN		INYECCIÓN		FRENOS		DISTRIBUCIÓN		CARROCERÍA	
	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS
NORMAL	0	3	0	7	2	23	0	18	2	12	0	3	0	6	0	1	0	2
PREOCUPANTE	0	1	0	2	5	12	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0
CRÍTICO	0	0	1	1	6	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
ALARMANTE	0	0	2	0	7	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0
INMEDIATO	4	0	7	0	15	0	14	0	10	0	3	0	2	0	1	0	2	0

Tabla N°63: Valores IPR de cada sistema y/o componente en el total de vehículos.

Fuente: Elaboración propia.

CRITERIOS	TOTAL DE SISTEMAS	
	ANTES	DESPUÉS
NORMAL	4	75
PREOCUPANTE	6	18
CRÍTICO	11	1
ALARMANTE	15	0
INMEDIATO	58	0

Tabla N°64: Valores IPR. Suma total.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°64, hemos sumado el total de IPR de cada criterio, así mismo, todos los sistemas analizados de cada vehículo, para tener una visión macro de cómo vamos cambiando los índices que no permiten que las unidades vehiculares se encuentren operativas, brindando el servicio que necesitamos todos los ciudadanos de Trujillo y sus alrededores.

### **3.6. Propuesta de diseño para la gestión de mantenimiento**

La propuesta del diseño del sistema de gestión de mantenimiento está centrada en:

#### **Aplicación total**

Es decir, su aplicación se realizará a todos los vehículos de bomberos de las distintas compañías de bomberas que tenemos en Trujillo y sus alrededores, empezando por la Compañía de Bomberos N°26, que se encuentra en el centro de Trujillo.

#### **Procedimientos de mantenimiento.**

Enfocarnos en llegar a cumplir con la misión y visión de la organización, comprobando que la aplicación del sistema de gestión de mantenimiento se realice de una forma adecuada y responsable para mantener los vehículos operativos.

#### **Cumplir con los objetivos del mantenimiento.**

Aumentar la disponibilidad de los vehículos de la compañía de bomberos, a su vez comprobar que un sistema de gestión de mantenimiento es de gran utilidad para el ahorro de dinero, el cual, puede ser utilizado en otras carencias de la compañía. Debemos involucrar al personal voluntario con el mantenimiento y la metodología AMEF.

#### **Aplicar estrategias de mantenimiento.**

En el caso de la compañía de bomberos, la estrategia de mayor relevancia es programar un mantenimiento preventivo. Con ello, estarán organizados, teniendo una agenda con fechas de los mantenimientos requeridos para mantener las unidades operativas.

#### **Procesos del mantenimiento**

Se usarán conceptos básicos para la elaboración de un mapa de procesos, dicho mapa, ayudará a entender con mayor facilidad los pasos a seguir, por consiguiente, todos los colaboradores de la Compañía de Bomberos tendrán un conocimiento básico de los procesos que se requiere en un plan de mantenimiento. Mostraremos a continuación el diagrama. Ver Diagrama N°9.

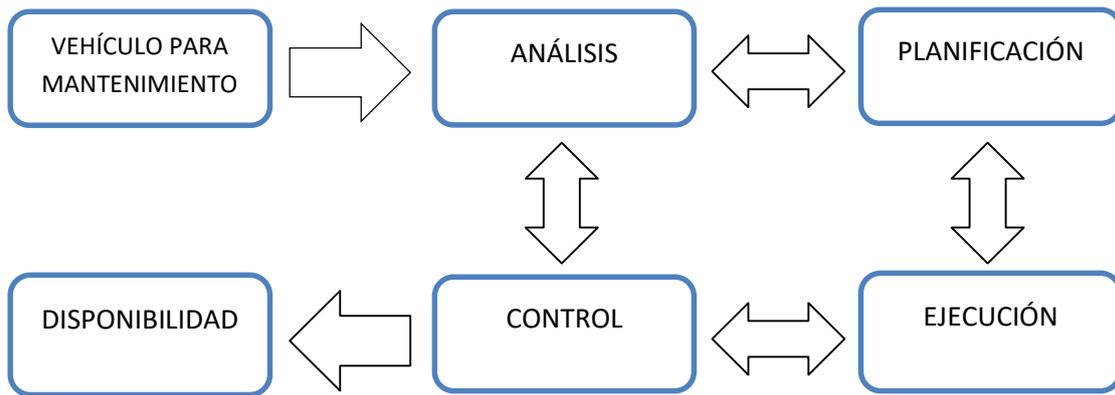


Diagrama N°9: Procesos de mantenimiento  
Fuente: Elaboración propia

### Organigrama de mantenimiento

El organigrama se ajusta al personal de la compañía de bomberos como se muestra en el siguiente diagrama N°10.

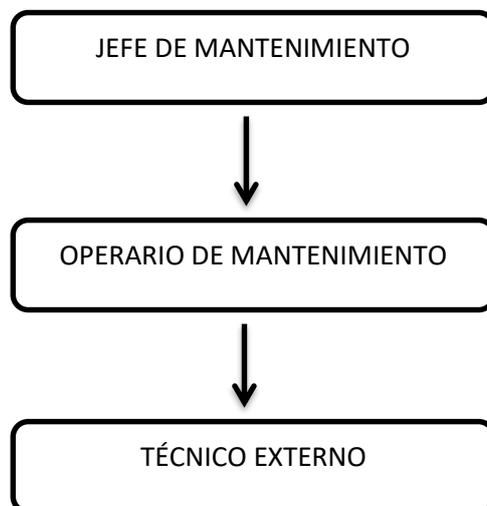


Diagrama N°10. Organigrama para los responsables de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

## **Responsables del mantenimiento**

**Jefe de mantenimiento:** Responsable de dictar las órdenes de mantenimiento, organiza, controla los costos y los planes de mantenimiento. Debe contar con algún tipo de conocimiento de mantenimiento (ingeniero, técnico).

**Operario de mantenimiento:** Responsable de controlar las órdenes de operación, lleva el registro de cada mantenimiento realizado, inspecciona básicamente las unidades vehiculares. Debe contar con algún tipo de conocimiento empírico sobre mantenimiento vehicular.

**Técnico externo:** Encargado de la realización del mantenimiento correctivo y preventivo, debe informar al operario de mantenimiento sobre todas las fallas y reparaciones realizadas en los vehículos. Su grado debe ser de técnico certificado.

### **3.7. Plan de mantenimiento**

Comenzamos a desarrollar nuestro plan de mantenimiento con un rol de labores. Conforme hemos ido avanzando en la investigación, se han hallado distintas fallas en diferentes sistemas de los vehículos. Separando los roles por cada sistema, ayudando al entendimiento del lector a distinguir que acción se debe tomar por cada sistema averiado que hemos encontrado. Posteriormente, mostraremos las tablas de las labores recomendadas para saber cómo desempeñarse ante las posibles fallas.

En dichas tablas mostraremos el nombre del sistema a tratar, los subsistemas o componentes, la lista de labores que se debe realizar por cada subsistema, la frecuencia con la que debe realizarse cada labor (según las horas de uso), el tiempo que demora cada labor, el acumulado de horas por semestre que demoró en ejecutar la tarea y el costo del total de horas acumuladas por labor. La frecuencia con que se debe realizar cada labor, se obtuvo de fichas técnicas del fabricante y de técnicos especialistas en cada rubro.

### 3.7.1. Rol de labores a seguir para el mantenimiento de los vehículos. Sistema Mecánico – Motor

PLAN DE MANTENIMIENTO - ROL DE LABORES			MANTENIMIENTO PROGRAMADO										
SISTEMA MECÁNICO - MOTOR - VEHÍCULOS TODOS			FRECUENCIA EN HORAS						TIEMPO EN HORAS	TOTAL HORAS SEMESTRE	COSTO S/.		
SUB-SISTEMA O COMPONENTE	LABORES A REALIZAR		200	700	1400	2100	2800	3500				4200	
Sistema de Lubricación.	Cambiar aceite cada 5000km.					X			X	2	4	300	
	Cambiar filtros de aceite.	Filtro bypass.					X			1	1	180	
		Filtro de paso.					X			1	1	180	
	Comprobar que el enfriador de aceite se encuentre en buenas cindiciones, es decir no este roto.			X		X		X		0.5	1.5	45	
	Inspeccionar válvulas del sistema de lubricación.	Válvula de derrame para enfriador de aceite.		X	X		X		X		0.5	2	0
		Válvula de derrame para el filtro de aceite.		X	X		X		X		0.5	2	0
		Válvula reductora.		X	X		X				0.5	2	0
Válvula de refrigeración del pistón.		X	X		X		X		0.5	2	0		
Sistema de Combustible.	Inspeccionar y reparar la bomba de inyección		X			X			X	8	24	350	
	Cambiar filtros de combustible, según kilometraje.						X			2	2	150	
	Revisar flujo de combustible.	Tanque de combustible.					X		X	0.5	1	0	
		Canal de combustible.				X		X	X	0.5	1.5	0	
		Bomba de alimentación.				X		X	X	1.5	4.5	30	
Válvula de derrame de combustible.			X		X		X		0.5	1.5	0		
Sistema de Refrigeración.	Verificar que el radiador no tenga fugas de refrigerante.			X	X	X	X	X	X	0.5	3	0	
	Revisar que el ventilador funcione correctamente.				X		X		X	0.5	1.5	0	
	Inspeccionar termostato del flujo de agua.			X		X		X		1.5	4.5	45	
	Inspeccionar bomba de agua.		X		X		X		X	1	4	80	
Sistema de Admisión y Escape.	Revisar las fugas en los multiples de admisión y escape, en los puertos de escape, en las bridas.			X	X	X	X	X	X	1	6	0	
	Revisar por completo las conexiones y/o acoples en el radiador.			X		X		X		1.5	4.5	0	
	Revisar trayecto de las mangueras conectadas al radiador.		X	X	X	X	X	X	X	0.5	3.5	0	
	Limpiar con presión de aire el radiador.					X			X	2	4	50	
	Sopletear filtro de aire, en caso esté deteriorado, cambiarlo.						X			2	2	25	
TOTAL										30	83	1435	

Tabla N°65: Rol de labores del sistema mecánico del motor. Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.2. Rol de labores a seguir para el mantenimiento de los vehículos. Sistema de Frenos

PLAN DE MANTENIMIENTO - ROL DE LABORES		MANTENIMIENTO PROGRAMADO										
SISTEMA DE FRENOS - VEHÍCULOS TODOS		FRECUENCIA EN HORAS						TIEMPO EN HORAS	TOTAL DE SEMESTRE	COSTO S/.		
SUB-SISTEMA O COMPONENTE	LABORES A REALIZAR	200	700	1400	2100	2800	3500				4200	
Sistema de Frenos.	Revisa tubo-compresor, en caso tenga fugas de aceite.	x	x	x	x	x	x	x	0.5	3.5	105	
	Revisar la carrera del freno de servicio.	x	x	x	x	x	x	x	0.5	3.5	0	
	Verificar la presión de salida de la válvula de freno de pie.		x		x		x		1	3	45	
	Revisar si los circuitos de freno trasero y delantero tienen la presión de aire adecuado.	x	x		x		x		1	4	40	
	Revisar el desgaste de las pastillas de freno.		x	x	x		x		0.5	2	0	
	Revisar el desgaste de las zapatas de freno.		x	x	x		x		1	4	60	
	Inspeccionar la parte interna de los tambores, si tienen desgaste o no. Al tenerlo, cambiar.			x		x		x	2	6	60	
	Verificar los sensores de ajuste del freno de estacionamiento.			x		x		x	2.5	7.5	120	
	Verificar los actuadores de freno.		x		x		x		1,5	4.5	150	
	Revisar la válvula de mando manual, si está averiado, cambiarlo.				x			x	12	24	150	
	Verificar el funcionamiento del freno antibloqueo ABS.	Corroborar el funcionamiento de los sensores ubicados en las ruedas.				x			x	12	24	0
		Estar alerta cuando enciende la lámpara de advertencia del ABS. Esta indica baja presión en los tanques, desgaste en las pastillas o zapatas, desgaste en el rodamiento de ruedas.	x	x	x	x	x	x	x	0.5	3.5	0
TOTAL									33.5	89.5	730	

Tabla N°66: Rol de labores del sistema de frenos.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.3. Rol de labores a seguir para el mantenimiento de los vehículos. Sistema de Suspensión

PLAN DE MANTENIMIENTO - ROL DE LABORES			MANTENIMEINTO PROGRAMADO									
SISTEMA DE SUSPENSIÓN - RESCATE/MAPEL/AMBULANCIA 1			FRECUENCIA EN HORAS					TIEMPO EN HORAS	TOTAL DE SEMESTRE	COSTO S/.		
SUB-SISTEMA O COMPONENTE	LABORES A REALIZAR		200	700	1400	2100	2800				3500	4200
Sistema de Suspensión.	Suspensión neumática.	Revisar desgaste o grietas de los fuelles, verificar presión de aire.		x		x		x		2	6	90
		Inspeccionar el funcionamiento de los amortiguadores, si tienen fugas, cambiar.		x		x		x		24	72	90
		Verificar si funcionan correctamente las válvulas niveladoras de suspensión de aire.			x		x		x	24	72	90
	Suspensión mecánica.	Revisar los jebes cónicos de la barra estabilizadora. Si muestran desgaste, cambiarlos.			x		x		x	12	36	0
		Verificar si existe desgaste o ajuste en la barra de torsión.		x		x		x		2	6	90
TOTAL										64	192	360

Tabla N°67: Rol de labores del sistema de suspensión.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.4. Rol de labores a seguir para el mantenimiento de los vehículos. Sistema Eléctrico

PLAN DE MANTENIMIENTO - ROL DE LABORES		MANTENIMIENTO PROGRAMADO									
SISTEMA ELÉCTRICO- VEHÍCULOS TODOS		FRECUENCIA EN HORAS						TIEMPO EN HORAS	TOTAL DE SEMESTRE	COSTO S/.	
SUB-SISTEMA O COMPONENTE	LABORES A REALIZAR	200	700	1400	2100	2800	3500				4200
Sistema Eléctrico.	Revisión de carga de la batería.	x	x	x	x	x	x	x	0.5	3.5	0
	Mantenimiento de la batería.		x	x	x	x	x	x	0.5	3	0
	Revisión de continuidad de fusibles de iluminación.	x	x	x	x	x	x	x	2	14	0
	Revisión de sistema de iluminación.	x	x	x	x	x	x		0.5	3.5	0
	Análisis del sistema de carga.		x		x		x		2	6	120
	Inspección de indicadores del tablero.	x		x		x		x	1	4	0
	Prueba de rutinaria del funcionamiento de arrancador.	x		x		x		x	3	12	80
	Revisión de regulador de voltaje.	x	x	x	x	x	x	x	1.5	10.5	70
	Revisión de fusible de arranque.	x	x	x	x	x	x	x	0.5	3.5	0
	Prueba de continuidad del termoswitch.			x		x		x	3	9	45
	Revisión de ventiladores.	x		x		x		x	1	4	0
	Inspección de pernos sujetadores de arrancador y alternador	x	x	x	x	x	x	x	2	14	0
Revisión de chispa de encendido.	x	x	x	x	x	x	x	1	7	105	
TOTAL									18.5	94	420

Tabla N°68: Rol de labores del sistema eléctrico.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.5. Rol de labores a seguir para el mantenimiento de los vehículos. Sistema Hidráulico

SISTEMA HIDRÁULICO - RESCATE/MAPTEL		FRECUENCIA EN HORAS							TIEMPO EN HORAS	TOTAL DE SEMESTRE	COSTO S/.
SUB-SISTEMA O COMPONENTE	LABORES A REALIZAR	200	700	1400	2100	2800	3500	4200			
Sistema Hidráulico.	Verificar nivel de aceite.			x		x		x	1.5	4.5	0
	Cambiar el aceite hidráulico.				x		x		3	6	60
	Limpia el tanque de aceite hidráulico.				x			x	8	16	60
	Revisar las mangueras, si tienen algún desgaste, fisura o rotura.	x	x	x	x	x	x	x	1.5	10.5	0
	Chequear que no haya fugas en los conectores.	x	x	x	x	x	x	x	1.5	10.5	0
	Revisar que tenga todos los sujetadores de las mangueras, caso contrario, colocarle cintillos.	x	x	x	x		x	x	1.5	10.5	0
	Verificar el funcionamiento de los sensores de nivel de aceite y temperatura.	x	x	x	x	x	x	x	1	7	140
TOTAL									18	65	260

Tabla N°69: Rol de labores del sistema hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.6. Rol de labores a seguir para el mantenimiento de los vehículos. Sistema de Inyección

PLAN DE MANTENIMIENTO - ROL DE LABORES		MANTENIMIENTO PROGRAMADO									
SISTEMA DE INYECCIÓN- MAPTEL/RESCATE/AMBULANCIA1/AMBULANCIA 2		FRECUENCIA EN HORAS							TIEMPO EN HORAS	TOTAL DE SEMESTRE	COSTO S/.
SUB-SISTEMA O COMPONENTE	LABORES A REALIZAR	200	700	1400	2100	2800	3500	4200			
Sistema de Inyección.	Revisar trayecto de mangueras, si se encuentran en buen estado.	x	x	x	x	x	x	x	1	7	0
	Revisar sujetadores de mangueras.	x	x	x	x	x	x	x	1	7	0
	Cambiar filtro de petróleo.					x			12	12	200
	Revisión de conectores al tanque de combustible.	x	x	x	x	x	x	x	1.5	10.5	105
TOTAL									15.5	36.5	305

Tabla N°70: Rol de labores del sistema de inyección.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.7. Orden de trabajo de mantenimiento (OTM)

En el siguiente Diagrama N°11, indicamos el flujograma de cuál es el proceso correcto para solicitar una OTM.

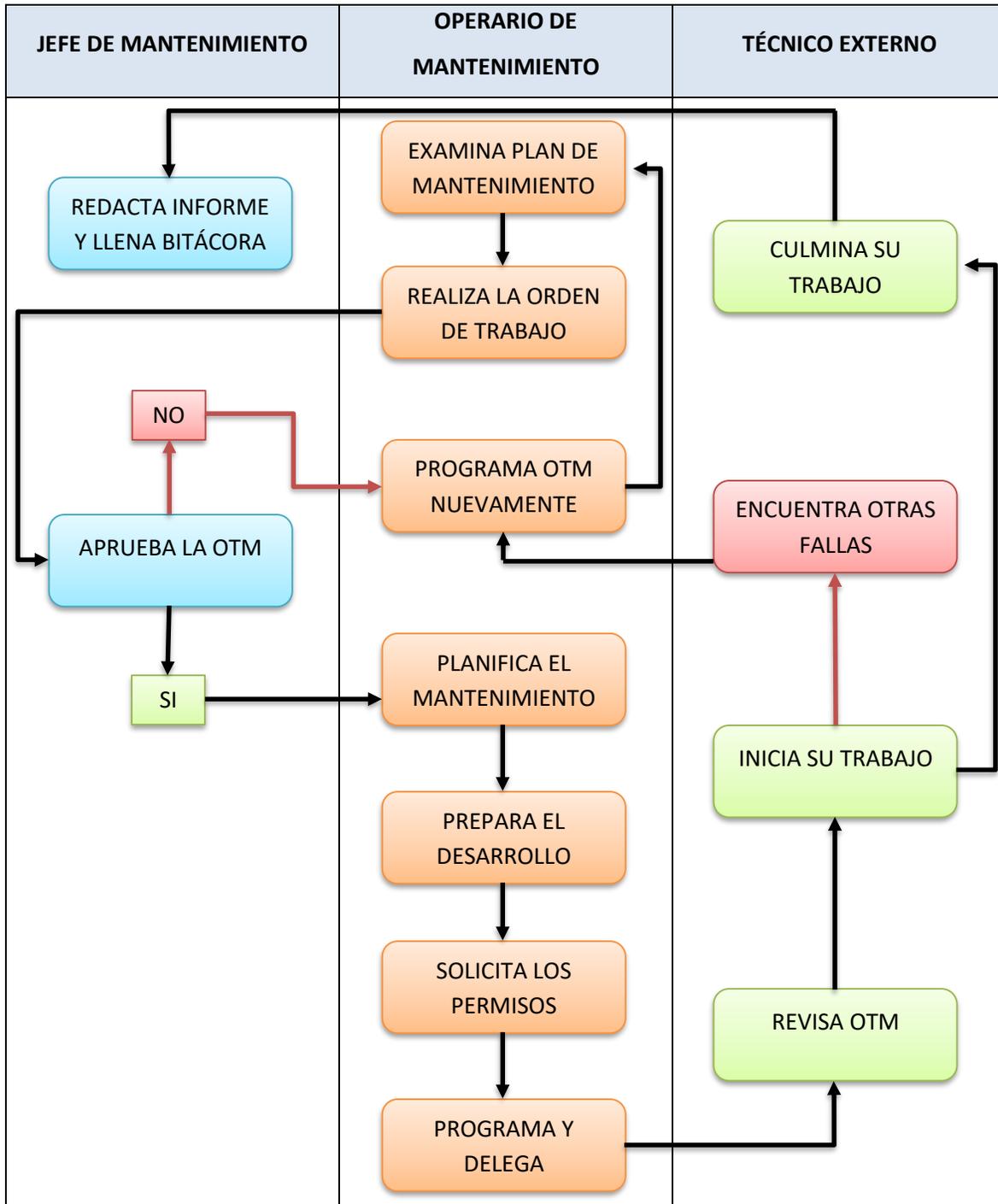


Diagrama N°11: Flujograma para orden de trabajo de mantenimiento (OTM).

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8. Evaluación de la gestión de mantenimiento propuesto

#### 3.8.1. Indicadores del sistema de gestión de mantenimiento

A continuación, en la tabla N°71 se muestra los nuevos resultados de los indicadores de gestión de mantenimiento, obtenidos luego de la aplicación del mismo. Las hojas de cálculos se muestran en los anexos N°10, 11, 12, 13, 14 y 15.

INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO LUEGO DE PROPUESTA											
VEHICULOS	N° Fallas	Tiempo Programado operación	Tiempo total de Reparación	Tiempo de operación	MTBF	MTTR	Tasa Reparación $\mu$	Tasa Fallas $\lambda$	Disponibilidad %	Confiabilidad %	Mantenibilidad %
RESCATE	9	4320	560	3760	417.7	62.22	0.016	0.0024	87	90.15	50
MAP-TEL	9	4320	560	3760	417.7	62.22	0.016	0.0024	87	90.15	50
AMBULANCIA.1	8	4320	495	3825	478.2	61.87	0.016	0.0021	86	91.32	49.5
AMBULANCIA.2	7	4320	303	4017	573.8	43.29	0.023	0.0017	93	92.9	63
ESCALA	3	4320	458.5	3861.5	643.6	76.41	0.013	0.0016	89.38	93.32	43
CAMIONETA	9	4320	266.5	4053.5	450.4	76.41	0.033	0.0022	94	91	76
PROMEDIO TOTAL									89.4	91.47	55.25

Tabla N°71: Valores de indicadores de gestión de mantenimiento luego de propuesta.

Fuente: Elaboración propia

Mostramos la manera de calcular la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de uno de los vehículos; en este caso, utilizaremos como ejemplo al vehículo – ambulancia 1.

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 495

Tiempo total de operación = 3825

Número de fallas = 8

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{3825}{8} = 478.2$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{495}{8} = \mathbf{61.87}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \dots \dots \dots (\mathbf{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{478.2} = \mathbf{0.0021}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \dots \dots \dots (\mathbf{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{61.87} = \mathbf{0.016}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \dots \dots \dots (\mathbf{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{478.2}{478.2 + 61.87} = \mathbf{86.00\%}$$

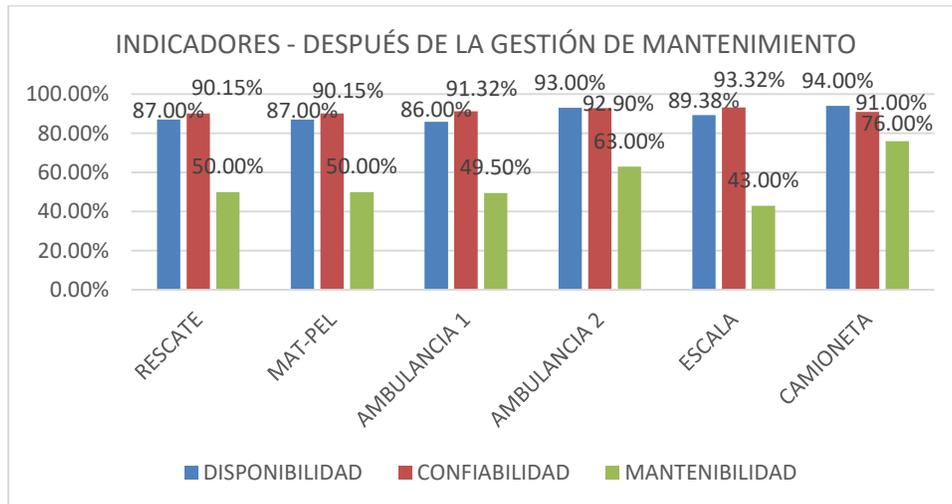
Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda.t}{100}} \right) x 100\% \dots \dots \dots (\mathbf{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.0021*4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{91.32\%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu.t}{100}} \right) x 100\% \dots \dots \dots (\mathbf{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.016*4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{49.50\%}$$

La Gráfica N°8, muestra los porcentajes obtenidos en los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.



Gráfica N°8: Indicadores de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.2 Comparativo de los indicadores de gestión de mantenimiento

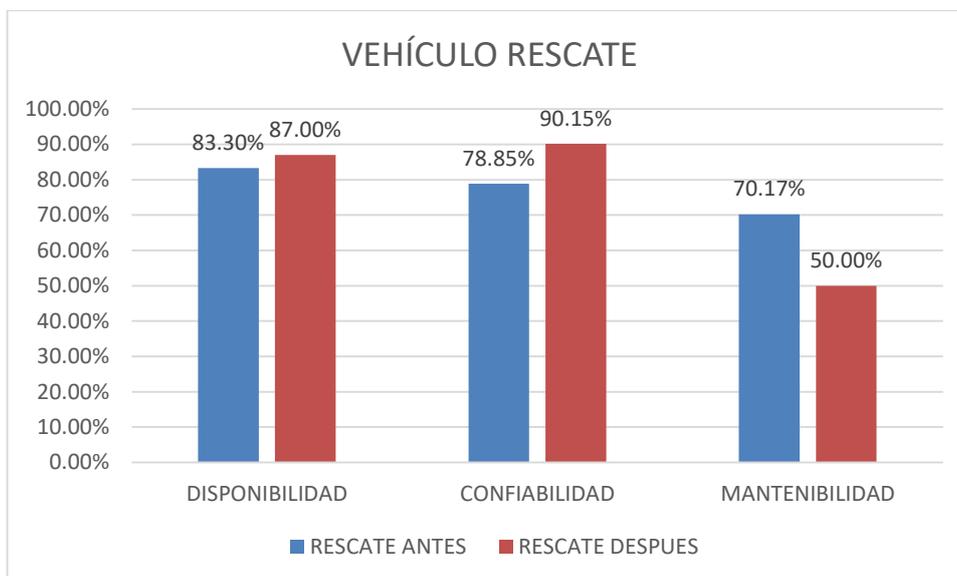
La Tabla N°72, detalla los valores de los indicadores del sistema de gestión de mantenimiento. Se refleja un análisis positivo en la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, de los vehículos de la compañía de bomberos, comparado con los valores iniciales.

INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ANTES Y DESPUES DE SU APLICACIÓN												
VEHICULOS	RESCATE		MAT-PEL		AMBULANCIA 1		AMBULANCIA 2		ESCALA		CAMIONETA	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
DISPONIBILIDAD	83.30%	87.00%	0.00%	87.00%	80.00%	86.00%	0.00%	93.00%	0.00%	89.38%	82.10%	94.00%
CONFIABILIDAD	78.85%	90.15%	0.00%	90.15%	54.62%	91.32%	0.00%	92.90%	0.00%	93.32%	54.62%	91.00%
MANTENIBILIDAD	70.17%	50.00%	0.00%	50.00%	89.87%	49.50%	0.00%	63.00%	0.00%	43.00%	94.22%	76.00%
MTBF	180	417.7	0	417.7	72	478.2	0	573.8	0	643.6	69.53	450.4
MTTR	36	62.22	0	62.22	18	61.87	0	43.29	0	76.41	15.18	76.41

Tabla N°72: Comparativo de los indicadores de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

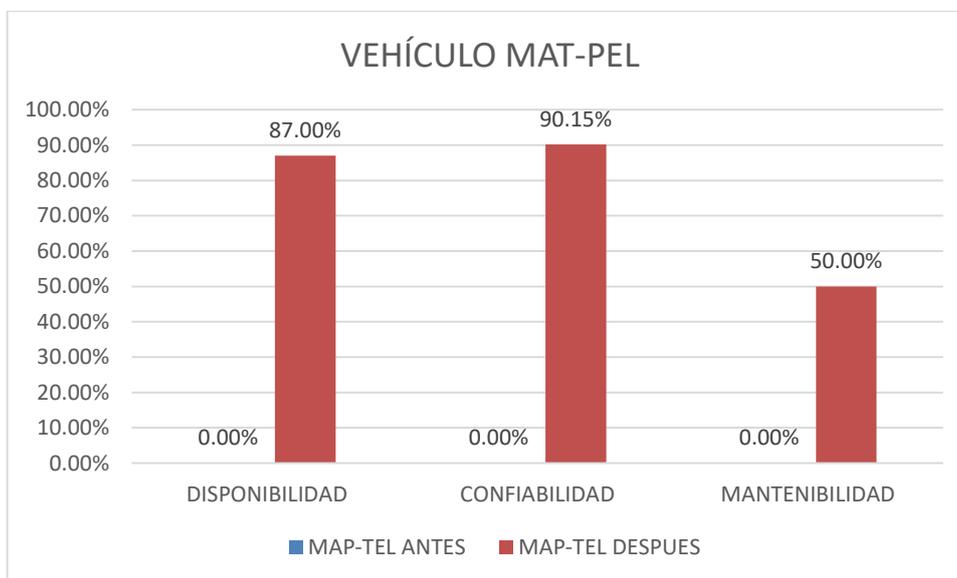
En la Gráfica N°9, se muestra el comparativo de los indicadores de mantenimiento del vehículo RESCATE, se puede apreciar la mejora en los indicadores de mantenimiento.



Gráfica N°9: Comparativo de indicadores de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

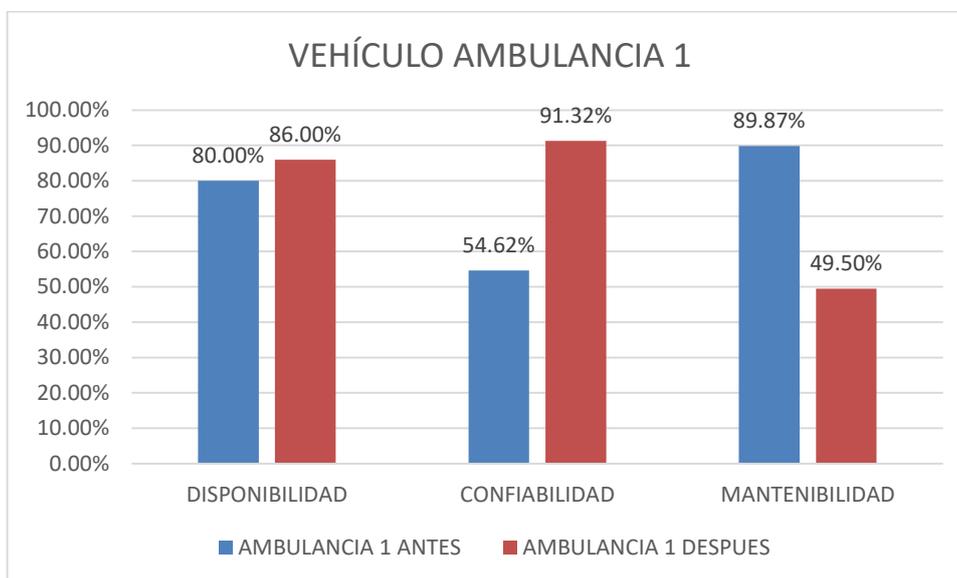
En la Gráfica N°10, se muestra el comparativo de los indicadores de mantenimiento del vehículo MAT-PEL, se puede apreciar la mejora en los indicadores de mantenimiento.



Gráfica N°10: Comparativo de indicadores de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

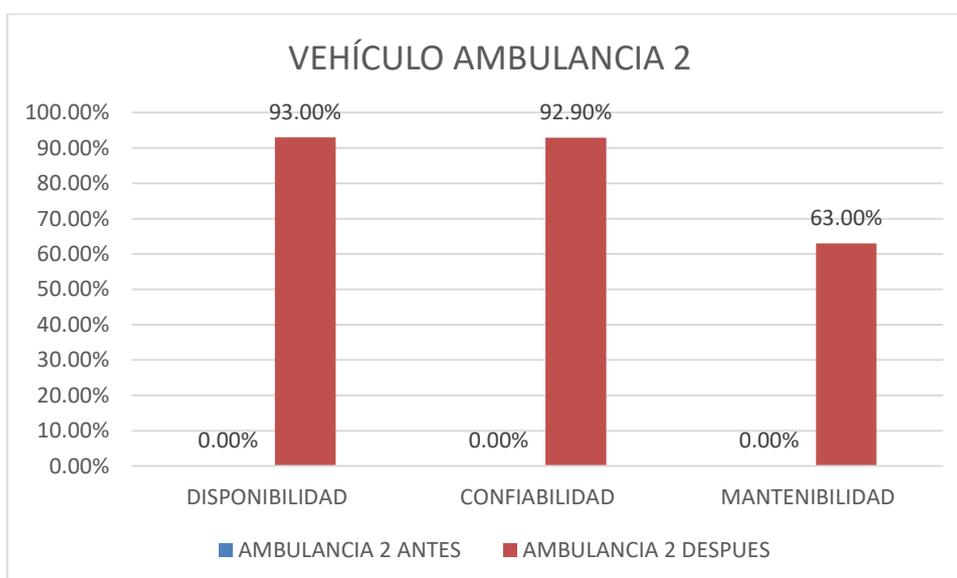
En la Gráfica N°11, se muestra el comparativo de los indicadores de mantenimiento del vehículo AMBULANCIA 1, se puede apreciar la mejora en los indicadores de mantenimiento.



Gráfica N°11: Comparativo de indicadores de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

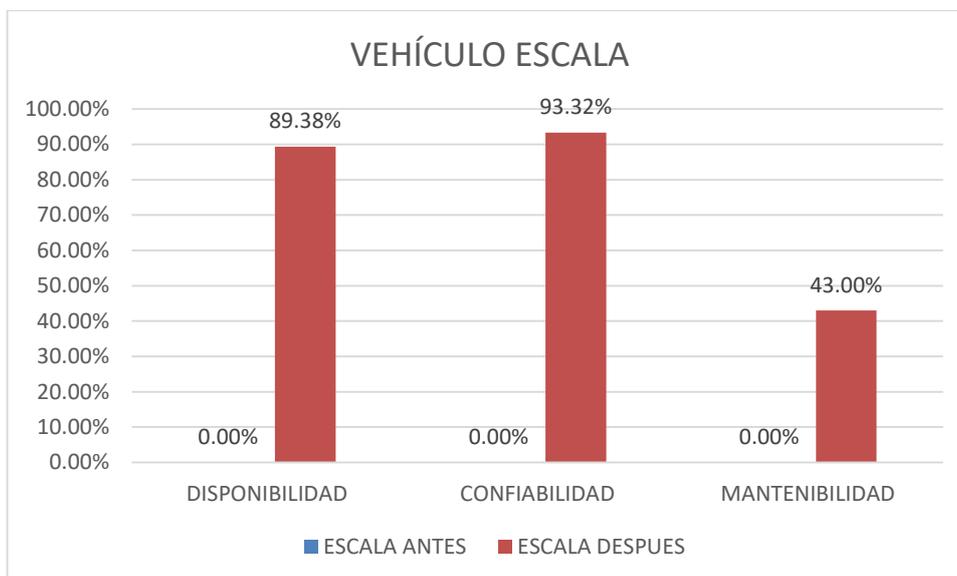
En la Gráfica N°12, se muestra el comparativo de los indicadores de mantenimiento del vehículo AMBULANCIA 2, se puede apreciar la mejora en los indicadores de mantenimiento.



Gráfica N°12: Comparativo de indicadores de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

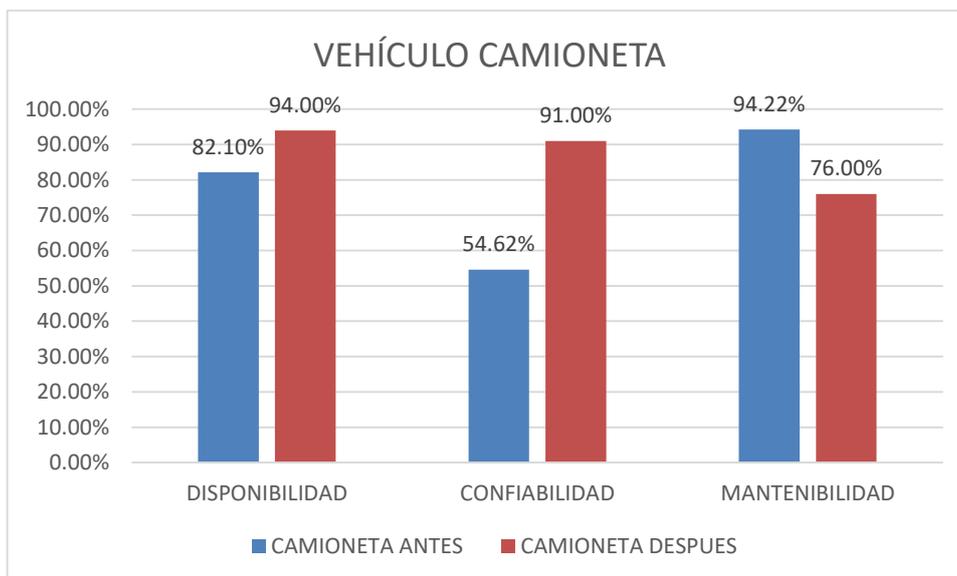
En la Gráfica N°13, se muestra el comparativo de los indicadores de mantenimiento del vehículo ESCALA, se puede apreciar la mejora en los indicadores de mantenimiento



Gráfica N°13: Comparativo de indicadores de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica N°14, se muestra el comparativo de los indicadores de mantenimiento del vehículo CAMIONETA, se puede apreciar la mejora en los indicadores de mantenimiento



Gráfica N°14: Comparativo de indicadores de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.9. Análisis económico del sistema de gestión de mantenimiento

En la Tabla N°73, se detalla el importe de inversión actual para el mantenimiento correctivo de los vehículos de la compañía de bomberos. Este informe fue otorgado por el jefe de operaciones departamental de mantenimiento.

INVERSIÓN	MONTO
Mantenimiento correctivo	S/.62000.00

Tabla N°73: inversión para mantenimiento correctivo actual

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra en la Tabla N°74, los valores y los montos para la aplicación del mantenimiento preventivo elaborado. Sus unidades de medidas son: horas/semestre (Hr/sem), soles/horas (S./Hr) y soles/semestre (S./sem). Se hace hincapié que el periodo de análisis es semestral.

VEHÍCULOS	N° fallas	Tiempo para operar (Hr/sem)	Tiempo de operación (Hr/sem)	Tiempo de operación (Hr/sem)	Costo de operación (S./Hr)	Costo total (S./Sem)
RESCATE	6	4320	4176	144	20.83	3000.00
MAT-PEL	12	4320	4140	180	20.83	3749.40
AMBULANCIA 1	12	4320	4200	120	37.5	4500.00
AMBULANCIA 2	18	4320	4176	144	27.78	4000.32
ESCALERA	18	4320	4104	216	13.89	3000.24
CAMIONETA	12	4320	4124	196	17.85	3498.6
					TOTAL	21748.56

Tabla N°74: valores y montos requeridos semestralmente.

Fuente: Elaboración propia.

Para la realización de un mantenimiento preventivo, realizado por los bomberos, se necesitarán unos gastos adicionales tanto en materiales, herramientas y capacitaciones como se detalla en la Tabla N°75.

GASTOS ADICIONALES	COSTOS
Herramientas	S/.2000.00
Materiales (cada 3 meses)	S/.2000.00
Capitaciones	S/.600.00

Tabla N°75: Gastos adicionales de la gestión de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente Tabla N°76, se muestra el resumen económico de los gastos para el mantenimiento correctivo antes de la elaboración el sistema de gestión de mantenimiento. Se muestra también los resúmenes de los costos que llevaría la realización del sistema preventivo propuesto en esta investigación, dando como resultado un ahorro considerable de S/.35651.44, que podría beneficiar a la compañía de bomberos de Trujillo. En el anexo N° 26, mostramos una cotización real de, solamente, dos vehículos.

INVERSIÓN	COSTO
Mantenimiento correctivo antes de la implementación	S/.62000.00
Mantenimiento preventivo del sistema de gestión propuesto	-S/.21748.56
Gastos adicionales de herramientas	-S/.2000.00
Gastos adicionales de materiales	-S/.2000.00
Gastos adicionales de capacitación	-S/.600.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/.35651.44</b>

Tabla N°76: Resumen económico de gastos.

Fuente: Elaboración propia.

#### **IV. DISCUSIÓN**

Respecto a los resultados obtenidos, se observó y posteriormente se constató que la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para las empresas que cuentan con unidades vehiculares y equipos en general, mejoran sus indicadores de mantenimiento, que son la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los vehículos y/o equipos.

Nuestros resultados guardan relación con lo que sostienen Braco (2017), Morales (2019), Chaname & Neciosup (2017), Carbajal (2016), entre otros autores estudiados. Quienes señalan la importancia de tener un sistema de gestión de mantenimiento en una empresa, ayudando este, a reducir costos (como el de un mantenimiento correctivo), en tener sus vehículos disponibles ante cualquier necesidad inmediata y sobre todo el confiar en sus unidades vehiculares o equipos que están usando.

En lo que respecta a como encontramos los indicadores de mantenimiento de cada vehículo, fue muy por debajo de lo establecido, sumado a que la institución no contaba con un plan de mantenimiento. Teniendo vehículos parados, por una o más fallas, un periodo de 6 meses o hasta un año. Por igual le sucedió a Braco (2017), al visitar la empresa Expreso Latino Americano de Chiclayo, no encontró ningún plan de mantenimiento, descubriendo falencias de productividad y rentabilidad en la empresa. Así mismo le sucedió a Morales (2019), encontrando pérdidas anuales de cien mil soles, al realizar un análisis de criticidad, no se esperaba menos, pues la empresa estaba muy crítica.

Lo primero que realizamos fue aplicar la técnica de recolección de datos, entrevistas al personal a cargo de las unidades vehiculares, obteniendo la información necesaria para implementar el sistema de gestión de mantenimiento. Rivadeneira & Torres (2013) también realizaron técnicas para recolectar datos, como la técnica de observación, descriptiva, correlacional y de exploración, las cuales fueron aplicadas en las investigaciones de campo, esos datos fueron utilizados para levantar cada uno de los procesos de la empresa. Por otra parte, Carbajal (2016) analizó, seleccionó y clasificó cada una de las unidades según la cantidad de fallas que tenga, con los datos obtenidos, realizó un diagrama de Pareto, encontrando los problemas más importantes y priorizar las intervenciones. En el caso de Espinoza (2014), se basó en involucrar a todo el personal de la empresa, basándose en 5 etapas de la inspección como en inventarios de equipos, archivos técnicos, estudio de necesidades técnicas de equipos, aplicación de mantenimiento y el control y ajuste del plan

de mantenimiento predictivo. Lo que más recalca de la recolección de datos, son las encuestas a los trabajadores de la empresa donde implementó el sistema de gestión de mantenimiento.

Al implementar el sistema de gestión de mantenimiento, los indicadores de mantenimiento cambiaron favorablemente, brindando la seguridad y confianza del funcionamiento de los vehículos, así mismo, su disponibilidad de cada uno de los vehículos. La diferencia de mejoramiento de la disponibilidad es de 48.5%; de confiabilidad, 60.13% y su mantenibilidad, 12.87%. Los mismos resultados positivos obtuvo Braco (2017) luego de implementar el sistema de gestión de mantenimiento, reduciendo las pérdidas mensuales de 47730 soles a 28150 soles en un periodo de 3 meses. Así mismo, Morales (2019) incrementó su disponibilidad en un 10%; la confiabilidad, 25% y redujo su mantenibilidad en un 17%. Estableciendo un retorno del 77% en un periodo de un año con tres meses, por la inversión realizada en el plan de mantenimiento. Por otro lado, Chaname & Neciosup (2017) incrementaron en un 20% la eficiencia de la flota de vehículos, por consecuencia, existió un beneficio económico del 40% por cada sol invertido en el mantenimiento.

## V. CONCLUSIONES

Se revisó la situación actual del mantenimiento de las unidades vehiculares en la compañía de bomberos y se pudo observar que no existe ningún sistema de gestión de mantenimiento, debido a que algunas unidades están fuera de servicio, a la espera de un mantenimiento correctivo, se pudo observar que la compañía de bomberos tampoco cuenta con herramientas, materiales, registros, para poder llevar un control mínimo sobre las unidades vehiculares, de tal manera esos factores influyen considerablemente en los indicadores de mantenimiento que son la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

A través de los datos recolectados que se obtuvieron por entrevistas realizadas al Jefe Comandante Teniente Brigadier, al Jefe de Operaciones Departamental, al Capitán y a un Bombero Voluntario, se pudo obtener la información necesaria para realizar el cálculo y hallar los valores de los indicadores de mantenimiento. En promedio de todos los vehículos, obtuvimos los siguientes valores: disponibilidad 40.90%, confiabilidad 31.35% y mantenibilidad 42.38%.

Se estableció una primera planificación para poder atender esta problemática. Se estudió diferentes métodos para elaborar un sistema de gestión de mantenimiento y se optó por utilizar el método AMEF (análisis de modo y efecto de fallas); como segundo paso, se realizó un análisis de criticidad para determinar el estado actual de cada vehículo; como tercer paso, se elaboró un plan de mantenimiento utilizando el método AMEF, obteniendo como resultados, valores positivos en los indicadores de mantenimiento. Los nuevos datos proyectados, promedio de todos los vehículos, a través de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento son: disponibilidad 89.40%, confiabilidad 91.47% y mantenibilidad 55.25%.

Al haber realizado la proyección del sistema de gestión de mantenimiento se pudo evaluar el beneficio económico que esto conlleva. El ahorro inicial proyectado nos indica la cantidad de S/.35651.44 en los primeros seis meses, los ahorros que se generan al realizar un mantenimiento preventivo son importantes, debido al poco presupuesto que la compañía de bomberos cuenta. Se evaluó el beneficio de la mejoría de los indicadores y mejoraron en un 48.50%, 60.13% y 12.87%, en disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, respectivamente; siendo esto reflejado en la mejoría del servicio de la compañía de bomberos de Trujillo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar las tareas establecidas en la propuesta de gestión de mantenimiento con el fin de obtener buenos índices en los indicadores de mantenimiento y contar con una disponibilidad frecuente en las unidades vehiculares de la compañía de bomberos.

Asignar responsables y designar tareas para el control del mantenimiento, llevando una lista detallada y legible para los operarios que realizarán las tareas asignadas.

Evitar el gasto económico en talleres externos, capacitando al personal de la compañía de bomberos para situaciones básicas de mantenimiento preventivo.

Implementar un taller en la compañía de bomberos con herramientas principales para realizar el trabajo de mantenimiento. Adquirir materiales accesibles y de constante uso en las tareas de inspección y revisión.

Llevar un archivo detallado de las inspecciones y tareas realizadas en el mantenimiento, de preferencia usar el programa Excel; dicho archivo debe ser de libre acceso para el personal encargado del área, con la finalidad de implementar mejoras continuas en el proceso de mantenimiento preventivo.

Se recomienda llevar un archivo estadístico detallado sobre las emergencias atendidas y las no atendidas por fallas en las unidades vehiculares, para poder demostrar y constatar la importancia de un plan de mantenimiento.

Los talleres externos, donde se realizarán los mantenimientos correctivos, deberán ser talleres constituidos formalmente y operados por personal calificado.

Por último, se recomienda realizar un sistema en gestión de mantenimiento a todas las compañías del departamento de La Libertad, con el propósito de conocer la situación actual de las unidades vehiculares y mejorar sus indicadores de mantenimiento.

## REFERENCIAS

**AIAG, Automotive Industry Action Group. 2008.** Automotive Industry Action Group AIAG. [En línea] 2008. <https://www.aiag.org/>.

**Álvarez Campos, Linder David. 2017.** *El AMEF para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa ENTRAFESA SAC.* Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú : s.n., 2017. Tesis de pregrado.

**Améndola, Luis. 2002.** *Modelos Mixtos de Confiabilidad.* Valencia : s.n., 2002.

**Barrientos Medina, Gabriela. 2017.** *Mejora de la Gestión de Mantenimiento de Maquinaria Pesada con la Metodología AMEF.* Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Perú : s.n., 2017. Tesis de pregrado.

**Bonet Borjas, Carlos Manuel. 2000.** *Estudio del sistema de mantenimiento de los equipos portuarios.* Universidad Tecnológica de La Habana - CUJAE. La Habana, Cuba : s.n., 2000. Tesis de Maestría. Título de Master en Ingeniería de Mantenimiento, Ingeniería de Transporte.

—. **2009.** *Fiabilidad aplicada al transporte.* Ingeniería de Transporte, Universidad Tecnológica de La Habana. La Habana, Cuba : s.n., 2009.

**Braco, Frank. 2017.** *Plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad y la confiabilidad de las unidades en la empresa de turismo latino americano E.I.R.L - Chiclayo (Tesis de pre grado).* Universidad Señor de Sipan. Chiclayo : s.n., 2017.

**Cabero, Julio, y otros. 2009.** LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DELPHI, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN INSTRUMENTO DE ANÁLISIS CATEGORIAL DE INVESTIGACIONES E-LEARNING. Sevilla, España : s.n., Marzo de 2009. 28.

**Campuzano, Oscar Paz. 2018.** Bomberos en crisis por falta de implementos . *El Comercio.* [En línea] 2018. [elcomercio.pe/lima/seguridad/bomberos-crisis-falta-implementos-informe-noticia-538014](http://elcomercio.pe/lima/seguridad/bomberos-crisis-falta-implementos-informe-noticia-538014).

**Carbajal, Pedro. 2016.** *Implementacion de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transportes el dorado s.a.c. (tesis de pre grado).* Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo : s.n., 2016.

**Cárcel, Francisco. 2015.** Consecuencias de la mala gestion del conocimiento en el mantenimiento industrial. Analisis de Casos. *Universidad Pontificia de Valencia.* [En línea] 2015. [riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/51764/Cárcel%20-%20Consecuencias%20de%20la%20mala%20gestión%20del%20conocimiento%20en%20el%20mantenimiento%20industrial.%20Análisis%20de%20casos.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/51764/Cárcel%20-%20Consecuencias%20de%20la%20mala%20gestión%20del%20conocimiento%20en%20el%20mantenimiento%20industrial.%20Análisis%20de%20casos.pdf?sequence=2&isAllowed=y).

**Chaname, Jose y Neciosup, Marcio. 2017.** *Plan de gestión de mantenimiento basado en la tecnica MRP para mejorar la eficiencia de la flotavehicular de la empresa de transportes y servicios VANINA E.I.R.L (Tesis de pre grago).* Universidad Señor de Spian. Chiclayo : s.n., 2017.

**Chávez Altamirano, Jorge Luis. 2018.** *Gestión de mantenimiento basado en el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) para incrementar la disponibilidad de los equipos jumbo en consorcio minero horizonte.* Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú : s.n., 2018. Tesis de pregrado.

**Chipia Lobo, Joan Fernando. 2012.** Slide Share. [En línea] 9 de agosto de 2012.  
<https://es.slideshare.net/JoanFernandoChipia/tcnicas-e-instrumentos-13930114>.

**CMMS Software for Preventive Maintenance. 2019.** maintsmart. [En línea] 2019.  
[www.maintsmart.com/fire-department-cmms-software/](http://www.maintsmart.com/fire-department-cmms-software/).

**de la Cruz Lores, Adán. 2014.** *Evaluación a la gestión de mantenimiento de la Empresa.* Instituto Superior Minero Metalúrgico “Dr. Antonio Núñez Jiménez”. Moa, Cuba : s.n., 2014. Tesis de pregrado.

**El Tiempo . 2018.** Bomberos atraviesan crisis por falta de mantenimiento en vehículos. *ELTiempo*. [En línea] 18 de octubre de 2018. [eltiempo.pe/piura-bomberos-atraviesan-crisis-por-falta-de-mantenimiento-en-vehiculos/](http://eltiempo.pe/piura-bomberos-atraviesan-crisis-por-falta-de-mantenimiento-en-vehiculos/).

**Espinoza, Edgar. 2014.** *Diseño d eun plan de gestion de mantenimiento preventivo para incrementar la vida nominal de los equipos: vehiculos livianos y maquinas-herramientas. empresa COOPSOL MINERIA Y PETROLIA S.A. (Tesis de pre grado).* Universidad Nacional del Callao. Lima : s.n., 2014.

**Garcia, Santiago. 2003.** *Organizacion Yy gestion de mantenimiento: manual practico para la implementacion de sistemas de gestion avanzados de mantenimiento industrial.* Madrid : Diaz de Santo, S.A, 2003.

**Gonzales, Francisco. 2004.** *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión.* Madrid : FC Editorial, 2004.

—. **2005.** *Teoria y practica del mantenimiento industrial avanzado. 2.* s.l. : Fundacion Confemetal, 2005.

**Hernandez, Roberto, Fernandez, Carlos y Baptista, Maria. 2010.** *Metodologia de la Investigacion.* quinta. s.l. : McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A., 2010.

**Hidalgo, Ibsen. 2010.** *Propuesta de un sistema de gestion de mantenimiento para la flota vehicular del consejo provincial de Loja.* Universidad Politecnica Salesiana, Cuenca, Ecuador : 2010.

**Joaquín Alonso. 2004.** *Técnicas de Mantenimiento Industrial.* 2004.

**Junta Nacional de Bomberos de Chile. 2018.** Bomberos de Chile fue reconocida la institución más confiable y reconocida en el 2018. 50 *revista bomberos de Chile.* 2018.

**Mesa, Dairo, Ortiz, Yesid y Pinzon, Manuel. 2006.** La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. 30 *Scientia Et Technica.* 2006. Vol. XII, págs. 155-160.

**Mora, Luis. 2009.** *MANTENIMIENTO. Planeacion, ejecucion y control.* s.l. : Alfaomega Grupo Editor, 2009.

**Morales, Oswaldo. 2019.** *Plan de gestión de mantenimiento preventivo en base a auditoría en curtiembre Piel Trujillo S.A.C. para aumentar disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de equipos y reducir costos de fallas.* Universidad Cesar Vallejo, Trujillo : 2019.

**Navarro, Luis, Pastor, Ana y Mugaburu, Jaime. 1997.** *Gestión integral de mantenimiento.* Barcelona : Marcombo, 1997.

**Padilla, Cesar. 2012.** *Plan de gestión de mantenimiento para la flota vehicular del gobierno autonomo descentralizado intercultural de la ciudad del cañar.* Universidad Politecnica Salesiana, Cuenca, Ecuador : 2012.

**Rivadeneria, Jose y Torres, Heidy. 2013.** *Elaboracion de un manual de procedimientos y costos estadistico para mantenimiento vehicular en el area de transporte de la EP-PETRODUCCION FILIAL LAGO AGRARIO.* Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador : 2013.

**Rodríguez Pérez, Emilio, Bonet Borjas, Carlos Manuel y Pérez Quiñones, Liyen. 2013.** Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga. La Habana, Cuba : s.n., 2013.

**Tavares, Lourival Augusto. 2012.** *Administración Moderna de Mantenimiento.* Brasil : s.n., 2012.

**Torres, Leandro Daniel. 2005.** *Mantenimiento. Su Implementación y Gestión de Leandro Daniel Torres.* Córdoba : UNIVERSITAS, 2005. Vol. 2.

**Uparela, Jose. 2013.** *Medicion Estrategica cmd en el sistema de vapor de una planata quimica en el departamento del atlantico.* Universidad EAFIT, Medellin, Colombia : 2013.

**Vargas Vallejo, Michel Eduardo. 2007.** *Distribución de planta de un taller de mantenimiento automotriz para vehículos de hasta 3 toneladas para transporte de pasajeros.* Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador : s.n., 2007. págs. 165, 174, Tesis de pregrado.

**Viveros, Pablo, y otros. 2013.** Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería.* 2013. Vol. 21, 1.

**Zegarra, Manuel. 2016.** Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Universidad Alas Peruanas.* [En línea] 2016. es.scribd.com/document/334991238/1219-4459-1-PB.

**ANEXOS**

SISTEMA											
Vehículo:				Marca:				Sub-sistemas:			
Análisis inicial							Control				
Sub-sistema de análisis	Función	Modo de falla potencial	Efecto de falla	S	Causa de falla	O	Controles actuales de detección	D	IPR	Estado actual	

Anexo N° 1: Tabla AMEF (Análisis de modo y efecto de fallas), estado actual. Fuente: Elaboración propia.

SISTEMA									
Vehículo:				Marca:			Sub-sistemas:		
Acciones recomendadas				Evaluación nueva					
Tipo de tarea	Tarea			S	O	D	IPR	Nuevo estado	Ejecutor

Anexo N° 2: Tabla AMEF (Análisis de modo y efecto de fallas), estado final.

Fuente: Elaboración propia.

RANGO DE SEVERIDAD		
EFEECTO	RANGO	CRITERIO
Ninguno	1	Sin efecto
Muy poco	2	Muy poco efecto en el desempeño del equipo
Poco	3	Poco efecto en el desempeño del equipo
Menor	4	Efecto menor en la producción del equipo
Moderado	5	Efecto moderado en la producción del equipo
Significativo	6	Efecto significativo en la producción del equipo
Mayor seriamente	7	El desempeño del equipo se ve afectado pero funciona
Extremo inoperable	8	Equipo opera a un 60%, baja su productividad
Serio riesgo de tiempo	9	Peligro potencial afecta severamente al equipo
Efecto peligroso de riesgo	10	Falla repentina, equipo fuera de servicio

Anexo N° 3: Tabla de gravedad de falla. Fuente: Elaboración propia

RANGO DE OCURRENCIA		
EFEECTO	RANGO	CRITERIO
Remota	1	Falla improbable
Muy poca	2	Falla poco probable
Poca	3	Falla asociada con el desgaste
Moderada	4,5,6	Falla ocasional
Alta	7,8	Falla recurrente
Muy baja	9,10	Falla inevitable

Anexo N° 4: Tabla de ocurrencia de falla. Fuente: Elaboración propia

RANGO DE DETECCION		
EFEECTO	RANGO	CRITERIO
Muy visible	1,2	Detección en una inspección rutinaria
Visible	3,4	Detección en inspección preventiva
Moderada detección	5,6	Antes del funcionamiento del equipo
Poco visible	7,8	Detectado en medio del funcionamiento
No visible	9,10	No detectable hasta que se produce la falla

Anexo N° 5: Tabla de detección de falla. Fuente: Elaboración propia

RANGO ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO	
ÍNDICE	CRITERIO
20-60	Normal
61-93	Preocupante
94-119	Criterio
120-140	Alarmante
Mayor a 140	Inmediato

Anexo N° 6: Tabla de índice de prioridad de riesgo (IPT). Fuente: Elaboración propia

Cálculo del **estado inicial** del vehículo RESCATE.

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 720

Tiempo total de operación = 3600

Número de fallas = 20

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{3600}{20} = \mathbf{180}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{720}{20} = \mathbf{36}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \dots \dots \dots (\text{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{180} = \mathbf{0.0055}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \dots \dots \dots (\text{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{36} = \mathbf{0.028}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{180}{180 + 36} * 100\% = \mathbf{83.33\%}$$

Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda \cdot t}{100}} \right) * 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.005 * 4320}{100}} \right) * 100\% = \mathbf{78.85\%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu \cdot t}{100}} \right) * 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.028 * 4320}{100}} \right) * 100\% = \mathbf{70.17\%}$$

Cálculo del **estado inicial** del vehículo AMBULANCIA 1.

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 774

Tiempo total de operación = 3546

Número de fallas = 48

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{3546}{51} = \mathbf{69.53}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{774}{51} = \mathbf{15.18}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \dots \dots \dots (\text{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{69.53} = \mathbf{0.014}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \dots \dots \dots (\text{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{15.18} = \mathbf{0.066}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \dots (\text{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{69.53}{69.53 + 15.18} = \mathbf{82.10\%}$$

Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda \cdot t}{100}} \right) x 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.014 \cdot 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{54.62\%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu \cdot t}{100}} \right) x 100\% \dots (\text{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.066 \cdot 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{94.27\%}$$

Anexo N° 8: Hoja de cálculo

Cálculo del **estado inicial** del vehículo CAMIONETA.

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 864

Tiempo total de operación = 3436

Número de fallas = 48

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \quad \dots \dots (\text{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{3436}{48} = \mathbf{72}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \quad \dots \dots (\text{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{864}{48} = \mathbf{18}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \dots \dots \dots (\text{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{72} = \mathbf{0.014}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \dots \dots \dots (\text{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{18} = \mathbf{0.053}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \quad \dots \dots \dots (\text{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{72}{72 + 18} = \mathbf{80.00\%}$$

Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda \cdot t}{100}} \right) x 100\% \quad \dots \dots \dots (\text{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.014 \cdot 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{54.62\%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu \cdot t}{100}} \right) x 100\% \quad \dots \dots \dots (\text{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.053 \cdot 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{89.87\%}$$

**Cálculo proyectado luego de propuesta de mantenimiento. Vehículo RESCATE.**

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 560

Tiempo total de operación = 3760

Número de fallas = 9

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{3760}{9} = \mathbf{417.70}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{560}{9} = \mathbf{62.22}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \dots \dots \dots (\text{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{417.7} = \mathbf{0.0024}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \dots \dots \dots (\text{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{62.22} = \mathbf{0.016}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{417.70}{417.70 + 62.22} = \mathbf{87.00\%}$$

Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda \cdot t}{100}} \right) x 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.0024 * 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{90.15\%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu \cdot t}{100}} \right) x 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.016 * 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{50.00\%}$$

Cálculo **proyectado luego de propuesta de mantenimiento.** Vehículo MAP-TEL.

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 560

Tiempo total de operación = 3760

Número de fallas = 9

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{3760}{9} = \mathbf{417.70}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{560}{9} = \mathbf{62.22}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \dots \dots \dots (\text{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{417.7} = \mathbf{0.0024}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \dots \dots \dots (\text{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{62.22} = \mathbf{0.016}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{417.70}{417.70 + 62.22} = \mathbf{87.00\%}$$

Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda.t}{100}} \right) x 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.0024*4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{90.15\%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu.t}{100}} \right) x 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.016*4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{50.00\%}$$

**Cálculo proyectado luego de propuesta de mantenimiento. Vehículo AMBULANCIA 1**

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 495

Tiempo total de operación = 3825

Número de fallas = 8

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{3825}{8} = \mathbf{478.2}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \dots \dots (\text{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{495}{8} = \mathbf{61.87}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \dots \dots \dots (\text{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{478.2} = \mathbf{0.0021}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \dots \dots \dots (\text{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{61.87} = \mathbf{0.016}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{478.2}{478.2 + 61.87} = \mathbf{86.00\%}$$

Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda \cdot t}{100}} \right) x 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.0021 \cdot 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{91.32\%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu \cdot t}{100}} \right) x 100\% \dots \dots \dots (\text{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.016 \cdot 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{49.50\%}$$

**Cálculo proyectado luego de propuesta de mantenimiento. Vehículo AMBULANCIA 2**

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 303

Tiempo total de operación = 4017

Número de fallas = 7

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \quad \dots \dots (\text{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{4017}{7} = \mathbf{573.8}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \quad \dots \dots (\text{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{303}{7} = \mathbf{43.29}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \dots \dots (\text{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{478.2} = \mathbf{0.0017}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \dots \dots (\text{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{61.87} = \mathbf{0.023}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \quad \dots \dots (\text{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{573.8}{573.8 + 43.29} = \mathbf{93.00\%}$$

Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda \cdot t}{100}} \right) x 100\% \quad \dots \dots (\text{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.0017 \cdot 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{92.90\%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu \cdot t}{100}} \right) x 100\% \quad \dots (\text{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.023 \cdot 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{63.00\%}$$

**Cálculo proyectado luego de propuesta de mantenimiento. Vehículo ESCALA**

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 458.5

Tiempo total de operación = 3861.5

Número de fallas = 6

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \quad \dots \dots (\text{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{3861.5}{6} = \mathbf{643.6}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \quad \dots \dots (\text{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{458.5}{6} = \mathbf{76.41}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \dots \dots (\text{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{643.6} = \mathbf{0.0016}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \dots \dots (\text{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{76.41} = \mathbf{0.013}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \quad \dots \dots (\text{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{643.6}{643.6 + 76.41} = \mathbf{89.38\%}$$

Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda \cdot t}{100}} \right) x 100\% \quad \dots \dots (\text{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.0016 \cdot 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{93. \%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu \cdot t}{100}} \right) x 100\% \quad \dots (\text{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.013 \cdot 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{43.00\%}$$

**Cálculo proyectado luego de propuesta de mantenimiento. Vehículo CAMIONETA**

Datos: Tiempo programado para operar (t) = 4320

Tiempo total de reparación = 266.5

Tiempo total de operación = 4053.5

Número de fallas = 9

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \quad \dots \dots (\text{ec. 5})$$

$$MTBF = \frac{4053.4}{9} = \mathbf{450.4}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \quad \dots \dots (\text{ec. 6})$$

$$MTTR = \frac{266.5}{9} = \mathbf{29.61}$$

Tasa de fallas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \dots \dots \dots (\text{ec. 9}) \rightarrow \lambda = \frac{1}{450.4} = \mathbf{0.0022}$$

Tasa de reparaciones

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \dots \dots \dots (\text{ec. 11}) \rightarrow \mu = \frac{1}{29.61} = \mathbf{0.033}$$

Disponibilidad

$$D_{(t)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \quad \dots \dots \dots (\text{ec. 4}) \rightarrow D_{(t)} = \frac{450.4}{450.4 + 29.61} = \mathbf{94.00\%}$$

Confiabilidad

$$C_{(t)} = \left( e^{\frac{-\lambda t}{100}} \right) x 100\% \quad \dots \dots \dots (\text{ec. 8}) \rightarrow C_{(t)} = \left( e^{\frac{-0.0022 * 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{91.00\%}$$

Mantenibilidad

$$M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-\mu t}{100}} \right) x 100\% \quad \dots (\text{ec. 10}) \rightarrow M_{(t)} = 1 - \left( e^{\frac{-0.033 * 4320}{100}} \right) x 100\% = \mathbf{76.00\%}$$



Anexo N° 16: Vehículo de Rescate



Anexo N° 17: Vehículo de MAT-PEL (Materiales peligrosos)



Anexo N° 18: Vehículo – Ambulancia 1



Anexo N° 19: Vehículo – Ambulancia 2



Anexo N° 20: Vehículo de Escala



Anexo N° 21: Vehículo – Camioneta

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO					
EMPRESA : COMPAÑÍA DE BOMBEROS DE TRUJILLO N° 26				ÁREA:	MANTENIMIENTO
RESPONSABLES: Luis Carlos Cabrera Cabada Cargo: Jefe Comandante Teniente Brigadier				FECHA:	17/10/2019
ÍTEM	PREGUNTAS	PUNTAJES DE EVALUACIÓN			Puntaje de ÍTEM
		0	1	2	
1	¿Cuenta con algún conocimiento básico sobre mantenimiento a unidades vehiculares?	No	Regular	Sí	0
2	¿En qué estado cree Ud., que se encuentran los vehículos de la compañía?	Malo	Regular	Bueno	0
3	La compañía, ¿cuenta con unidades disponibles para atender diferentes emergencias?	No	A veces	Sí	1
4	¿Existe un plan de gestión de mantenimiento dentro de la compañía?	No	No sé	Sí	0
5	¿Quién realiza las reparaciones de las unidades vehiculares?	Personal no calificado	Personal empírico	Personal calificado	1
6	La compañía, ¿cuenta con herramientas, repuestos en stock, materiales necesarios para realizar reparaciones?	No	A veces	Sí	0
7	¿Existe un inventario de herramientas y repuestos?	No	A veces	Sí	0
8	¿Existen capacitaciones para realizar mantenimiento a los vehículos?	No	A veces	Sí	0
9	¿Se planifica los mantenimientos para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	0
10	¿Cree Ud. que la compañía de bomberos realizaría un mejor trabajo si contara con las unidades vehiculares disponibles?	No	A veces	Sí	2
11	¿Cree Ud. que es de mucha importancia contar con un plan de mantenimiento para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	2
12	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con registros, documentos, sobre reparaciones o mantenimientos realizados a los vehículos?	No	A veces	Sí	0
13	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con algún documento estadístico sobre llamadas de emergencia atendidas y no atendidas?	No	No sé	Sí	2
14	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con presupuesto mensual del estado?	No	A veces	Sí	1
15	¿Cree Ud. que la compañía necesita un plan de mantenimiento para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	2
16	La compañía de bomberos. ¿Está presta a recibir propuestas de mejora?	No	A veces	Sí	2
17	¿Existe un organigrama en la compañía de bomberos?	No	Algunos	Sí	1
18	¿Se analizan las posibles fallas y sus efectos?	No	A veces	Sí	0
19	¿Se realizan los reportes e informes de las intervenciones mecánicas?	No	A veces	Sí	0
20	Ud. Cree, ¿Qué los informes aporten información útil para la toma de decisiones?	No	A veces	Sí	2
<b>Total de puntuación:</b>					<b>16</b>

Anexo N° 22: Encuesta al Comandante Tnte, Luis Cabrera.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO					
EMPRESA : COMPAÑÍA DE BOMBEROS DE TRUJILLO N° 26				ÁREA:	MANTENIMIENTO
RESPONSABLES: Carlos Adolfo Canales Lozano Cargo: Jefe de Operaciones Regional				FECHA:	23/10/2019
ÍTEM	PREGUNTAS	PUNTAJES DE EVALUACIÓN			Puntaje de ÍTEM
		0	1	2	
1	¿Cuenta con algún conocimiento básico sobre mantenimiento a unidades vehiculares?	No	Regular	Sí	1
2	¿En qué estado cree Ud., que se encuentran los vehículos de la compañía?	Malo	Regular	Bueno	0
3	La compañía, ¿cuenta con unidades disponibles para atender diferentes emergencias?	No	A veces	Sí	1
4	¿Existe un plan de gestión de mantenimiento dentro de la compañía?	No	No sé	Sí	0
5	¿Quién realiza las reparaciones de las unidades vehiculares?	Personal no calificado	Personal empírico	Personal calificado	1
6	La compañía, ¿cuenta con herramientas, repuestos en stock, materiales necesarios para realizar reparaciones?	No	A veces	Sí	1
7	¿Existe un inventario de herramientas y repuestos?	No	A veces	Sí	0
8	¿Existen capacitaciones para realizar mantenimiento a los vehículos?	No	A veces	Sí	0
9	¿Se planifica los mantenimientos para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	1
10	¿Cree Ud. que la compañía de bomberos realizaría un mejor trabajo si contara con las unidades vehiculares disponibles?	No	A veces	Sí	2
11	¿Cree Ud. que es de mucha importancia contar con un plan de mantenimiento para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	2
12	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con registros, documentos, sobre reparaciones o mantenimientos realizados a los vehículos?	No	A veces	Sí	1
13	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con algún documento estadístico sobre llamadas de emergencia atendidas y no atendidas?	No	No sé	Sí	2
14	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con presupuesto mensual del estado?	No	A veces	Sí	1
15	¿Cree Ud. que la compañía necesita un plan de mantenimiento para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	2
16	La compañía de bomberos. ¿Está presta a recibir propuestas de mejora?	No	A veces	Sí	2
17	¿Existe un organigrama en la compañía de bomberos?	No	Algunos	Sí	1
18	¿Se analizan las posibles fallas y sus efectos?	No	A veces	Sí	0
19	¿Se realizan los reportes e informes de las intervenciones mecánicas?	No	A veces	Sí	0
20	Ud. Cree, ¿Qué los informes aporten información útil para la toma de decisiones?	No	A veces	Sí	2
<b>Total de puntuación:</b>					<b>20</b>

Anexo N° 23: Encuesta al Jefe de Operaciones Departamental, Adolfo Canales.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO					
EMPRESA : COMPAÑÍA DE BOMBEROS DE TRUJILLO N° 26			ÁREA:	MANTENIMIENTO	
RESPONSABLES: Alexander Joaldo Rodríguez Vigo			Cargo: Bombero Voluntario	FECHA:	19/10/2019
ÍTEM	PREGUNTAS	PUNTAJES DE EVALUACIÓN			Puntaje de ÍTEM
		0	1	2	
1	¿Cuenta con algún conocimiento básico sobre mantenimiento a unidades vehiculares?	No	Regular	Sí	0
2	¿En qué estado cree Ud., que se encuentran los vehículos de la compañía?	Malo	Regular	Bueno	0
3	La compañía, ¿cuenta con unidades disponibles para atender diferentes emergencias?	No	A veces	Sí	1
4	¿Existe un plan de gestión de mantenimiento dentro de la compañía?	No	No sé	Sí	0
5	¿Quién realiza las reparaciones de las unidades vehiculares?	Personal no calificado	Personal empírico	Personal calificado	1
6	La compañía, ¿cuenta con herramientas, repuestos en stock, materiales necesarios para realizar reparaciones?	No	A veces	Sí	0
7	¿Existe un inventario de herramientas y repuestos?	No	A veces	Sí	0
8	¿Existen capacitaciones para realizar mantenimiento a los vehículos?	No	A veces	Sí	0
9	¿Se planifica los mantenimientos para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	0
10	¿Cree Ud. que la compañía de bomberos realizaría un mejor trabajo si contara con las unidades vehiculares disponibles?	No	A veces	Sí	2
11	¿Cree Ud. que es de mucha importancia contar con un plan de mantenimiento para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	2
12	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con registros, documentos, sobre reparaciones o mantenimientos realizados a los vehículos?	No	A veces	Sí	0
13	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con algún documento estadístico sobre llamadas de emergencia atendidas y no atendidas?	No	No sé	Sí	1
14	La compañía de bomberos, ¿Cuenta con presupuesto mensual del estado?	No	A veces	Sí	1
15	¿Cree Ud. que la compañía necesita un plan de mantenimiento para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	2
16	La compañía de bomberos. ¿Está presta a recibir propuestas de mejora?	No	A veces	Sí	2
17	¿Existe un organigrama en la compañía de bomberos?	No	Algunos	Sí	0
18	¿Se analizan las posibles fallas y sus efectos?	No	A veces	Sí	0
19	¿Se realizan los reportes e informes de las intervenciones mecánicas?	No	A veces	Sí	0
20	Ud. Cree, ¿Qué los informes aporten información útil para la toma de decisiones?	No	A veces	Sí	2
<b>Total de puntuación:</b>					<b>14</b>

Anexo N° 24: Encuesta al bombero voluntario, Joaldo Rodríguez

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO					
EMPRESA : COMPAÑÍA DE BOMBEROS DE TRUJILLO N° 26			ÁREA:	MANTENIMIENTO	
RESPONSABLES: Chicoma Cargo: Capitán			FECHA:	17/10/2019	
ÍTEM	PREGUNTAS	PUNTAJES DE EVALUACIÓN			Puntaje de ÍTEM
		0	1	2	
1	¿Cuenta con algún conocimiento básico sobre mantenimiento a unidades vehiculares?	No	Regular	Sí	0
2	¿En qué estado cree Ud., que se encuentran los vehículos de la compañía?	Malo	Regular	Bueno	0
3	La compañía, ¿cuenta con unidades disponibles para atender diferentes emergencias?	No	A veces	Sí	1
4	¿Existe un plan de gestión de mantenimiento dentro de la compañía?	No	No sé	Sí	0
5	¿Quién realiza las reparaciones de las unidades vehiculares?	Personal no calificado	Personal empírico	Personal calificado	1
6	La compañía, ¿cuenta con herramientas, repuestos en stock, materiales necesarios para realizar reparaciones?	No	A veces	Sí	0
7	¿Existe un inventario de herramientas y repuestos?	No	A veces	Sí	0
8	¿Existen capacitaciones para realizar mantenimiento a los vehículos?	No	A veces	Sí	0
9	¿Se planifica los mantenimientos para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	0
10	¿Cree Ud. que la compañía de bomberos realizaría un mejor trabajo si contara con las unidades vehiculares disponibles?	No	A veces	Sí	2
11	¿Cree Ud. que es de mucha importancia contar con un plan de mantenimiento para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	2
12	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con registros, documentos, sobre reparaciones o mantenimientos realizados a los vehículos?	No	A veces	Sí	0
13	La compañía de bomberos. ¿Cuenta con algún documento estadístico sobre llamadas de emergencia atendidas y no atendidas?	No	No sé	Sí	2
14	La compañía de bomberos, ¿Cuenta con presupuesto mensual del estado?	No	A veces	Sí	1
15	¿Cree Ud. que la compañía necesita un plan de mantenimiento para las unidades vehiculares?	No	A veces	Sí	2
16	La compañía de bomberos. ¿Está presta a recibir propuestas de mejora?	No	A veces	Sí	2
17	¿Existe un organigrama en la compañía de bomberos?	No	Algunos	Sí	0
18	¿Se analizan las posibles fallas y sus efectos?	No	A veces	Sí	0
19	¿Se realizan los reportes e informes de las intervenciones mecánicas?	No	A veces	Sí	0
20	Ud. Cree, ¿Qué los informes aporten información útil para la toma de decisiones?	No	A veces	Sí	2
<b>Total de puntuación:</b>					<b>15</b>

Anexo N° 25: Encuesta al Capitán Chicoma

**MOTORED**

COTIZACIÓN N°

CÓDIGO: EVC-FOR-04 VERSIÓN: 06

IV--17102019-12

RUC: 20543285056

SECUENCIA:

12

FECHA:

17/10/2019

Dirección: Km 31 Panamericana Sur - Lurín - Lima - Perú | Teléfono: 5186000

SEGURO:

CLIENTE: INTENDENCIA NACIONAL DE BOMBEROS

OT N°:

ATENCIÓN SR(A): JESSICA PAOLA MINANO GUILLERMO

MARCA: IV

TELÉFONO: 994405253

CHASIS: ZCFA1MM1402604609

EMAIL: [minano@bomberosperu.gob.pe](mailto:minano@bomberosperu.gob.pe)

MOTOR: 1040153

R.U.C: 20131366885 / 1052087

PLACA: EUE-054

KILOMETRAJE:

HORÓMETRO:

CÓDIGO	REPUESTOS	DSCT.	CANT.	VALOR UNIT. US\$	VALOR VENTA US\$
	TIRANTE (16 días)	6%	2	S/87.87	S/165.20
	PALANCA (16 días)	6%	2	S/189.35	S/355.98
	AMORTIGUADOR (25 días)	6%	2	S/1,194.92	S/2,246.45
	FUELLE SUSP.NEUMAT (16 días)	6%	2	S/2,720.08	S/5,113.75

SUB TOTAL VALOR VENTA DE REPUESTOS: S/7,881.37

CÓDIGO	MANO DE OBRA MECANICA Y ELECTRICA	CANT	VALOR UNIT. US\$	VALOR VENTA US \$
	CAMBIO DE BOLSAS DE AIRE	1	S/835.20	S/835.20
	DESM/ MONT DE AMORTIGUADOR DE SUSPENSION	1	S/208.80	S/208.80
	CAMBIO DE REGULADORES DE SUSPENSION	1	S/208.80	S/208.80

SUB TOTAL VALOR DE MANO DE OBRA: S/1,252.80

CÓDIGO	MANO DE OBRA PLANCHADO	CANT	VALOR UNIT. US\$	VALOR VENTA US \$
				S/0.00

SUB TOTAL VALOR DE PLANCHADO: S/0.00

CÓDIGO	MANO DE OBRA PINTURA	CANT.	VALOR UNIT. US\$	VALOR VENTA US\$
				S/0.00

SUB TOTAL VALOR DE PINTURA: S/0.00

MISCELÁNEOS	CANT.	VALOR UNIT. US\$	VALOR VENTA US\$
MATERIALES VARIOS	1	S/69.60	S/69.60

SUB TOTAL MISCELÁNEOS VALOR DE VENTA US\$ S/69.60

DURACION DEL SERVICIO (DIAS) :	30	SUB TOTAL	S/9,203.77
1.- Contados a partir del envío de la Orden de Compra, Orden de Servicio, Confirmación de Pago o correo de aceptación de cotización, para Clientes con Línea de Crédito disponible.		DESCUENTO	
2.- Contados a partir de la Confirmación de Pago, para Cliente sin Línea de Crédito disponible.		IGV 18%	S/1,656.68
		TOTAL VENTA	S/10,860.45

Quedamos a la espera de su amable aprobación y Orden de Compra

Anexo N° 26: Cotización para reparar dos vehículos

Demostración matemática del análisis de criticidad en los siguientes anexos. Los valores de los factores se encuentran en tablas N°1, 2, 3, 4, 5, ubicadas en el marco teórico y el nivel de criticidad en la figura N°1, la cual, mostramos a continuación.

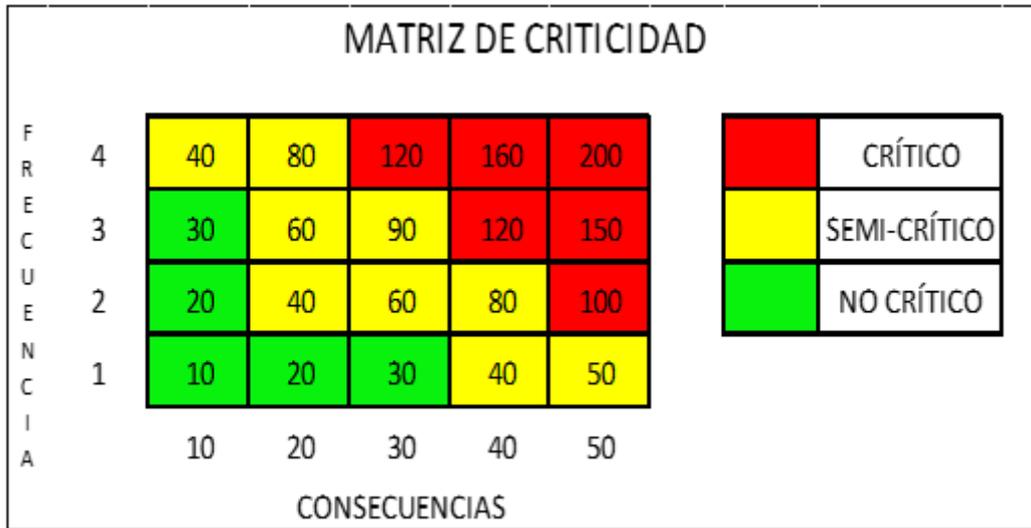


Figura N°1: Matriz de criticidad  
Fuente. (Silva Ardilla, y otros, 2009)

$$Crt = Ff \times C \quad \dots\dots\dots (ec. 1)$$

$$C = (Fo \times Io) + Cm + Isa \quad \dots\dots\dots (ec. 2)$$

Anexo N° 27: Análisis de criticidad: vehículo RESCATE

Sistemas	$C = (Fo \times Io) + Cm + Isa$	$Crt = Ff \times C$	TOTAL
Suspensión	$C = (10 \times 4) + 8 + 2 = 50$	$Crt = 3 \times 50$	150 CRÍTICO
Hidráulico	$C = (10 \times 3) + 8 + 1 = 39$	$Crt = 3 \times 39$	78 SEMI CRÍTICO
Eléctrico	$C = (2 \times 2) + 1 + 1 = 6$	$Crt = 2 \times 11$	22 NO CRÍTICO

Anexo N° 28: Análisis de criticidad: vehículo MAPTEL

Sistemas	$C = (Fo \times Io) + Cm + Isa$	$Crt = Ff \times C$	TOTAL
Suspensión	$C = (10 \times 4) + 8 + 2 = 50$	$Crt = 4 \times 50$	200 CRÍTICO
Eléctrico	$C = (4 \times 2) + 2 + 1 = 11$	$Crt = 2 \times 6$	12 NO CRÍTICO

Anexo N° 29: Análisis de criticidad: vehículo AMBULACIA 1

<b>Sistemas</b>	<b>C= (Fo x Io) + Cm + Isa</b>	<b>Crt = Ff x C</b>	<b>TOTAL</b>
Eléctrico	$C = (3 \times 2) + 1 + 2 = 9$	$Crt = 4 \times 9$	36 NO CRÍTICO
Inyección	$C = (4 \times 4) + 1 + 2 = 39$	$Crt = 4 \times 19$	76 SEMI CRÍTICO
Transmisión	$C = (4 \times 2) + 2 + 1 = 11$	$Crt = 2 \times 11$	22 NO CRÍTICO

Anexo N° 30: Análisis de criticidad: vehículo ESCALA

<b>Sistemas</b>	<b>C= (Fo x Io) + Cm + Isa</b>	<b>Crt = Ff x C</b>	<b>TOTAL</b>
Escala	$C = (10 \times 4) + 8 + 2 = 50$	$Crt = 4 \times 50$	200 CRÍTICO
Eléctrico	$C = (3 \times 3) + 1 + 1 = 11$	$Crt = 2 \times 11$	22 NO CRÍTICO
Mecánico	$C = (10 \times 4) + 3 + 1 = 44$	$Crt = 1 \times 44$	44 SEMI CRÍTICO
Hidráulico	$C = (10 \times 4) + 8 + 1 = 49$	$Crt = 2 \times 49$	98 CRÍTICO

Anexo N° 31: Análisis de criticidad: vehículo AMBULANCIA 2

<b>Sistemas</b>	<b>C= (Fo x Io) + Cm + Isa</b>	<b>Crt = Ff x C</b>	<b>TOTAL</b>
Suspensión	$C = (10 \times 4) + 8 + 2 = 50$	$Crt = 4 \times 50$	200 CRÍTICO
Mecánico	$C = (10 \times 4) + 3 + 2 = 45$	$Crt = 4 \times 45$	180 CRÍTICO
Carrocería	$C = (10 \times 4) + 8 + 1 = 49$	$Crt = 4 \times 49$	196 CRÍTICO
Frenos	$C = (10 \times 1) + 8 + 1 = 19$	$Crt = 1 \times 19$	19 NO CRÍTICO
Eléctrico	$C = (4 \times 3) + 3 + 1 = 16$	$Crt = 2 \times 16$	32 SEMI CRÍTICO

Anexo N° 32: Análisis de criticidad: vehículo CAMIONETA

<b>Sistemas</b>	<b>C= (Fo x Io) + Cm + Isa</b>	<b>Crt = Ff x C</b>	<b>TOTAL</b>
Eléctrico	$C = (10 \times 4) + 8 + 2 = 50$	$Crt = 3 \times 50$	150 CRÍTICO
Mecánico	$C = (10 \times 3) + 8 + 1 = 39$	$Crt = 2 \times 39$	78 SEMI CRÍTICO
Distribución	$C = (10 \times 1) + 3 + 1 = 11$	$Crt = 2 \times 34$	68 NO CRÍTICO

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	✓		✓		✓		
2	✓		✓		✓		
<b>Aspectos Generales</b>					Sí	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					✓		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					✓		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir.					✓		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				SI	NO APLICABLE		
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

Apellidos y nombres : IPARRAGUIRRE LOZANO ARQUIMEDES

Profesión : INGENIERO MECANICO

Especialidad : MANTENIMIENTO

CIP: 73016

  
 Arquimedes Lozano  
 ING. MECANICO  
 R. CIP. 73016

\_\_\_\_\_  
Firma del experto

Anexo N° 33. Validación de experto.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	✓		✓		✓		
2	✓		✓		✓		
<b>Aspectos Generales</b>					Sí	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					✓		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					✓		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir.					✓		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				✓	NO APLICABLE		
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

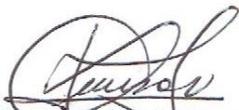
<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

Apellidos y nombres : *Inciso Vásquez Jorge Antonio*  
 Profesión : *Ingeniero Mecánico*  
 Especialidad : *Mantenimiento*

  
**Jorge A. Inciso Vásquez**  
 ING. MECÁNICO  
 R. CIP. 88717

**Firma del experto**

Anexo N° 34. Validación de experto.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	✓		✓		✓		
2	✓		✓		✓		
<b>Aspectos Generales</b>					Sí	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					✓		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					✓		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir.					✓		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				✓	NO APLICABLE		
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

Apellidos y nombres : **BOLAÑOS GRAU, ELMER**

Profesión : **INGENIERO MECÁNICO**

Especialidad : **MANTENIMIENTO**

  
Firma del experto

