

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Propuesta de un plan de mantenimiento en las grúas automotrices de la empresa Autotecnia Car E. I. R. L. para disminuir pérdidas económicas**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**Marcos Antonio Ramos Pejerrey**

**ASESOR**

**Sonia Mirtha Salazar Zegarra**

**<https://orcid.org/0000-0002-5299-1200>**

**Chiclayo, 2022**

**Propuesta de un plan de mantenimiento en las grúas automotrices  
de la empresa Autotecnia Car E. I. R. L. para disminuir pérdidas  
económicas**

**PRESENTADA POR:**

**Marcos Antonio Ramos Pejerrey**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
Para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**APROBADA POR**

Edward Florencio Aurora Vigo  
PRESIDENTE

Joselito Sanchez Perez  
SECRETARIO

Sonia Mirtha Salazar Zegarra  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A mis padres Silvia y Marcos, por el apoyo otorgado durante mis años de formación académica, por las enseñanzas que me brindaron a lo largo de mi vida y ser la razón por la que aspiro a ser mejor persona cada día. A mi abuela y hermana por la motivación para superar todas las adversidades.

## **Agradecimiento**

A Dios, por siempre darme fuerzas para no rendirme y guiarme por el camino correcto.

A mi familia por el gran soporte económico que fueron durante la realización de mi carrera.

A la empresa Autotecnia Car E. I. R. L. por brindarme todas las facilidades para el desarrollo de mi tesis.

A mi asesora, Mgtr. Ing. Sonia Mirtha Salazar Zegarra por su guía, apoyo y dedicación brindada a lo largo de la presente investigación.

## Índice

Resumen .....	9
Abstract .....	10
I. Introducción.....	11
II. Marco teórico .....	14
2.1. Antecedentes .....	14
2.2. Base teórica científicas.....	16
2.2.1. Sector de grúas de traslado .....	16
2.2.2. Mantenimiento .....	16
2.2.3. Indicadores de gestión:.....	23
2.2.4. Pérdidas económicas .....	23
III. Resultados .....	24
3.1. Diagnóstico.....	24
3.1.1. Descripción de la empresa.....	24
3.1.2. Proceso de servicio de grúas .....	25
3.1.3. Servicios realizados.....	27
3.1.4. Política y objetivos del mantenimiento de la empresa .....	32
3.1.5. Máquinas que brindan el servicio de la empresa.....	33
3.1.6. Indicadores actuales .....	43
3.2. Identificación de metodología a aplicar .....	50
3.3. Desarrollo de propuesta de mejora.....	53
3.3.1. Plan de mantenimiento preventivo basado en RCM.....	53
3.3.2. Nuevos indicadores .....	77
3.4. Análisis costo beneficio.....	81
3.4.1. Inversión.....	81
3.4.2. Reducción de costos .....	81
3.4.3. Cálculo de VAN y TIR.....	82
IV. CONCLUSIONES.....	83
V. RECOMENDACIONES .....	84
VI. REFERENCIAS .....	85
ANEXOS.....	86

## Lista de tablas

Tabla 1. Matriz comparativa de los tipos de mantenimiento.....	21
Tabla 2. Representación gráfica de los tipos de mantenimientos.....	22
Tabla 3. Ingresos de los servicios brindados 2018.....	27
Tabla 4. Costo de servicios no atendidos 2018.....	28
Tabla 5. Indicador de horas de mantenimiento correctivo 2018.....	29
Tabla 6. Costo por reparación del manteamiento correctico en las grúas automotrices 2018.....	29
Tabla 7. Costo de personal del mantenimiento correctivo 2018.....	30
Tabla 8. Registro de fallas frecuentes 2017-2018.....	30
Tabla 9. Utilidad bruta 2018.....	30
Tabla 10. Utilidad neta 2018.....	30
Tabla 11. Representación de ingresos y pérdidas en el 2018.....	31
Tabla 12. Representación de pérdidas por falta de disponibilidad.....	31
Tabla 13. Ficha técnica de la Grúa de Plataforma.....	33
Tabla 14. Ficha técnica de la Grúa de remolque y rescate para vehículos livianos.....	34
Tabla 15. Ficha técnica de la grúa de remolque y rescate para vehículos pesados.....	35
Tabla 16. Ficha técnica de la Grúa mixta de arrastre y plataforma.....	36
Tabla 17. Costo de repuesto del mantenimiento Correctivo en la Grúa de Plataforma 2018.....	37
Tabla 18. Costo de repuesto del mantenimiento correctivo en la Grúa de Arrastre Liviano 2018.....	38
Tabla 19. Costo de repuesto del mantenimiento correctivo en la Grúa de Arrastre Pesado 2018.....	39
Tabla 20. Costo de repuesto del mantenimiento correctivo en la Grúa Mixta 2018.....	40
Tabla 21. Registro de las fallas frecuentes 2017.....	41
Tabla 22. Registro de fallas frecuentes 2018.....	42
Tabla 23. Horas de paradas por mantenimiento.....	43
Tabla 24. Horas de paradas por mantenimiento.....	43
Tabla 25. Horas de paradas por mantenimiento.....	44
Tabla 26. Horas de paradas por mantenimiento.....	44
Tabla 27. Indicador de tiempo medio de reparación 2018.....	47
Tabla 28. Indicador de tiempo medio entre fallos 2018.....	48
Tabla 29. Indicadores de las grúas en la empresa Autotecnia Car E. I. R. L.....	49
Tabla 30. Matriz de ponderación.....	51
Tabla 31. Cronograma de las capacitaciones.....	55
Tabla 32. Costo de las capacitaciones.....	56
Tabla 33. Formato de registro de mantenimiento.....	56
Tabla 34. Codificación de la maquinaria.....	57
Tabla 35. Horas trabajadas de maquinaria por año.....	57
Tabla 36. Horas trabajadas de la maquinaria al año.....	58
Tabla 37. Frecuencia de paro de maquinaria.....	58
Tabla 38. Horas de paro promedio por fallas de maquinaria.....	58
Tabla 39. Estimación de seguridad al personal.....	58
Tabla 40. Nivel de seguridad al personal.....	59
Tabla 41. Fallas en la maquinaria.....	59
Tabla 42. Componentes de la maquinaria.....	59
Tabla 43. Codificación propuesta.....	59
Tabla 44. Identificación de máquinas críticas.....	60
Tabla 45. Puntaje para criticidad.....	60
Tabla 46. Tabla de Índices de Gravedad.....	64
Tabla 47. Tabla de índices de ocurrencia.....	65
Tabla 48. Tabla de índices de detección.....	65
Tabla 49. Clasificación de fallas según NPR.....	65
Tabla 50. AMEF de la Grúa de plataforma 2018.....	67
Tabla 51. AMEF de la Grúa de arrastre liviano 2018.....	68
Tabla 52. AMEF de la Grúa de arrastre pesado 2018.....	69
Tabla 53. AMEF de la Grúa mixta del 2018.....	69
Tabla 54. Hoja de decisión de Grúa de plataforma.....	71
Tabla 55. Hoja de decisión de Grúa de Arrastre liviano.....	72

Tabla 56. Hoja de decisión de Grúa de arrastre pesado.....	73
Tabla 57. Hoja de decisión de Grúa de arrastre Mixto.....	73
Tabla 58. Cronograma de Mantenimiento preventivo.....	74
Tabla 59. Plan de Actividades de Mantenimiento.....	75
Tabla 60. Horas con mantenimiento preventivo.....	77
Tabla 61. Indicador de tiempo medio entre fallos 2018.....	78
Tabla 62. Indicadores nuevos con propuesta de mantenimiento preventivo.....	79
Tabla 63. Variación de indicadores de mantenimiento.....	80
Tabla 64. Costos de implementación.....	81
Tabla 65. Cálculo de variación del costo.....	81
Tabla 66. Flujo de caja de propuesta.....	82
Tabla 67. Cálculo del VAN y TIR.....	82
Tabla 68. Beneficio con propuesta.....	82
Tabla 69. Variación del beneficio.....	82

## Lista de figuras

Figura 1. Organigrama de la empresa.....	25
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de ventas del servicio de grúas.....	26
Figura 3. Política actual de la empresa. ....	32
Figura 4. Diagrama de decisión en mantenimiento .....	50
Figura 5. Organigrama planteado .....	53
Figura 6. Árbol de decisiones 01.....	61
Figura 7. Árbol de decisiones 02.....	62
Figura 8. Árbol de decisiones 03.....	62
Figura 9. Árbol de decisiones 04.....	63



## Resumen

La empresa Autotecnia Car E. I. R. L. presenta actualmente pérdidas económicas, estos generados por los elevados costos de mantenimiento que debe realizar a su maquinaria de manera constante, además se identificaron problemas en la disponibilidad de la maquinaria, lo cual generaba pérdidas económicas por el incumplimiento de la demanda. Como objetivo se planteó proponer un plan de mantenimiento en las grúas automotrices de la empresa AUTOTECNIA CAR E. I. R. L. para disminuir pérdidas económicas. Como metodología se seleccionó un mantenimiento preventivo en base a CRM ya que fue el que más se adecuaba a la realidad de la empresa, de acuerdo a los criterios analizados. Como resultados se obtuvo una reducción en los indicadores de mantenimiento, ya que se aumentó la disponibilidad promedio en 3%; se redujo el tiempo promedio de reparación en 30,25% y se disminuyeron las pérdidas económicas en 46,61%. Como conclusiones se tuvo que un plan de mantenimiento si permitirá disminuir las pérdidas económicas de la empresa en 46,61% y finalmente se concluye que con una inversión de S/ 8 750 se obtendrá un valor actúan neto de S/ 7 218,08 y una tasa interna de retorno de 42%.

**Palabras clave:** *Mantenimiento preventivo, Disponibilidad de maquinaria, Pérdidas económicas*

## Abstract

The company Autotecnia Car EIRL currently presents economic losses, these generated by the expensive maintenance costs that its machinery must constantly carry out, in addition to identifying problems in the availability of the machinery, which generates economic losses due to non-compliance with demand. The objective was to propose a maintenance plan for the automotive cranes of the company AUTOTECNIA CAR E. I. R. L. to reduce economic losses. Preventive maintenance was selected as a methodology based on a CRM since it was the most appropriate according to the reality of the company, according to the criteria analyzed. As results, a reduction in the maintenance indicators was obtained, since the average availability was obtained in 3%; average repair time was reduced by 30.25% and economic losses were reduced by 46.61%. As conclusions, a maintenance plan was had if the economic losses of the company are reduced in 46,61% and finally it is concluded that with an investment A net asset value of S / 7 218.08 and an internal rate of return of 42% are estimated at S / 8,750.

**Keywords:** *Preventive maintenance, Availability of machinery, Economic losses*

## I. Introducción

De acuerdo a la data obtenida por parte de los abastecedores que transportan cargamento por la carretera, según el MTC, hay registro y autorización de 186 872 vehículos, en la que 145 870 son vehículos tractores y 41 002 vehículos de remolque y arrastre. Y el gran sector de transporte de carga se encuentra constituida por camiones especialmente de 2 y 3 ejes. [1]

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática, en el mes de mayo del 2018 se mostró un resultado aceptable respecto al alquiler operativo de vehículos automotores por arrendamiento. [2]

Por otro lado, los servicios de grúas automotrices en Lambayeque (Perú) se han incrementado, ello ha generado que aparezcan nuevas empresas, novedosos modelos de grúas, exista mayor competitividad y mejor nivel de servicio, es por lo cual, lo mencionado anteriormente tiene sustento en el aumento del parque automotor de Lambayeque.

Conforme al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, ahora existe gran disputa en el mercado regional, debido a la entrada de nuevos vehículos traídos por los seguros vehiculares para complacer las exigencias de sus consumidores y usuarios asociados. Y las principales empresas rivales se tiene a seguro MAPFRE, Grúas Ventarrón, Touring, Grúas Bobadilla, Grúas Triple A y Seguro Pacífico. Así mismo la gran parte de negocios dedicados al sector de grúas para vehículos livianos brindan su trabajo en el casco urbano en la ciudad de Chiclayo; pero cuando salen exteriormente de este contorno reciben dinero adicional. [3]

La empresa Autotecnia Car E. I. R. L., se encuentra y realiza sus actividades en la ciudad de Chiclayo, atendiendo a clientes de las regiones aledañas (Trujillo, Chiclayo y Piura). Así mismo, esta empresa inició sus actividades económicas el 05 de octubre del 2012 y se dedica a brindar servicios de remolque por grúas, además de rescate y auxilio mecánico paratransporte liviano y pesado. Y sus principales clientes que requieren del servicio son dueños de los vehículos, y compañías de transportes.

El problema general se ve reflejado en las pérdidas económicas (38,07%) que presenta la empresa, debido al inadecuado control de mantenimiento que se realizan a las grúas, causando gastos económicos al momento de realizar el mantenimiento (piezas – S/26 280) y en la pérdida de dinero por los servicios no atendidos (S/ 5 559), por esa razón se requiere proponer un plan de mantenimiento preventivo aplicado a las maquinarias de la empresa.

Así mismo, la empresa se encuentra clasificada como pequeña empresa debido a que dispone de poco personal y su organización está compuesta por:

Una gerencia general, la cual se ocupa de controlar y comunicar las acciones tomadas, así como la contratación del personal, aumento de sueldos y del fondo de ingreso y egresos al año, dando a conocer los resultados de las evaluaciones habituales. Además, se encarga de recepcionar la llamada del usuario que requiere el servicio, el cual tomará los datos requeridos para luego proceder a la negociación con el cliente.

También un mecánico que supervisa que las grúas estén en perfectas condiciones para su disponibilidad, además realiza el mantenimiento (cambio de piezas) de las grúas de la empresa. Así mismo, un técnico asistente que realiza reparaciones por defectos o fallas, para el servicio de mantenimiento o para asistir al mecánico principal.

Y un chofer encargado de conducir la grúa que se han requerido en el servicio hacia el punto del vehículo averiado.

Todos los servicios que brinda la empresa se proporcionan en cuatro grúas: grúa de plataforma, grúa de remolque y rescate para vehículos livianos, grúa de remolque y rescate para vehículos pesados y la grúa mixta de arrastre y plataforma; de los cuales se les realiza mantenimiento correctivo por los propios trabajadores de la empresa.

La formulación del problema que se realizó es: ¿Cómo una propuesta de un plan de mantenimiento en las grúas automotrices de la empresa Autotecnia car E. I. R. L. permitirá disminuir pérdidas económicas?

Así mismo, como objetivo general se tiene: Proponer un plan de mantenimiento en las grúas automotrices de la empresa Autotecnia car E. I. R. L. para disminuir pérdidas económicas.

Y como objetivos específicos, diagnosticar el mantenimiento actual realizado en las grúas automotrices en la empresa Autotecnia car E. I. R. L., determinar la metodología a aplicar para el mantenimiento, proponer un plan de mantenimiento en las grúas automotrices de la empresa Autotecnia car E. I. R. L. y realizar el análisis costo-beneficio de la propuesta indicada.

La presente investigación se justifica teóricamente, porque es importante dar a conocer a las empresas, la relevancia de técnicas que integren actividades de mantenimiento de los servicios de grúas, para disminuir las pérdidas económicas, los servicios no atendidos, minimizar los defectos y tiempos de mantenimiento en las grúas; permitiendo un proceso de mantenimiento con calidad de servicio.

Se justifica éticamente, debido a que aportará técnicamente al sector automotriz, indicando

el correcto control y prevención de los accidentes que existen, además difundir principios y valores éticos para representar confianza en los clientes.

Se justifica económicamente porque permitirá disminuir las pérdidas económicas de la empresa, ya que al implementar un mantenimiento se reducirán las paradas por mantenimiento correctivo y evitará el deterioro de las piezas de las grúas.

Se justifica metodológicamente, porque el siguiente trabajo se realizará con innovadores modelos de investigación que quedará como herramienta de investigación para posteriores trabajos.

## II. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes

B. Ferrer [4], en su investigación “*Mantenimiento preventivo en reductor de velocidad de grúas indias de extracción de mineral*” muestra cómo puede aplicarse el mantenimiento preventivo planificado en las grúas indias que permiten la extracción de minerales. Para ello, se realizó un análisis bibliográfico que estuvo dirigido fundamentalmente hacia las características del mantenimiento preventivo y los reductores de velocidad. Como metodología se empleó el criterio a nivel de máquina para seleccionar el sistema de mantenimiento y se realizó una propuesta de la estructura del ciclo de reparación que limite las paradas imprevistas, definiendo los periodos entre intervenciones y reparaciones. Se mostró cómo seleccionar la viscosidad de reductores según su característica de diseño y modo de lubricación. La aplicación de este método permite establecer 21 820 horas máquinas como el intervalo entre reparaciones generales y utilizar como lubricante aceites industriales de clase ISO 680. Esta investigación sirvió de base para determinar la metodología correcta de mantenimiento a aplicar según las características que requiere la empresa

C. Alovera, Y. Gastelu [5], en su investigación “*Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2016*”, en donde se buscó identificar la situación de las maquinarias y determinar la relación entre desarrollar un plan de mantenimiento con base a la prevención a través de sus indicadores e identificar su relación respecto a la disponibilidad. Finalmente se concluyó que la relación existente es de 79,1 %, lo que indica una alta relación entre el mantenimiento preventivo y la disponibilidad de las maquinarias. Esta investigación sirvió para realizar un diagnóstico de las maquinarias de la empresa, así como también identificar los principales indicadores a evaluar.

C. Pareja, J. Amado y J. Gutiérrez [6], en su investigación “*Gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad en la flota de tractores del área de maquinarias en una empresa pecuaria*”, tuvo como objetivo determinar la relación del mantenimiento realizado en los tractores y el cálculo de criticidad de estos mismos. Se tuvo como resultados que los que presentan una mayor criticidad están menos disponibles para ser usados, esto debido a los elevados porcentajes, respecto a los promedios de fallas, que resultaron en 79,58%, 70,90%, 50,63%, 65,80%, 60,37% y 75,49% para los distintos tipos de tractores; siendo la causa principal la falta de planificación de mantenimiento preventivo. Finalmente se concluye que la gestión de mantenimiento preventivo se relaciona directamente con la disponibilidad de la maquinaria

y a través de la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo, este indicador se elevará, dando posibilidad a la realización de más trabajos. Esta investigación sirvió de referencia para determinar la influencia que tiene la aplicación de un mantenimiento preventivo en la disponibilidad de maquinaria de una empresa.

Alban [7] en “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad” tiene como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad en las maquinarias utilizadas en las operaciones de la empresa Construcciones Reyes S.R.L. La metodología que se seleccionó es Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Como resultados se obtuvo la falla mecánica de desgaste es la principal causa de la no operatividad de todos los tornos representando un 84,02% de los costos evaluados. Con la propuesta se espera una reducción de 97,31% de minutos de parada, los costos de mantenimiento se redujeron en 81,43% y la productividad se incrementó en casi 50%, obteniendo de esta manera un costo beneficio de 1,76. Esta investigación sirvió como base para identificar las principales fallas de la maquinaria a resolver con la finalidad de mejorar el estado de las maquinarias, reflejado en los indicadores analizados.

Campos [8] en “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la rentabilidad en la empresa de transporte SAYVAN E.I.R.L.” tiene como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad en las operaciones de la empresa de transporte SAYVAN E.I.R.L. La metodología que se seleccionó es RCM o Mantenimiento Centrado en Confiabilidad utilizando herramientas como el análisis de criticidad y el análisis de modos y fallas. Como resultados se obtuvo que la disponibilidad promedio es de 47,57% teniendo gastos por mantenimiento correctivo de S/ 197 020,88, asimismo se obtuvo un total de 1328 paradas representando 2 957 horas. Con la propuesta se espera un incremento de la disponibilidad a 76,85%, obteniendo de esta manera un beneficio económico de S/ 52 623,48 incrementando de esta manera la rentabilidad de sus actividades en 36,4%. Esta investigación se empleó para determinar la realización de un análisis de modo y fallas a las fallas más recurrentes, tomando en consideración a maquinarias con criticidad potencial y criticidad.

## **2.2. Base teórica científicas**

### **2.2.1. Sector de grúas de traslado**

El sector de grúas está considerado como actividad del ministerio de transportes y comunicaciones, con lo cual se orienta a dar el servicio de atención, traslado, rescate tanto de otras maquinarias como personas. [9] Existen dos tipos fundamentales, los cuales son:

#### **2.2.1.1. Servicios de arrastre**

Funcionalmente consiste en el traslado de maquinaria pesada, liviana, de acuerdo al tamaño se escoge el tipo de grúa a emplear.

#### **2.2.1.2. Servicio de Salvamento**

Este servicio es orientado a eventos fortuitos, en donde se interviene para realizar un salvamento, sea a maquinaria, personas o situaciones de rescate.

### **2.2.2. Mantenimiento**

Es una serie acciones sistematizadas, guiadas, inmediatas y eventuales que se realizan para que las máquinas se encuentren en perfecto estado la apariencia y la funcionalidad de un cuerpo productivo. [9]

Además, son todas las funciones que deben ejecutarse ordenadamente, para así poder mantener en estado de operación óptima y económica, los equipos de producción, instrumentos, de las distintas instalaciones de una empresa.

#### **2.2.2.1. Tipos de mantenimiento**

##### **a) Mantenimiento productivo total**

Es un conjunto de técnicas que se hacen para eliminar las fallas por medio de la colaboración de los trabajadores. Lo que principalmente se busca es la mejora y mantenimiento de los activos productos por parte de todos los operarios de la empresa, desde el nivel alto hasta el bajo. [10]

Así mismo, el mantenimiento productivo total es una metodología que nos ayuda a eliminar las 6 grandes pérdidas del proceso de producción, el cual tiene como objetivo permitir un trabajo justo a tiempo. Por otra parte, este mantenimiento es importante para la conservación de las máquinas con una capacidad máxima de producción con la calidad.

La adaptación del mantenimiento productivo total en una empresa debe ejecutar cinco



principios:

- Tiene que comprometer toda la organización, para lograr el objetivo
- Debe establecer una cultura corporativa para conseguir eficacia total en la gestión, herramientas y sistemas de producción.
- Implementar un sistema donde se evite los daños antes que se produzcan.
- Contener en el sistema de gestión el diseño y desarrollo, ventas y dirección. [10]

#### **b) Mantenimiento autónomo**

Este tipo de mantenimiento abarca todas las tareas que realizan diariamente los trabajadores en la empresa, los trabajos que se hacen en las máquinas de operación, abarcando las inspecciones, mantenimientos, con el objetivo de mantener en correcta actividad todas las máquinas. Es por eso, que se debe cumplir los estándares ejecutados por los trabajadores competentes y preparados con respecto a la máquina que opera. [11]

#### **c) Mantenimiento correctivo**

Corresponde al grupo de los mantenimientos reactivos, que se basa en el grupo de trabajos del cual consiste en el conjunto de actividades de restauración y reemplazo de componentes averiados por piezas que se hace cuando aparece la avería. Dicho método, se aplica en sistemas complicados, habitualmente en elementos electrónicos o en los que difícilmente se pronostica los fallos y en los procesos que permiten ser detenidos en cualquier momento, sin afectar la seguridad. Así mismo, para las máquinas que ya son obsoletas. [12]

"El mantenimiento correctivo involucra la colaboración de toda la empresa, para que exista la corrección y la prevención." [12]

#### **d) Mantenimiento preventivo**

Es un grupo de actividades y atenciones dirigidas en conjunto para que un sistema siga funcionando apropiadamente y no falle. Al realizar este tipo de mantenimiento se va a lograr aumentar la productividad en un máximo del 25%, aumenta la vida útil de los equipos en un 50% y disminuye los gastos que se producen por el mantenimiento en un 30%. [13] Para la elaboración de un plan de mantenimiento se consideran los siguientes términos:

¿Qué les debo hacer?

¿Qué tengo?

¿En qué momento?

¿Qué requiero?

¿Cuánto tiempo?

Consiste en tener un programa de acción por falta de fiabilidad ocasional para una cierta máquina y en la ocasión de parada, hacer el recambio de una pieza”. Así mismo este tipo llamado preventivo, y algunas veces proactivo es aquel totalmente opuesto al mantenimiento reactivo, para generalizar y en pocas palabras, el objetivo del mantenimiento preventivo es anticiparse a la ocurrencia de alguna falla en la maquinaria. [13]

### **1. Fases del mantenimiento preventivo:**

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimiento técnicos, listado de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias, indicaciones exactas de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de operaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

### **2. Ventajas del mantenimiento preventivo:**

- Disminuir la frecuencia de las paradas.
- Aprovechar la intervención para realizar varias reparaciones.
- Realizar las intervenciones en los momentos más oportunos de producción y mantenimiento.
- Disponer de los utillajes y repuestos necesarios.
- Distribuir el trabajo de mantenimiento evitando excesos o bajas en las tareas del servicio.
- Evitar que las averías aumenten

### **3. Implementación de un programa de mantenimiento preventivo**

Encontramos dos aspectos importantes para la implementación de un programa de mantenimientos, siendo primero organizacional y el segundo operativo.

- Los requerimientos organizacionales incluyen el listado del equipo que va ser inspeccionado.
- Se establecen rutas para las inspecciones y define la frecuencia de cada servicio
- Se preparan un listado de maquinaria. Inicialmente mediante instrucciones sencillas para añadir posteriormente los detalles.
- Se define estándares de tiempo para adelantar el mantenimiento. Se determina cuanto tiempo es necesario para completar la tarea.
- Se determinan los requerimientos de mano de obra. Cuantos trabajadores es necesario para desarrollar el trabajo.
- Los requerimientos operativos para implementar el programa de mantenimiento preventivo.

- Preparar y publicar el listado de las tareas de mantenimiento describiendo el procedimiento y verificar su cumplimiento.
- El trabajo programado debe ir en ascenso, el de emergencias en retroceso.
- Se revisan los métodos de inspección. Se determina cuantas inspecciones se hacen y si las reparaciones cumplen con la tarea asignada. [17]

#### **4. Mantenimiento preventivo en base a RCM**

El objetivo principal de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una empresa es reducir el tiempo de parada por averías que impidan cumplir con la producción continua, así mismo permite aumentar la disponibilidad, es decir, el tiempo en que la planta está en funcionamiento y por último disminuir los costos de mantenimiento. [14]

La metodología RCM se basa en la identificación de todos los fallos potenciales que pueden suceder en una maquinaria o instalación, en la identificación de las causas que los provocan y en la determinación de una serie de medidas preventivas que eviten esos fallos. En el proceso fundamentalmente se plantean una serie de preguntas que deben resolverse, estas son:

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?
2. ¿Cómo falla cada equipo?
3. ¿Cuál es la causa de cada fallo?
4. ¿Qué parámetros monitorizan o alertan de un fallo?
5. ¿Qué consecuencias tiene cada fallo?
6. ¿Cómo puede evitarse cada fallo?
7. ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

Así mismo, el proceso de análisis de fallos para luego darse la implementación de medidas preventivas atraviesa una serie de fases, las cuales pueden descomponerse según la realidad de cada empresa, llegando a una misma solución [14]:

- Fase 1: Definición clara de lo que se pretende implantando RCM
- Fase 2: Codificación y listado de todos los sistemas, subsistemas y equipos que componen la planta.
- Fase 3: Listado de funciones principales y secundarias de cada subsistema.
- Fase 4: Determinación de los fallos existentes
- Fase 5: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.
- Fase 6: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, significativos, tolerables o insignificantes en función de esas consecuencias.

- Fase 7: Determinación de medidas preventivas que eviten o disminuir los efectos de los fallos.
- Fase 8: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías: Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación, procedimientos de operación y de mantenimiento, lista de repuesto que debe permanecer en stock y medidas provisionales a adoptar en caso de fallo.
- Fase 9: Puesta en marcha de las medidas preventivas.
- Fase 10: Evaluación de las medidas adoptadas, mediante la valoración de los indicadores.

**e) Mantenimiento predictivo**

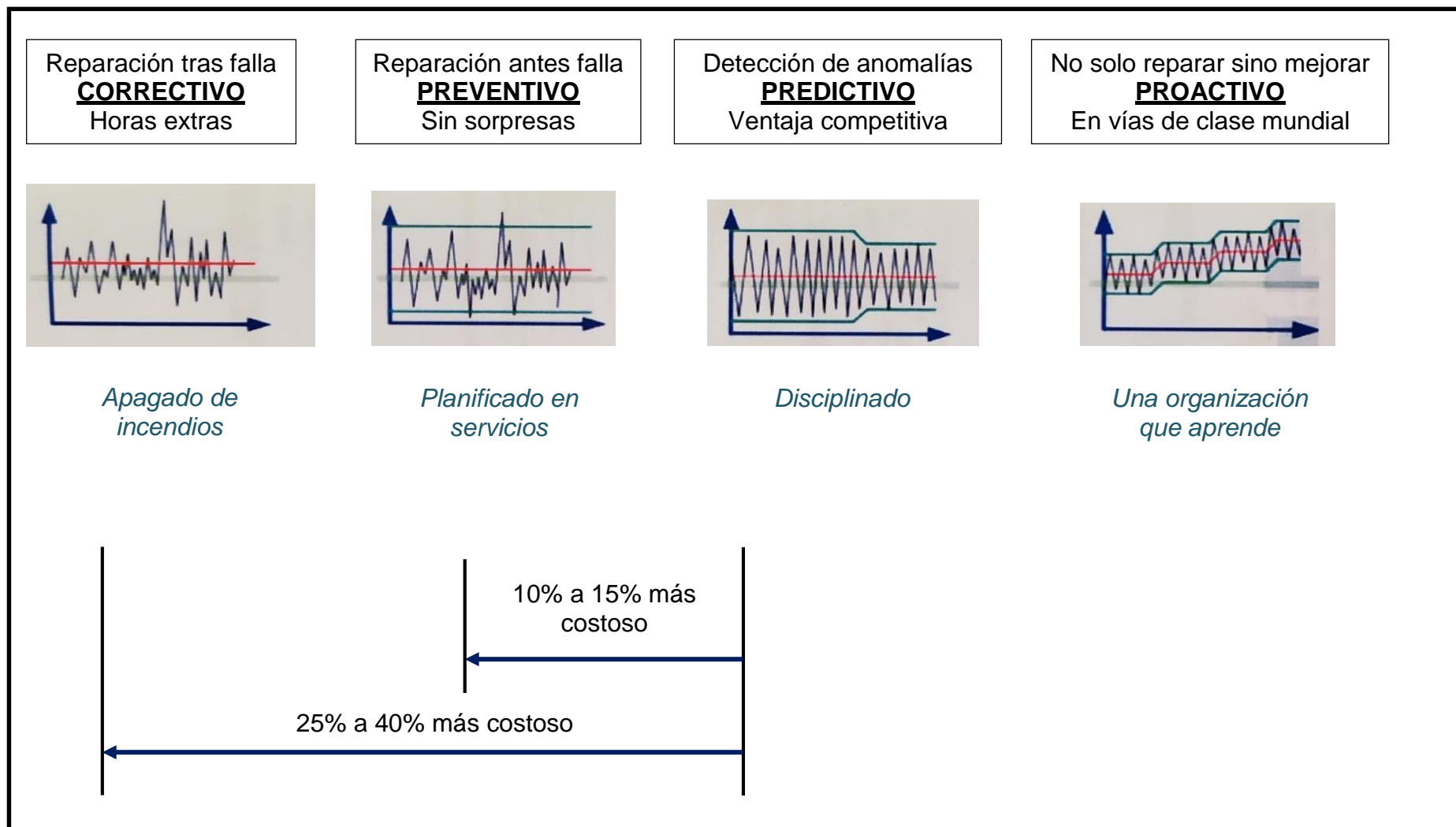
Es el conjunto de acciones destinadas a descubrir las fallas de los activos físicos antes de que ocurran, en las máquinas que se están ejecutando para detectar las fallas de los activos físicos antes de que se produzcan, con las máquinas en operación y sin daño de la producción, mediante instrumentos de evaluación y pruebas no destructivas. [15]

Además, realizando las técnicas predictivas, se llegará a disminuir las detenciones por mantenimientos preventivos, disminuyendo los gastos al realizar el mantenimiento o por no estar en producción. Y para ejecutar estos procedimientos se necesita de adquisición de dispositivos, herramientas y personal experto [15].

**Tabla 1. Matriz comparativa de los tipos de mantenimiento**

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una mayor duración tanto de los equipos como de las instalaciones</li> <li>• Una reducción en los costos de reparaciones</li> <li>• Lograr uniformidad en cuanto a la carga de trabajo para el personal encargado del mantenimiento se refiere, esto gracias a la programación de actividades</li> <li>• La confiabilidad que se logra en todo el personal al saber que se encuentran laborando en las mejores condiciones de seguridad posible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es común que algunas fallas sean originadas al momento de la ejecución, ocasionando con ello que éste sea más tardado</li> <li>• Un precio de reparación que puede ser muy elevado, lo que a su vez podría afectar al momento de comprar los repuestos cuando sean necesarios</li> <li>• Resulta imposible garantizar el tiempo que se demorará el proceso de reparación de las fallas</li> </ul>
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El riesgo de alguna falla o fuga, según sea el caso, es disminuido considerablemente</li> <li>• El costo de este mantenimiento es menor en comparación con el correctivo</li> <li>• La aparición de paros imprevistos es reducida</li> <li>• Facilita el poder llevar una mejor planeación y un mejor control sobre el mantenimiento que debe ser aplicado tanto en los dispositivos como en las instalaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificulta determinar de manera precisa el nivel de depreciación o desgaste de las piezas que conforman los distintos equipos</li> <li>• Es necesario tanto que el personal encargado del mantenimiento cuente con experiencia en los dispositivos, así como atender las recomendaciones hechas por el fabricante</li> </ul>
MANTENIMIENTO PREDICTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La operatividad de la maquinaria es más continua, ya que las pausas en caso de error son breves al detectarse de forma temprana</li> <li>• Es muy fiable, ya que usa un personal muy cualificado que realiza cálculos de alta exactitud</li> <li>• La necesidad de personal es menor, por lo que se reducen los costes en contratación</li> <li>• Los repuestos y equipos empleados tienen una alta durabilidad</li> <li>• Las revisiones se hacen en base a resultados, por lo que se buscan piezas que cumplan con lo estipulado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implica programación, por lo que una avería puede demorarse más tiempo en ser solucionada</li> <li>• Los equipos requeridos son más costosos, ya que son especiales, muy precisos, y, por tanto, de un presupuesto muy elevado</li> <li>• El personal, pese a ser menor en número, he de tener una alta cualificación. Así pues, tiene que conocer muy bien su área, pero hay menos opciones de mercado para encontrar a colaboradores realmente cualificados</li> <li>• Implementar estos equipos de alta tecnología es muy caro, ya que, al funcionar por medio de programación, los inicios son muy complejos, por lo que de entrada la inversión es muy elevada</li> </ul>
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es de fácil ejecución</li> <li>• Contribuye significativamente a la eficacia del equipo y personal</li> <li>• Reporta todas sus fallas que no puedan repararse en el momento de su detección y que requieren una programación para solucionarse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe tener cuidado de diseñar acciones que conduzcan a transformaciones culturales que están incorporadas en la nueva forma de realizar el trabajo</li> </ul>
MANTENIMIENTO PROACTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de vida de la máquina</li> <li>• Se incrementa la confiabilidad del equipo</li> <li>• Menos fallas y por lo tanto secundarios</li> <li>• Tiempo de parada reducidos</li> <li>• Reducción costo de mantenimiento globales</li> <li>• Al incrementar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo. El concepto está unido con la idea de calidad total y mejora continua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo adicional para instrumentos, sistemas y personal</li> <li>• No se encarga de corregir los errores o defectos de las máquinas si no en los que lo causa y estas causas principalmente son aceite lubricante, la exposición a la humedad, etc.</li> <li>• Se requiere de un cambio de cultura general, para que tenga éxito, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos</li> <li>• La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa y el proceso de implementación requiere de varios años</li> </ul>

**Tabla 2. Representación gráfica de los tipos de mantenimientos**



Fuente: Calloni [13]

### 2.2.3. Indicadores de gestión:

#### a) Disponibilidad

“Consiste en que todas las áreas de producción deban participar, con el objetivo de incrementar la efectividad, en los procesos y toda la empresa, aplicando el Kaisen” [16]

Es la facultad para que las máquinas puedan realizar con éxito sus funciones en determinado momento, es decir, la disponibilidad funcional de la máquina al momento de que sean requeridos.

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\Sigma (\text{HCAL} - \text{HTMN})}{\Sigma \text{HCAL}} \times 100$$

#### b) Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Es el instrumento que se usa para medir los recursos, tiempos medios en que el equipo está operando antes de su avería. [17]

$$\text{TMEF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ DE HORAS DE OPERACIÓN}}{\text{N}^\circ \text{ DE FALLAS DETECTADAS}}$$

#### c) Tiempo medio de reparación (MTTR)

Es el mecanismo que sirve para la evaluación de los recursos, tiempos medios en que se repara la máquina y vuelva a cumplir sus funciones requeridas. [17]

$$\text{TPMR} = \frac{\text{TIEMPO TOTAL DE FALLAS}}{\text{N}^\circ \text{ DE FALLAS DETECTADAS}}$$

### 2.2.4. Pérdidas económicas

Las cuales se asocian en dos categorías [18]:

Los gastos obtenidos directamente al momento de realizar el mantenimiento: gastos administrativos, mano de obra, materiales, piezas de cambio, almacenamiento, subcontrataciones y gastos de capital.

Y los gastos que se han perdido en la producción debido a las máquinas averiadas, reducción de la tasa de producción y gastos por falla en la calidad del producto debido a la máquina en para.

### III. Resultados

#### 3.1. Diagnóstico

##### 3.1.1. Descripción de la empresa

La empresa Autotecnia Car E. I. R. L. se dedica al servicio de grúas automotrices en el norte del Perú, contando con 04 tipos de grúas para la prestación del servicio.

##### **Datos de la empresa:**

- Razón social: Autotecnia Car E. I. R. L.
- RUC: 20538907414
- Dirección legal: Carretera Lambayeque Km.774 (Costado del terminal ex Marañón)
- Tipo de empresa: Empresa Individual de Resp. Ltda.
- Condición: Activo
- Fecha de inicio de actividades: 05/10/2012
- Representante legal: Oscar Díaz Alarcón

##### **Misión**

*Mantener la mejora constante día a día del servicio de nuestro cliente contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la población peruana, con la participación integral de los trabajadores.*

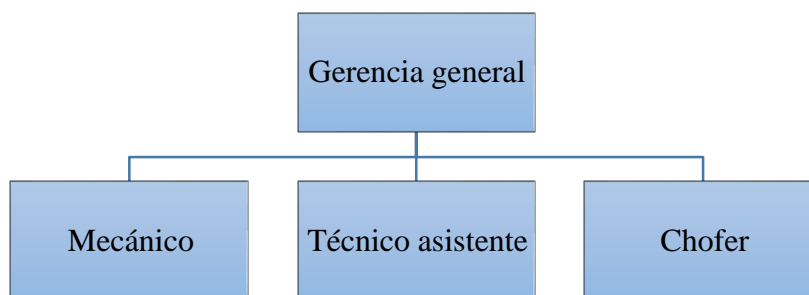
##### **Visión**

*Somos una empresa de capitales peruanos, con presencia y proyección. Aspiramos a satisfacer las necesidades de nuestros clientes, con la más óptima calidad y ser siempre su primera opción.*

##### **Trabajadores/organigrama/función de los trabajadores:**

Así mismo, la empresa se encuentra clasificada como pequeña empresa debido a que dispone de poco personal y su organización está compuesta como se indica en la figura 1:





**Figura 1. Organigrama de la empresa**

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### **Descripción de funciones**

-Gerencia general: Se ocupa de controlar y comunicar las acciones tomadas, así como la contratación del personal, aumento de sueldos y del fondo de ingreso y egresos al año, dando a conocer los resultados de las evaluaciones habituales. Además, se encarga de recepcionar la llamada del usuario que requiere el servicio, el cual tomará los datos requeridos para luego proceder a la negociación con el cliente.

-Mecánico: Supervisa que las grúas estén en perfectas condiciones para su disponibilidad, además realiza el mantenimiento (cambio de piezas) de las grúas de la empresa.

-Técnico asistente: También se encarga de la realización de reparaciones por defectos o fallas, para el servicio de mantenimiento o para asistir al mecánico principal.

-Chofer: Es la persona encargada de conducir la grúa que se han requerido en el servicio hacia el punto del vehículo averiado.

### **3.1.2. Proceso de servicio de grúas**

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso empleado en la empresa Autotecnia Car E. I. R. L.; la cual presta servicio de grúas para remolque o fines relacionados según el cliente lo solicite.

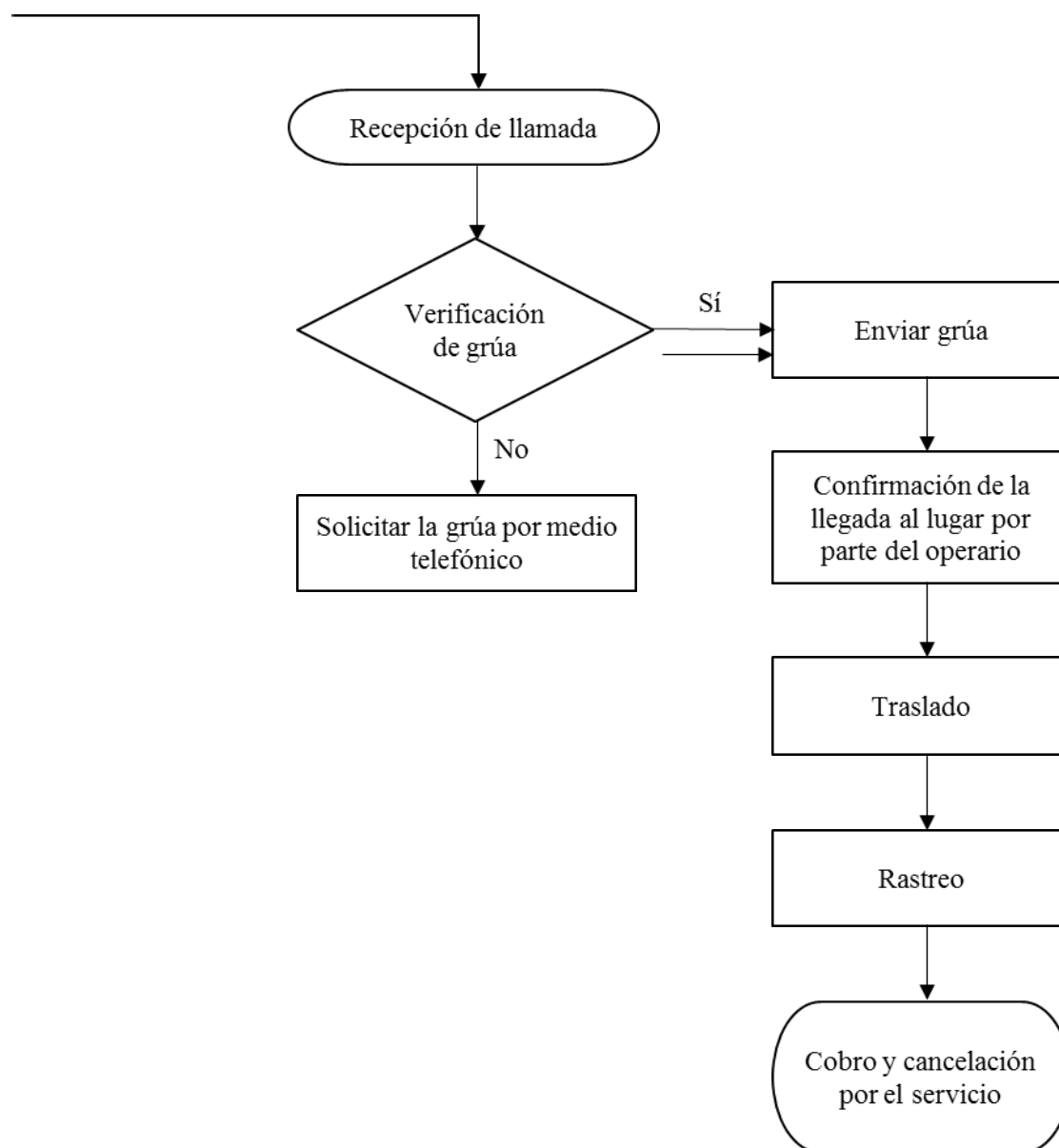
### **Descripción del proceso**

-Verificación: Se verifica si la grúa a utilizar está disponible, de ser así se procede a enviarla, caso contrario se la solicita.

No: Solicitar la grúa por medio telefónico

Si: Enviar Grúa

- Confirmación: El gruista afirma de haber llegado con la grúa al lugar del percance
- Traslado: Se remolca y traslada el vehículo al lugar de destino. Puede ser a la empresa o al lugar que solicite el cliente.
- Rastreo: Se rastrea la ubicación de la grúa durante el traslado, y comunicación con el operario en caso de suscitar alguna novedad
- Cancelación: Se procede al cobro y cancelación por el servicio brindado



**Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de ventas del servicio de grúas**

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.1.3. Servicios realizados

La empresa Autotecnia Car E. I. R. L. tuvo ingresos de S/128 900 del año 2018, los cuales se han obtenido de los servicios brindados en las 4 grúas, como se detalla a continuación:

**Tabla 3. Ingresos de los servicios brindados 2018**

MES	GRÚA DE PLATAFORMA	ARRASTRE LIVIANO	ARRASTRE PESADO	GRÚA MIXTA
Enero	S/ 2 100	S/ 1 700	S/ 3 000	S/ 3 400
Febrero	S/ 2 000	S/ 2 600	S/ 3 150	S/ 3 100
Marzo	S/ 2 400	S/ 1 800	S/ 3 500	S/ 3 500
Abril	S/ 2 700	S/ 2 500	S/ 3 300	S/ 3 500
Mayo	S/ 2 000	S/ 1 600	S/ 3 200	S/ 3 200
Junio	S/ 2 400	S/ 1 850	S/ 3 150	S/ 3 400
Julio	S/ 2 000	S/ 2 600	S/ 3 000	S/ 3 200
Agosto	S/ 2 400	S/ 2 300	S/ 3 100	S/ 3 100
Septiembre	S/ 2 100	S/ 1 800	S/ 3 300	S/ 3 000
Octubre	S/ 2 000	S/ 2 500	S/ 3 000	S/ 3 500
Noviembre	S/ 2 300	S/ 1 950	S/ 3 200	S/ 3 000
Diciembre	S/ 2 600	S/ 1 800	S/ 3 000	S/ 3 100
<b>INGRESO ANUAL POR GRÚA (S/)</b>	S/27 000	S/25 000	S/37 900	S/39 000
<b>INGRESO TOTAL (S/)</b>		S/12 8900		

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Y con respecto a los servicios no atendidos por parte de la empresa en el 2018 es de S/16 960, debido a que las grúas se encontraban en mantenimiento correctivo al momento del servicio requerido, provocando pérdidas económicas, como se detalla a continuación:

**Tabla 4. Costo de servicios no atendidos 2018**

<b>SERVICIOS NO ATENDIDOS</b>						
<b>FECHA</b>	<b>DISTRITO</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>GRÚA SOLICITADA</b>	<b>MOTIVO</b>	<b>COSTO DE SERVICIOS NO ATENDIDOS</b>
Ene-17	Tumán	Chiclayo	Lambayeque	Grúa de plataforma	Mantenimiento	S/ 180
Feb-20	San José	Lambayeque	Lambayeque	Arrastre pesado	Mantenimiento	S/ 150
Mar-26	Pátapo	Chiclayo	Lambayeque	Arrastre pesado	Mantenimiento	S/ 250
Abr-15	Pimentel	Chiclayo	Lambayeque	Grúa de plataforma	Falta de personal	S/ 150
May-23	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Arrastre pesado	Mantenimiento	S/ 4 500
Jun-16	Pucallá	Chiclayo	Lambayeque	Arrastre liviano	Mantenimiento	S/ 810
Jun-27	Ferreñafe	Ferreñafe	Lambayeque	Grúa mixta	Falta de personal	S/ 150
Jul-19	Trujillo	Trujillo	La Libertad	Arrastre liviano	Mantenimiento	S/ 3 500
Ago-7	Eten	Chiclayo	Lambayeque	Grúa de plataforma	Falta de personal	S/ 150
Ago-24	Salas	Ica	Ica	Arrastre liviano	Mantenimiento	S/ 1 600
Sep-15	Lambayeque	Lambayeque	Lambayeque	Grúa de plataforma	Mantenimiento	S/ 150
Sep-19	Pomalca	Chiclayo	Lambayeque	Grúa de plataforma	Falta de personal	S/ 150
Oct-18	Santa Cruz	Santa Cruz	Cajamarca	Arrastre pesado	Mantenimiento	S/ 2 500
Oct-27	Mochumí	Lambayeque	Lambayeque	Grúa mixta	Mantenimiento	S/ 890
Nov-28	Santa Rosa	Chiclayo	Lambayeque	Grúa de plataforma	Mantenimiento	S/ 180
Dic-16	Chepén	Chepén	La Libertad	Arrastre liviano	Mantenimiento	S/ 1 500
Dic-23	Et En	Chiclayo	Lambayeque	Grúa de plataforma	Falta de personal	S/ 150
<b>COSTO TOTAL (S/)</b>						<b>S/ 16 960</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

En el indicador de horas de mantenimiento correctivo se resalta que la grúa mixta presenta menos horas al momento de su reparación con 110 horas/reparación y la grúa de plataforma es la que requiere de mayores horas en reparar con 130 horas/reparación durante el año 2018.

**Tabla 5. Indicador de horas de mantenimiento correctivo 2018**

TIPO DE GRÚA	HORAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO
Grúa de Plataforma	130 horas/reparación
Grúa de Arrastre Liviano	120 horas/reparación
Grúa de Arrastre Pesado	120 horas/reparación
<b>Grúa Mixta</b>	<b>110 horas/reparación</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Asimismo, la empresa presenta pérdidas económicas debido al dinero que gasta para realizar los mantenimientos correctivos que realizan a las 4 grúas, de las cuales se ha incluido costo de repuesto del mantenimiento correctivo con S/ 26 280 sumado al costo de personal utilizado con S/ 65 280, por tanto, en el año 2018 se obtuvo como costo total de mantenimiento por las 4 grúas S/91 560, como se detalla a continuación:

**Tabla 6. Costo por reparación del mantenimiento correctivo en las grúas automotrices 2018**

FALLA	GRÚA DE PLATAFORMA	GRÚA DE ARRASTRE LIVIANO	GRÚA DE ARRASTRE PESADO	GRÚA MIXTA
Dureza en disco de embrague	X	X	X	X
<b>Falla en bombines de frenos</b>	X	X	X	X
Fuga de agua refrigerante del Motor	X	X	X	X
<b>Rodamiento/cojines de ruedas dañados</b>	X	X	X	X
<b>Alternador deficiente</b>	X	X	X	X
<b>Arrancador inoperativo</b>	X	X	X	X
Falla en filtro de combustible	X	X	X	X
Consumo excesivo de diésel	X	X	X	X
<b>Cardan/tracción rota</b>	X	X	X	X
<b>Fuga de aceite del motor</b>	X	X	X	X
Soporte del motor dañado	X	X	X	X
Falla en el Indicador de combustible	X	X	X	X
Sistema de arranque defectuoso	X	X	X	
Faja externa averiada	X			
<b>COSTO DE REPARACIÓN POR GRÚA (S/)</b>	S/ 9 005	S/6 075	S/ 6 100	S/ 5 100
<b>COSTO TOTAL DE REPUESTO (S/)</b>		<b>S/ 26 280</b>		

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

**Tabla 7. Costo de personal del mantenimiento correctivo 2018**

Nº DE TRABAJOR	COSTO DE MANO OBRA
Trabajador 1	S/ 11 760
Trabajador 2	S/ 11 760
Trabajador 3	S/ 11 760
Trabajador 4	S/ 30 000
<b>TOTAL (S/)</b>	<b>S/ 65 280</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Por otro lado, se ha obtenido un registro de las fallas frecuentes que han presentado las grúas en el año 2017 y 2018, debido al inadecuado mantenimiento que tiene la empresa. Y sobre esto se ha identificado que en el año 2017 se ha presentado 73 fallas y en el año 2018 se ha presentado 122 fallas, lo cual indica que las fallas han ido aumentando al año anterior en 49 fallas.

**Tabla 8. Registro de fallas frecuentes 2017-2018**

AÑO	CANTIDAS DE FALLAS
2017	73 fallas
<b>2018</b>	<b>122 fallas</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Como utilidad bruta, lo señalado anteriormente nos detalla que la empresa está generando ingresos anuales de S/128 900, mientras que tiene costo anual de mantenimiento correctivo de S/91 560 y gastos de servicios de S/ 800 en el año 2018.

**Tabla 9. Utilidad bruta 2018**

<b>+ Ingreso anual del servicio (s/)</b>	<b>S/ 128 900</b>
- Costo anual de mantenimiento (s/)	S/ 91 560
- Gastos de servicios (s/)	800
<b>Utilidad Bruta (S/)</b>	<b>S/ 36 540</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Y como utilidad neta en el año 2018, la empresa ha obtenido S/25 578, generado por la resta de la utilidad bruta y el impuesto que se paga, el cual ha sido de un 30% de acuerdo al rubro en el que se encuentra.

**Tabla 10. Utilidad neta 2018**

<b>Utilidad bruta</b>	<b>S/ 36 540</b>
Impuesto de la utilidad bruta (30%)	S/ 10 962
<b>Utilidad Neta (S/)</b>	<b>S/ 25 578</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Por último, la empresa está dejando de percibir 18,36% debido a los servicios que no está atendiendo la empresa por estar en mantenimiento o falta de personal.

$$\% \text{ Utilidad no percibida} = \frac{(128\,900 + 16\,960 - 92\,360) - (128\,900 - 92\,360)}{(128\,900 - 92\,360)} \times 100$$

$$\% \text{ Utilidad no percibida} = 18,36 \%$$

En la siguiente tabla se muestra la disponibilidad de cada tipo de grúa a lo largo del 2018, así como los ingresos que representan por los servicios; por otro lado, se muestran las pérdidas por falta de disponibilidad, así como los costos por reparación que se asumieron a la reparación de las grúas y el costo de mano de obra empleado en el mantenimiento correctivo.

**Tabla 11. Representación de ingresos y pérdidas en el 2018**

Tipo de grúa	Disponibilidad	Ingresos	Pérdidas por falta de disponibilidad	Costo por reparación	Costo de mano de obra
Grúa de Plataforma	95,49 %	S/ 27 000	S/ 1 275	S/ 9 005	S/ 65 280
Grúa de Arrastre Liviano	95,83 %	S/ 25 000	S/ 1 087	S/ 6 075	
Grúa de Arrastre Pesado	95,83 %	S/ 37 900	S/ 1 649	S/ 6 100	
Grúa Mixta	96,18 %	S/ 39 000	S/ 1 548	S/ 5 100	

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

En la tabla se muestra la representación porcentual de las pérdidas respecto a los ingresos obtenidos, teniendo que para la grúa de plataforma se está gastando un 38,07% más, el cual podría evitarse con un mantenimiento preventivo.

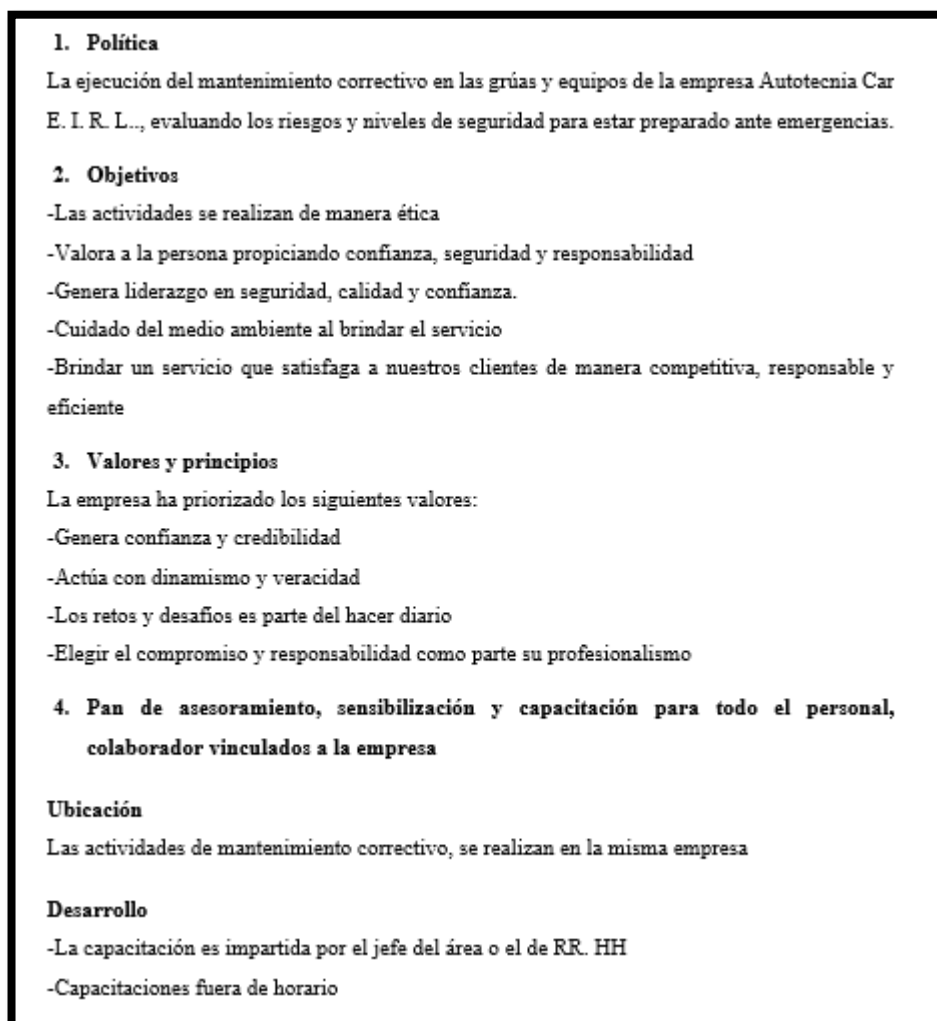
**Tabla 12. Representación de pérdidas por falta de disponibilidad**

Tipo de grúa	Ingresos	Pérdidas	Representación porcentual
Grúa de Plataforma	S/ 27 000	S/ 10 280	38,07%
Grúa de Arrastre Liviano	S/ 25 000	S/ 7 162	28,65%
Grúa de Arrastre Pesado	S/ 37 900	S/ 7 749	20,45%
Grúa Mixta	S/ 39 000	S/ 6 648	17,05%

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.1.4. Política y objetivos del mantenimiento de la empresa

En la siguiente imagen se muestra la política y objetivos actuales que se desarrollan en la empresa



**Figura 3. Política actual de la empresa.**

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### **Deficiencias identificadas**

1. La política de la empresa solo incluye el mantenimiento correctivo, mas no uno preventivo, de esta manera poder evitar cualquier problema que se presente.
2. La política no aspira a una mejora continua con respecto a la gestión del mantenimiento.
3. No se realiza un diagnóstico de los temas de capacitación que son necesarios.
4. Falta de un inventario planificado, ya que actualmente la empresa cuenta con un almacén pequeño, es por lo cual que existe la necesidad de comprar repuestos en el momento al realizar el mantenimiento correctivo actual.
5. Las capacitaciones deben ser realizadas por un profesional experto en la materia, y debe ser de forma teórica y práctica.



### 3.1.5. Máquinas que brindan el servicio de la empresa

#### a) Grúa de plataforma:

Con relación a esta grúa, presenta una superficie plana que permite el rodamiento de los vehículos accidentados transportándolo sin daño alguno. Además, presenta un funcionamiento hidráulico que se desplaza y alinea para poder subir un automóvil siniestrado con un peso no mayor de tres toneladas a la plataforma. Y está constituida por un sistema hidráulico, bastidor y una plataforma.

**Tabla 13. Ficha técnica de la Grúa de Plataforma**

		FICHA TÉCNICA DE LA GRÚA DE PLATAFORMA
		AUTOTECNICA CAR-GRÚAS DEL NORTE
<b>Modelo</b>	Delta 400/2008 V116L HU3 (VSJJ1)	
<b>Marca</b>	DAIJATSU	
<b>Año de fabricación</b>	2015	
<b>Forma</b>	4 x 2	
<b>Ejes</b>	2 ejes	
<b>Ruedas</b>	6 ruedas	
<b>Categoría / clase</b>	N2 camión	
<b>Serie / chasis</b>	JDA00V11680028610	
<b>Motor</b>	14B1821238	
<b>Color</b>	Rojo - Blanco	
<b>Versión</b>	Delta 400	
<b>VIN</b>	JDA00V11680028610	
<b>Carrocería</b>	Plataforma	
<b>Combustible</b>	Diesel	
<b>Asientos</b>	2 asientos	
<b>CLDA</b>	3,670	
<b>Longitud</b>	6,92 m	
<b>Altura</b>	2,13 m	
<b>Ancho</b>	2,18 m	
<b>Cilindros</b>	4 cc	
<b>Peso bruto</b>	5,966 kg	
<b>Peso neto</b>	3,751 kg	
<b>Carga útil</b>	2,216 kg	
<b>Placa</b>	D40 - 826	
<b>Vida útil</b>	15 años	
<b>Servicio</b>	Remolque y rescate de vehículos livianos	


  



Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### b) Grúas de remolque y rescate para vehículos livianos

Esta grúa presenta un sistema de brazo hidráulico de movimiento vertical que se acopla bajo el tren delantero o en el sistema de ruedas traseras del vehículo liviano para posteriormente ser levantado lentamente. Y su volumen de remolque es de no mayor de 2.5 toneladas.

**Tabla 14. Ficha técnica de la Grúa de remolque y rescate para vehículos livianos**

		<b>FICHA TÉCNICA DE LA GRÚA DE REMOLQUE Y RESCATE PARA VEHÍCULOS LIVIANOS</b>	
		<b>AUTOTECNIA CAR-GRÚAS DEL NORTE</b>	
Modelo	Canter		
Marca	MITSUBISHI		
Año de fabricación	2015		
Forma	Rodante		
Ejes	2 ejes		
Ruedas	6 ruedas		
Categoría / clase	N1		
Serie / chasis	FE335E21931		
Motor	4D32659798		
Color	Blanco - Verde		
VIN	FE335E21931		
Carrocería	Grúa		
Combustible	Petróleo		
Asientos	3 asientos		
Longitud	5,16 m		
Altura	2,21 m		
Ancho	1,91 m		
Cilindros	4 cc		
Peso bruto	3,502 kg		
Peso neto	1,502 kg		
Carga útil	2,002 kg		
Placa	M3F - 883		
Vida útil	15 años		
Servicio	Remolque y rescate de vehiculos livianos		



  


Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### c) Grúas de remolque y rescate para vehículos pesados

Así mismo, esta presenta la misma función que la grúa mencionada anteriormente, pero para el remolque y rescate de unidades pesadas que presentan una capacidad hasta 50 toneladas y que se encuentran a una profundidad de hasta 200 metros.

**Tabla 15. Ficha técnica de la grúa de remolque y rescate para vehículos pesados**


		<b>FICHA TÉCNICA DE LA GRÚA DE REMOLQUE Y RESCATE PARA VEHÍCULOS PESADOS</b>	
		<b>AUTOTÉCNICA CAR-GRÚAS DEL NORTE</b>	
<b>Modelo</b>	N – 10		
<b>Marca</b>	VOLVO		
<b>Año de fabricación</b>	2015		
<b>Forma</b>	Rodante		
<b>Ejes</b>	2 ejes		
<b>Ruedas</b>	6 ruedas		
<b>Categoría / clase</b>	N2		
<b>Serie / chasis</b>	YV2NG1AXEA52522		
<b>Motor</b>	167718		
<b>Color</b>	Blanco		
<b>Carrocería</b>	Grúa		
<b>Combustible</b>	Petróleo		
<b>Asientos</b>	3 asientos		
<b>Cilindros</b>	6 cc		
<b>Peso bruto</b>	1162,005 kg		
<b>Carga útil</b>	1162,005 kg		
<b>Placa</b>	ASJ - 857		
<b>Vida útil</b>	15 años		
<b>Servicio</b>	Remolque y rescate de vehículos pesados		
			


Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

#### d) Grúa mixta de arrastre y plataforma

Usada cuando se requiere una necesidad de elevación en un espacio reducido o complicado de maniobrar por falta de espacio y el traslado del vehículo siniestrado sin rodar, permitiendo que transporte los vehículos sin daños. Es la grúa más versátil capaz de manejar trabajos de toda clase; sus principales partes son: base, columna, sistema de brazos y estabilizadores.

**Tabla 16. Ficha técnica de la Grúa mixta de arrastre y plataforma**

 <b>FICHA TÉCNICA DE LA GRÚA MIXTA DE ARRASTRE Y PLATAFORMA</b>	
<b>AUTOTECNICA CAR-GRÚAS DEL NORTE</b>	
<b>Modelo</b>	17 210 ESP. CERVANDINO
<b>Marca</b>	VOLKSWAGEN
<b>Año de fabricación</b>	2016
<b>Forma</b>	4 x 2
<b>Ejes</b>	2 ejes
<b>Ruedas</b>	6 ruedas
<b>Categoría / clase</b>	N2
<b>Serie / chasis</b>	9BWCK82T62R217117
<b>Motor</b>	0030765583
<b>Carrocería</b>	Camión grúa
<b>Combustible</b>	Diesel
<b>Longitud</b>	9,52 m
<b>Altura</b>	2,62 m
<b>Ancho</b>	2,62 m
<b>Asientos</b>	3 asientos
<b>Cilindros</b>	6 cc
<b>Peso bruto</b>	12,002 kg
<b>Peso neto</b>	6,002 kg
<b>Carga útil</b>	6,002 kg
<b>Potencia</b>	151.5 KW@2600 RPM
<b>Placa</b>	C9C - 936
<b>Vida útil</b>	15 años
<b>Servicio</b>	Arrastre de vehículos pesados

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Los costos totales de reparación que se ha obtenido en el mantenimiento correctivo de las 4 grúas automotrices de la empresa Autotecnia Car E. I. R. L. es de S/26 280; estos costos son considerados como pérdidas ya que no están previstos en el presupuesto de operación de la empresa, ya que, al momento de las fallas, la empresa compra inmediatamente a cualquier proveedor, asumiendo el costo.

El costo de repuesto del mantenimiento correctivo en la grúa de plataforma 2018 fue de S/9 005 como se detalla a continuación:

**Tabla 17. Costo de repuesto del mantenimiento Correctivo en la Grúa de Plataforma 2018**

MANTEMIENTO DE LA GRÚA DE PLATAFORMA					
N	FECHA	FALLA	COSTO DE REPUESTO	Nº REPUESTO	COSTO TOTAL DEL REPUESTO
1	Ene-2	Disco de embrague	400	3	1 200
2	Feb-17	Bombines de frenos	120	3	360
3	Feb-28	Fuga de agua refrigerante del motor	90	2	180
4	Mar-26	Rodamiento/cojines de ruedas	310	4	1 240
5	Abr-10	Alternador	100	2	200
6	Abr-27	Arrancador	100	3	300
7	Jul-7	Filtro de combustible	25	3	75
8	Jul-16	Consumo excesivo de diésel	700	4	2 800
9	Jul-29	Cardan/tracción	200	2	400
10	Ago-18	Fuga de aceite del motor	90	2	180
11	Oct-6	Soporte del motor	200	3	600
12	Oct-12	Indicador de combustible	30	3	90
13	Oct-22	Sistema de arranque defectuoso	400	3	1 200
14	Dic-27	Faja externa averiada	90	2	180
TOTAL (S/)					S/9 005

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

El costo de repuesto del mantenimiento correctivo en la grúa de arrastre liviano 2018 fue de S/6075 como se detalla a continuación:

**Tabla 18. Costo de repuesto del mantenimiento correctivo en la Grúa de Arrastre Liviano 2018**

MANTEMIENTO DE LA GRÚA DE ARRASTRE LIVIANO					
N	FECHA	FALLA	COSTO DE REPUESTO	Nº REPUESTO	COSTO TOTAL DEL REPUESTO
1	Ene-13	Disco de embrague	400	1	400
2	Feb-24	Bombines de frenos	120	2	240
3	Mar-28	Fuga de agua refrigerante del motor	90	2	180
4	Abr-14	Rodamiento/cojines de ruedas	310	2	620
5	Abr-26	Alternador	100	3	300
6	May-8	Arrancador	100	3	300
7	May-17	Filtro de combustible	25	3	75
8	May-23	Consumo excesivo de diésel	700	2	1 400
9	Jun-22	Cardan/tracción	200	3	600
10	Ago-15	Fuga de aceite del motor	90	3	270
11	Oct-13	Soporte del motor	200	2	400
12	Oct-27	Indicador de combustible	30	3	90
13	Nov-28	Sistema de arranque defectuoso	400	3	1200
<b>TOTAL (S/)</b>					<b>S/6 075</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E.I.R.

El costo de repuesto del mantenimiento correctivo en la grúa de arrastre pesado 2018 fue de S/6100 como se detalla a continuación:

**Tabla 19. Costo de repuesto del mantenimiento correctivo en la Grúa de Arrastre Pesado 2018**

<b>MANTENIMIENTO DE LA GRÚA DE ARRASTRE PESADO</b>					
<b>N</b>	<b>FECHA</b>	<b>FALLA</b>	<b>COSTO DE REPUESTO</b>	<b>Nº REPUESTO</b>	<b>COSTO TOTAL DEL REPUESTO</b>
1	Feb-4	Disco de embrague	400	2	800
2	Feb-17	Bombines de frenos	120	2	240
3	Feb-28	Fuga de agua refrigerante del motor	90	3	270
4	Abr-22	Rodamiento/cojines de ruedas	310	2	620
5	May-18	Alternador	100	3	300
6	May-29	Arrancador	100	2	200
7	Jul-22	Filtro de combustible	25	2	50
8	Sept-15	Consumo excesivo de diésel	700	3	2 100
9	Sept-26	Cardan/tracción	200	3	600
10	Oct-6	Fuga de aceite del motor	90	1	90
11	Oct-18	Soporte del motor	200	2	400
12	Oct-27	Indicador de combustible	30	1	30
13	Dic-23	Sistema de arranque defectuoso	400	1	400
<b>TOTAL (S/)</b>					<b>S/6 100</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E.I.R.

El costo de repuesto del mantenimiento correctivo en la grúa mixta 2018 fue de S/5100 como se detalla a continuación:

**Tabla 20. Costo de repuesto del mantenimiento correctivo en la Grúa Mixta 2018**

FECHA	FALLA	COSTO DE REPUESTO	Nº PUESTO	COSTO TOTAL DEL REPUESTO
Ene-5	Disco de embrague	400	1	400
Ene-18	Bombines de frenos	120	2	240
Febr-22	Fuga de agua refrigerante del motor	90	3	270
Marz-12	Rodamiento/cojines de ruedas	310	2	620
Marz-24	Alternador	100	3	300
May-10	Arrancador	100	2	200
May-26	Filtro de combustible	25	2	50
Jul-19	Consumo excesivo de diésel	700	3	2 100
Ago-8	Cardan/tracción	200	2	400
Sept-15	Fuga de aceite del motor	90	1	90
Sept-29	Soporte del motor	200	2	400
Nov-25	Indicador de combustible	30	1	30
<b>TOTAL (S/)</b>				<b>S/5 100</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.



Por otro lado, se ha obtenido un registro de las fallas frecuentes que han presentado las grúas en el año 2017 y 2018, debido al inadecuado mantenimiento que tiene la empresa. Y sobre esto se ha identificado que en el año 2017 se ha presentado 73 fallas y en el año 2018 se ha presentado 122 fallas, lo cual indica que las fallas han ido aumentando al año anterior en 49 fallas, como se detalla a continuación:

**Tabla 21. Registro de las fallas frecuentes 2017**

Tipo	FALLAS	GRÚA DE PLATAFORMA	ARRASTRE LIVIANO	ARRASTRE PESADO	GRÚA MIXTA	TOTAL
<b>Mco.</b>	Recalentamiento del motor	1	1	1	1	4
<b>Mco.</b>	Faja externa averiada	1	1	2	1	5
<b>Mco.</b>	Fuga de agua refrigerada del motor	3	1	3	3	10
<b>Mco.</b>	Recalentamiento de tambores de freno	1	1	2	1	5
<b>Nco.</b>	Ruidos anormales de dirección	1	2	1	1	5
<b>Elco.</b>	Obstrucción del sistema de alimentación	2	1	1	2	6
<b>Mco.</b>	Sistema de arranque defectuoso	2	1	1	1	5
<b>Elco.</b>	Claxon	3	1	2	1	7
<b>Nco.</b>	Consumo excesivo de diésel	1	1	2	1	5
<b>Mco.</b>	Fuga de oíl del motor	1	1	1	1	4
<b>Nco.</b>	Fuga de hidrolina del sistema de fuerza	3	2	1	2	8
<b>Elco.</b>	Sistema de luces altas y bajas	1	1	1	1	4
<b>Elco.</b>	Bornes de batería de acumuladores	1	1	2	1	5
	<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>73</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

**Tabla 22. Registro de fallas frecuentes 2018**

Tipo	FALLAS	GRÚA DE PLATAFORMA	ARRASTRE LIVIANO	ARRASTRE PESADO	GRÚA MIXTA	TOTAL
<b>Nco.</b>	Disco de embrague	3	1	2	1	7
<b>Nco.</b>	Bombines de frenos	3	2	2	2	9
<b>Mco.</b>	Fuga de agua refrigerante del motor	2	2	3	3	10
<b>Mco.</b>	Rodamiento de ruedas	4	2	2	2	10
<b>Elco.</b>	Alternador	2	3	3	3	11
<b>Elco.</b>	Arrancador	3	3	2	2	10
<b>Nco.</b>	Filtro de combustible	3	3	2	2	10
<b>Mco.</b>	Consumo excesivo de diésel	4	2	3	3	12
<b>Mco.</b>	Cardan/Tracción	2	3	3	2	10
<b>Mco.</b>	Fuga de oil del motor	2	3	1	1	7
<b>Mco.</b>	Soporte del motor	3	2	2	2	9
<b>Elco.</b>	Indicador de combustible	3	3	1	1	8
<b>Elco.</b>	Sistema de arranque defectuoso	3	3	1	-	7
<b>Mco.</b>	Faja externa averiada	2	-	-	-	2
<b>TOTAL</b>		<b>39</b>	<b>32</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>122</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.1.6. Indicadores actuales

#### **Indicador de horas de mantenimiento correctivo**

Según las horas registradas en reparar y cambiar las piezas que se realizaron a las 4 grúas periódicamente del año 2018 son las siguientes:

- Obteniendo en la Grúa de Plataforma como tiempo total al año 130 horas/mantenimiento:

Esto es resaltante, considerando que la empresa alquila su maquinaria por S/ 90.00 la hora, se obtendría un ingreso no percibido de S/ 11 700, lo cual representa el 43,33% de los ingresos en todo el año.

**Tabla 23. Horas de paradas por mantenimiento**

Nº	MES	HORAS DE PARADAS POR MANTENIMIENTO
1	Enero	10 horas
2	Febrero	9 horas
3	Febrero	10 horas
4	Marzo	8 horas
5	Abril	9 horas
6	Abril	10 horas
7	Julio	9 horas
8	Julio	10 horas
9	Julio	9 horas
10	Agosto	10 horas
11	Octubre	9 horas
12	Octubre	8 horas
13	Octubre	9 horas
14	Diciembre	10 horas
<b>TOTAL</b>		<b>130 horas</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

- En la Grúa de Arrastre Liviano como tiempo total al año 120 horas/mantenimiento:

Esto es resaltante, considerando que la empresa alquila su maquinaria por S/ 90.00 la hora, se obtendría un ingreso no percibido de S/ 10 800, lo cual representa el 43,20% de los ingresos en todo el año.

**Tabla 24. Horas de paradas por mantenimiento**

Nº	MES	HORAS DE PARADAS POR MANTENIMIENTO
1	Enero	9 horas
2	Febrero	10 horas
3	Marzo	8 horas
4	Abril	9 horas
5	Abril	10 horas

6	Mayo	10 horas
7	Mayo	8 horas
8	Mayo	9 horas
9	Junio	10 horas
10	Agosto	9 horas
11	Octubre	10 horas
12	Octubre	9 horas
13	Noviembre	9 horas
<b>TOTAL</b>		<b>120 horas</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

➤ En la Grúa de Arrastre Pesado como tiempo total al año 120 horas/mantenimiento:

Esto es resaltante, considerando que la empresa alquila su maquinaria por S/ 90.00 la hora, se obtendría un ingreso no percibido de S/ 10 800, lo cual representa el 28,50% de los ingresos en todo el año.

**Tabla 25. Horas de paradas por mantenimiento**

Nº	MES	HORAS DE PARADAS POR MANTENIMIENTO
1	Febrero	8 horas
2	Febrero	9 horas
3	Febrero	10 horas
4	Abril	9 horas
5	Mayo	9 horas
6	Mayo	9 horas
7	Julio	10 horas
8	Septiembre	9 horas
9	Septiembre	8 horas
10	Octubre	9 horas
11	Octubre	10 horas
12	Octubre	10 horas
13	Diciembre	10 horas
<b>TOTAL</b>		<b>120 horas</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

➤ En la Grúa Mixta como tiempo total al año 110 horas/mantenimiento:

Esto es resaltante, considerando que la empresa alquila su maquinaria por S/ 120.00 la hora, se obtendría un ingreso no percibido de S/ 13 200, lo cual representa el 33,85% de los ingresos en todo el año.

**Tabla 26. Horas de paradas por mantenimiento**

Nº	MES	HORAS DE PARADAS POR MANTENIMIENTO
1	Enero	9 horas
2	Enero	10 horas
3	Febrero	9 horas
4	Marzo	10 horas

5	Marzo	9 horas
6	Mayo	10 horas
7	Mayo	9 horas
8	Julio	9 horas
9	Agosto	9 horas
10	Septiembre	9 horas
11	Septiembre	9 horas
12	Noviembre	8 horas
<b>TOTAL</b>		<b>110 horas</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Por consiguiente, se resalta que la Grúa Mixta presenta menos horas al momento de su reparación con 110 horas/reparación y la Grúa de Plataforma es la que requiere de mayores horas en reparar con 130 horas/reparación durante el año 2018.

### **Indicador de disponibilidad**

Es el porcentaje de tiempo total que se puede esperar en que las grúas estén disponibles para realizar sus funciones requeridas en un periodo de tiempo determinado.

$$Disponibilidad = \frac{\Sigma (HCAL - HTMN)}{\Sigma HCAL} \times 100$$

**Horas totales calculadas (HCAL):** 8 hora/día \*30 día/mes \*12 mes/año =2880 hora/año

-Horas laborales: 8 hora/día -Días laborales: 30 día/mes -Año: 12 mes/año

**Horas totales de mantenimiento (HTMN)**

Por tanto, la grúa que presenta mayor disponibilidad para satisfacer los servicios que requiere la empresa es la Grúa Mixta con 96,18 % y la de menor disponibilidad es la Grúa de Plataforma con 95,49 %.

Por tanto, se puede observar que la Grúa de Plataforma al año se encuentra en 95.49 % disponible:

**Horas totales de mantenimiento:** 130 horas/mantenimiento

$$Disponibilidad = ((2\ 880 - 130)) / (2880) \times 100$$

$$Disponibilidad = 95,49\%$$

La Grúa de Arrastre Liviano al año se encuentra en 95.83 % disponible:

**Horas totales de mantenimiento:** 120 horas/mantenimiento

$$Disponibilidad = ((2\ 880 - 120)) / (2880) \times 100$$

$$Disponibilidad = 95,83\%$$

La Grúa de Arrastre Pesado al año se encuentra en 95.83 % disponible:

**Horas totales de mantenimiento:** 120 horas/mantenimiento

$$\text{Disponibilidad} = ((2\ 880 - 120)) / (2880) \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 95,83\%$$

La Grúa Mixta al año se encuentra en 96.18 % disponible:

**Horas totales de mantenimiento:** 110 horas/mantenimiento

$$\text{Disponibilidad} = ((2\ 880 - 110)) / (2880) \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 96,18\%$$

Si bien, el indicador de disponibilidad parece alto para todas las grúas, esto no corresponde para la empresa, ya que existen pérdidas económicas en los servicios que no se atienden, tal como se mostró anteriormente, de igual manera la empresa mencionó que debido a la alta competencia, perder la confianza y fidelidad de un cliente era crítico para su organización, es por lo cual la disponibilidad se debe aumentar lo mayor posible, a fin de abarcar todo su mercado y ser competitivo.

### **Indicador de tiempo medio de reparación**

Es la probabilidad en que la grúa en mantenimiento, pueda ser reparada a su nivel de operación dentro de un periodo de tiempo dado.

$$TPMR = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{N^{\circ} \text{ Total de fallas detectadas}}$$

**Tabla 27. Indicador de tiempo medio de reparación 2018**

TIPO DE GRÚA	FÓRMULA	RESULTADO (TPMR)
Grúa de Plataforma	130/14	9,29 ≈ 9 horas/reparación
Grúa de Arrastre Liviano	120/13	9,23 ≈ 9 horas/reparación
Grúa de Arrastre Pesado	120/13	9,23 ≈ 9 horas/reparación
<b>Grúa mixta</b>	<b>110/12</b>	<b>9,17 ≈ 9 horas/reparación</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

De lo cual:

La Grúa de Plataforma presenta al año un tiempo de 9,29 ≈ 9 horas/reparación por falla.

La Grúa de Arrastre Liviano presenta al año un tiempo de 9,23 ≈ 9 horas/reparación por falla.

La Grúa de Arrastre Pesado presenta al año un tiempo de 9,23 ≈ 9 horas/reparación por falla

La Grúa Mixta al año presenta al año un tiempo de 9,27 ≈ 9 horas/reparación por falla.

Y sobre estos datos se ha obtenido un promedio de horas de mantenimiento correctivo 2018 de las cuatro grúas de la empresa: Grúa de Plataforma, Grúa de Arrastre Liviano, Grúa de Arrastre Pesado y Grúa Mixta, equivalente a 9 horas/reparación.

### **Indicador de tiempo medio entre fallos**

Es la frecuencia con la que suceden averías en las grúas que vienen operando, durante un periodo de tiempo especificado, estos datos fueron recolectados debido a los tiempos de paradas que se generaban cuando una máquina tenía problemas, estos datos fueron entregados por la empresa en sus registros.

$$TMEF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operación}}{N^{\circ} \text{ Total de fallas detectadas}}$$

**N° de horas de operación:** 8 hora/día \*30 día/mes \*12 mes/año =2880 hora/año

-Horas laborales: 8 hora/día -Días laborales: 30 día/mes -Año: 12 mes/año

**Tabla 28. Indicador de tiempo medio entre fallos 2018**

TIPO DE GRÚA	FÓRMULA	RESULTADO (TMEF)
Grúa de Plataforma	2880/14	206 horas/falla
Grúa de Arrastre Liviano	2880/13	222 horas/falla
Grúa de Arrastre Pesado	2880/13	222 horas/falla
<b>Grúa mixta</b>	<b>2880/12</b>	<b>240 horas/falla</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Y luego se puede observar que:

En la Grúa de Plataforma al año, cada 206 horas se presenta una falla.

En la Grúa de Arrastre Liviano al año, cada 222 horas se presenta una falla.

En la Grúa de Arrastre Pesado al año, cada 222 horas se presenta una falla.

En la Grúa Mixta al año, cada 240 horas se presenta una falla.

De manera que, la Grúa Mixta presenta menor frecuencia en la que ocurre fallos con 240 horas/falla y la Grúa de Plataforma es la que presentar mayor frecuencia en fallar con 206 horas/falla.



**Tabla 29. Indicadores de las grúas en la empresa Autotecnia Car E. I. R. L.**

	Grúa de Plataforma	Grúa de Arrastre Liviano	Grúa de Arrastre Pesado	Grúa Mixta
<b>Indicador de horas de mantenimiento correctivo</b>	120 horas/mantenimiento	120 horas/mantenimiento	120 horas/mantenimiento	110 horas/mantenimiento
<b>Indicador de disponibilidad</b>	95,49 %	95,83 %	95,83 %	96,18 %
<b>Indicador de tiempo medio de reparación</b>	9 horas//reparación	9 horas//reparación	9 horas//reparación	9 horas//reparación
<b>Indicador de tiempo medio entre fallos</b>	206 horas/falla Cada 8 días en promedio	222 horas/falla Cada 9 días en promedio	222 horas/falla Cada 9 días en promedio	240 horas/falla Cada 10 días en promedio

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

En resumen, se evidencia que en el indicador de horas de mantenimiento correctivo la Grúa Mixta es la que presenta menores horas/mantenimiento y la Grúa de Plataforma es la que presenta mayores horas/mantenimiento; como indicador de disponibilidad la Grúa Mixta presenta mayor disponibilidad al momento de brindar un servicio, mientras que la Grúa de Plataforma presenta menor disponibilidad. Así mismo, en el indicador de tiempo medio de reparación todas las grúas presentan un promedio de 9 hora/reparación y en el indicador de tiempo medio entre fallos la grúa mixta es la que lleva mayor tiempo para que falle, mientras que la Grúa de Plataforma es la que falla con más frecuencia. Además, se puede decir que cada grúa presenta diferentes resultados en sus indicadores, ya que algunas grúas son más usadas a comparación de otras para realizar el servicio que le requerido a la empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.2. Identificación de metodología a aplicar

En la siguiente figura se muestra un diagrama de flujo en el cual se identifica el tipo de mantenimiento que puede utilizarse, posteriormente se realizó un análisis con cada tipo de mantenimiento, de esta manera se logró seleccionar el método que más se acomode a la realidad de la empresa y le permita solucionar los problemas encontrados.

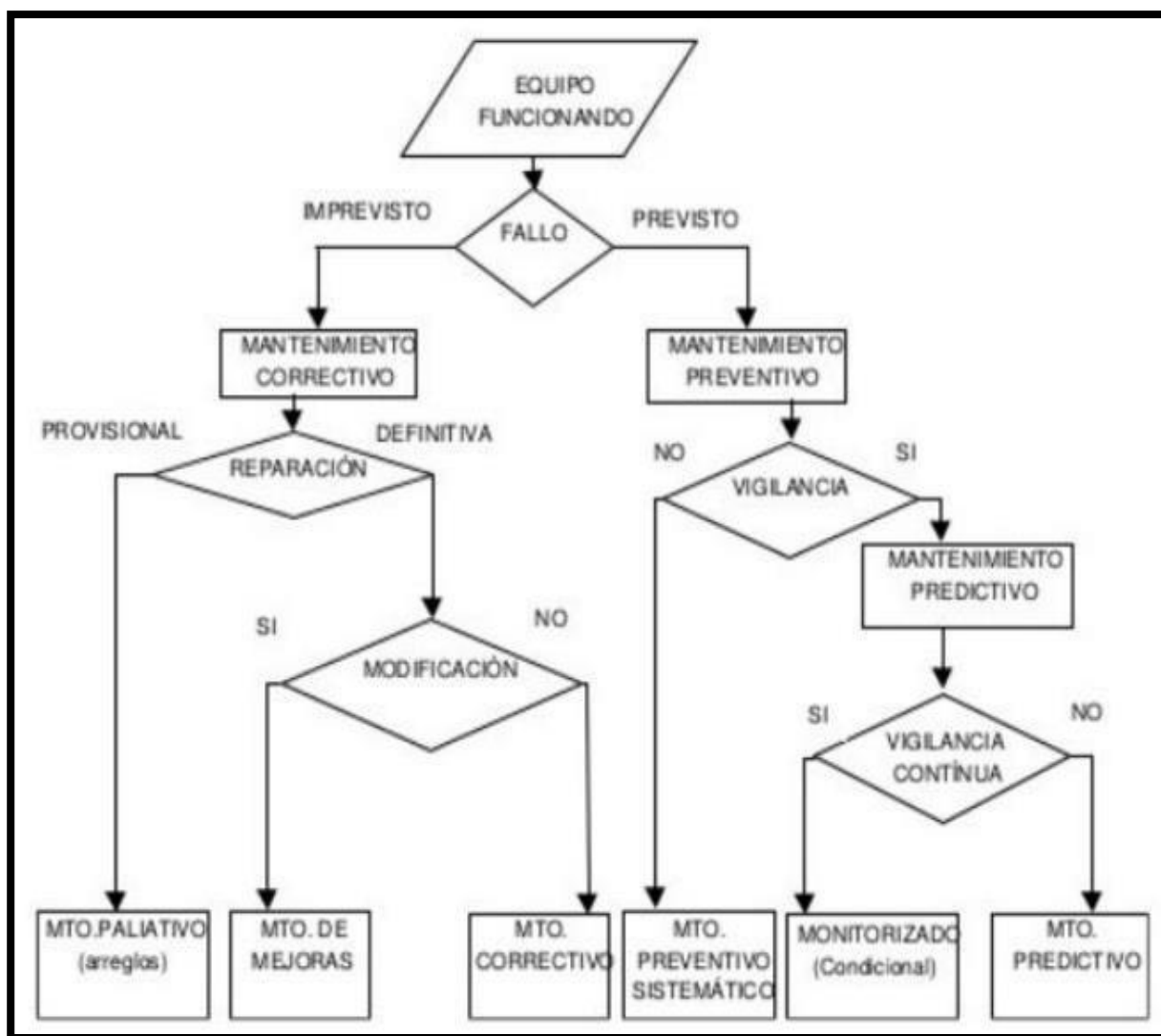


Figura 4. Diagrama de decisión en mantenimiento

Fuente: Calloni [13]

En este punto, se realizó la comparación de los diferentes tipos de mantenimiento existente para grúas automotrices, con la finalidad de conocer la metodología adecuada a utilizar para la empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Así mismo se presenta una matriz de ponderación de los diferentes tipos de mantenimiento (Anexo 5) a elegir para la adaptación en la empresa Autotecnia Car E. I. R. L., de las cuales se ha comparado su costo de mantenimiento, la especialidad y capacidad que debe contar el operario, continuidad, paradas y el tiempo en que ocurre.

**Tabla 30. Matriz de ponderación**

<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>	<b>ESPECIALIDAD</b>	<b>CAPACITADO</b>	<b>Paradas</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Puntaje según ponderación</b>
Mantenimiento correctivo	Alto	Técnicos especialistas		Alto	1 mes	4
Mantenimiento preventivo	Medio	Ingeniero mecánico	X	Baja	4 meses	12
Mantenimiento predictivo	Alto	Ingeniero mecánico	X	Baja	1 semana	10

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Es por lo cual puede determinar que el correcto tipo de mantenimiento que se puede implementar para el mantenimiento de las grúas automotrices es el mantenimiento preventivo debido a que presenta un menos costo de implementación, porque los operarios que presenta la empresa cumplen tanto con la capacidad y especialidad, lo cual se demuestra en el (Anexo 3). Así mismo, presenta un momento planificado para realizar el mantenimiento permitiendo que la empresa esté preparada, va a genera pocas paradas y por ende permitirá disminuir las pérdidas económicas que se está presentando.

La metodología seleccionada es el mantenimiento preventivo basado en RCM, ya que se acopla directamente a la realidad de la empresa, permitiendo aumentar la disponibilidad de las maquinarias y disminuir los costos por reparación o de mantenimiento correctivo.

Para su desarrollo, se utilizó la herramienta de calidad llamada 5W y 1H, la cual se describe a continuación:

1. ¿Qué se ha estado haciendo?

Actualmente la empresa realiza un mantenimiento correctivo, lo cual le trae problemas ya que no cuenta inmediatamente con el personal que lo realice ni con los repuestos necesarios.

2. ¿Quién lo está haciendo?

La empresa contrata a un personal externo, ya que solo posee 04 trabajadores y ninguno tiene conocimientos en mantenimiento de maquinarias.

3. ¿Cuándo se hará?

El plan de mantenimiento preventivo se plantea que se realice inmediatamente, para así programar los tiempos en que se revisaran las máquinas, así mismo se deben resolver todas las fallas actuales que presenten.

4. ¿Por qué debe hacerse?

Debe realizarse ya que la empresa se está viendo afectada por la falta de disponibilidad, además está asumiendo unos elevados costos por mantenimientos, lo cual es perjudicial para ella.

5. ¿Dónde debería hacerse?

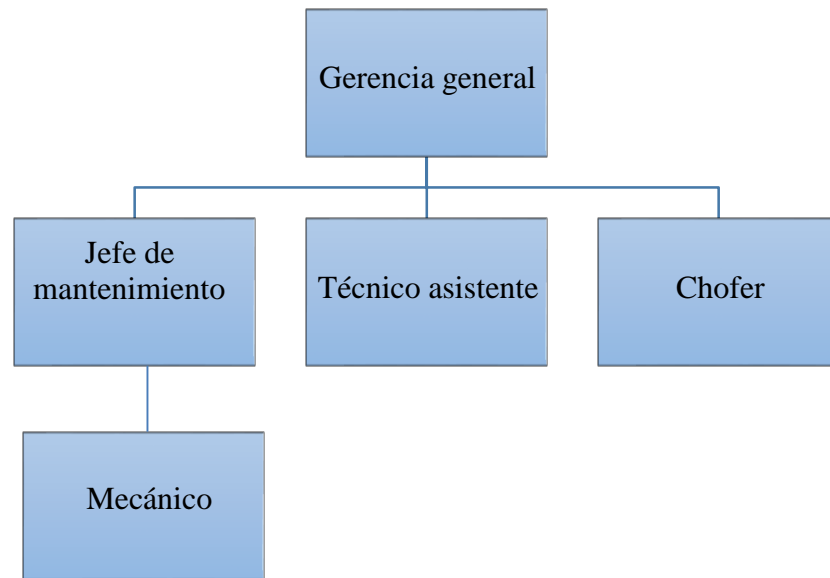
Se estima que las actividades de mantenimiento se realicen en la misma empresa, así como contar con un almacén de repuestos y capacitar al personal para evitar contratar a personal externo, ya que según el gerente indicó que no le era factible contratar más personal, sin embargo, indicó que si tenía presupuesto para capacitar a su personal.

6. ¿Cómo debería hacerse?

La propuesta de mantenimiento preventivo estará basada en RCM, es por esto que se debe cumplir con los requerimientos planteados en el plan; este método sirve como base para futuras propuestas de mantenimiento o programas de mantenimiento, ya que en este estudio se va a determinar las máquinas que presentan mayor criticidad y trabajar en torno a ella.

### 3.3. Desarrollo de propuesta de mejora

Para realizar el proceso de implementación del mantenimiento preventivo, es fundamental tener un conjunto actividades coordinadas que dirijan y controlen el proceso de mantenimiento, por lo cual se emplearán estrategias y decisiones políticas para dirigir dicho proceso, además se calculará los nuevos indicadores que se obtendrán posteriormente. En primer lugar, para la mejora se reestructuro el organigrama, teniendo en consideración la contratación de un jefe de mantenimiento de manera parcial (20 horas a la semana) que lleve las riendas de la gestión.



**Figura 5. Organigrama planteado**

Fuente: Elaboración propia

#### 3.3.1. Plan de mantenimiento preventivo basado en RCM

El plan de mantenimiento preventivo basado en RCM, está dado por una serie de etapas las cuales serán desarrollado a continuación [14]:

##### 3.3.1.1. Mejora de política y objetivos de mantenimiento

###### **Política de Mantenimiento**

Asegurar la ejecución del mantenimiento preventivo en las grúas y equipos que existen en la empresa Autotecnia Car E. I. R. L., manteniendo la disponibilidad necesaria y mejorar continuamente para brindar soluciones eficientes a nuestros clientes.

## Objetivos

- Garantizar un servicio de calidad, oportuno y eficiente con las grúas de la empresa.
- Organizar, planificar las acciones de mantenimiento preventivo en función a las necesidades y uso que tiene cada grúa de la empresa.
- Aumentar la disponibilidad de la maquinaria.
- Brindar capacitación continua del personal.

## Jerarquización Organizacional del departamento de mantenimiento

Para este sistema, la empresa tendrá en cuenta los siguientes puntos:

- La división de funciones.
- Los niveles jerárquicos.
- Las líneas de responsabilidad y autoridad.

## Elaboración del inventario

La empresa Autotecnia Car, cuenta con 4 unidades: Grúa de plataforma, Grúa de arrastre liviano, Grúa de arrastre pesado y Grúa mixta, se propone que cada una cuente con una ficha de inventario (Anexo 8) en donde se detalle lo siguiente:

- La documentación de la grúa: Tarjeta de propiedad, SOAT, etc.
- Los equipos y componentes que tiene cada grúa.
- Las características de cada grúa: modelo, marca, motor, color, placa, año de fabricación, etc.
- Las condiciones generales de cada grúa
- Condiciones del sistema hidráulico
- Estado de los neumáticos
- Observaciones correspondientes

Con esto se logrará dar un seguimiento que responda a las necesidades, siendo el formato, el instrumento para el reconocimiento del inventario necesario.

### **3.3.1.2. Plan de asesoramiento, sensibilización y capacitación para todo el personal, colaborador vinculados a la empresa.**

Para asegurar la ejecución del mantenimiento preventivo en las grúas y equipos que existen en la empresa Autotecnia Car E. I. R. L., manteniendo la disponibilidad necesaria y mejorar continuamente para brindar soluciones eficientes a nuestros clientes; de la misma manera se requerirá de la contratación de un jefe de mantenimiento de manera parcial, laborando 20 horas a la semana, capacitado para que pueda llevar el plan adelante ; adicionalmente se han añadido formatos para la ejecución del mantenimiento propuesto, los cuales se encuentran en el anexo 05.

## Objetivo

Proporcionar a los colaboradores por medio de capacitaciones, las competencias necesarias para poder realizar de manera más eficiente sus funciones y actividades en la empresa “Autotecnia Car E. I. R. L.”.

## Ubicación

Las actividades de mantenimiento preventivo, se realizarán en las instalaciones de la empresa “Autotecnia Car E. I. R. L.”.

## Alcance

Tiene alcance para todos los colaboradores involucrados con el tema de capacitación.

## Desarrollo

- Gestión del Mantenimiento
- Beneficios en la aplicación del Mantenimiento preventivo.
- Planificación y Programación del Mantenimiento.
- La fricción y sus consecuencias
- Análisis Vibracional de rodamientos

## Cronograma

En la tabla 31, se muestra el cronograma de las capacitaciones, las entidades que lo dictan, su duración, y a quién está dirigido.

**Tabla 31. Cronograma de las capacitaciones**

Capacitación	Dictado por	Dirigido a	Inicio - Fin	Duración
Gestión del Mantenimiento basado en RCM.	EdEx PUCP	Jefe de Mantenimiento	04/08/19 – 25/08/19	24 horas
Beneficios en la aplicación del Mantenimiento preventivo.	TECSUP	Jefe de Mantenimiento	07/09/19 – 28/09/19	36 horas
Planificación de mantenimiento preventivo.	TECSUP	Jefe de Mantenimiento	08/09/19 – 29/09/19	45 horas
La Fricción y sus consecuencias	TECSUP	Técnico de mantenimiento	06/10/19 – 27/10/19	24 horas
Análisis Vibracional de rodamientos	TECSUP	Técnico de mantenimiento	10/11/19 – 01/12/19	36 horas

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

## Presupuesto

En la tabla 32, se indica el costo total por las capacitaciones que se brindará para los trabajadores de la empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

**Tabla 32. Costo de las capacitaciones**

Capacitación	Nº operario	Costo por operario	Costo total
Gestión del Mantenimiento basado en RCM.	1	S/1 500,00	S/1 500,00
Beneficios en la aplicación del Mantenimiento preventivo.	1	S/1 260,00	S/1 260,00
Planificación de mantenimiento preventivo.	1	S/1 090,00	S/1 090,00
La Fricción y sus consecuencias	2	S/750,00	S/1 500,00
Análisis Vibracional de rodamientos	2	S/1 700,00	S/3 400,00
<b>TOTAL</b>			<b>S/8 750,00</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Los temas de capacitación fueron seleccionados de acuerdo a la base del conocimiento del mantenimiento preventivo, el cual se está planteando; así mismo se incluyeron temas relacionadas a las fallas más ocurrentes y sus causas.

### 3.3.1.3. Registro de mantenimiento

En primer lugar, se incorporará un registro en donde se detallarán todos las fallas, averías o problemas con las maquinarias, esto servirá para establecer una secuencia en el mantenimiento y facilitarán las gestiones a futuro para la implementación de mejoras complementarias.

**Tabla 33. Formato de registro de mantenimiento**

Nº de	Máquina	Código	Hora de inicio	Fecha de inicio	Hora de fin	Fecha de fin
Registro						
<b>Falla</b>	Tipo: Como fue detectado: Propuesta de solución:					
<b>Solución realizada</b>	Herramientas utilizadas Repuestos empleados Personal de mantenimiento encargado					
<b>Observaciones:</b>						

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.



### 3.3.1.4. Codificación de la maquinaria

La información detallada de la maquinaria puede apreciarse en el punto 3.1.5., a continuación, se describen las maquinarias que posee la empresa, así como su codificación correspondiente.

**Tabla 34. Codificación de la maquinaria**

Maquinaria	Modelo	Marca	Código
Grúa de plataforma	Delta 400/2008 V116L	DAIJATSU	GP1
	HU3		
Grúas de remolque y rescate para vehículos livianos	Canter	MITSUBISHI	GRL1
Grúas de remolque y rescate para vehículos pesados	N - 10	VOLVO	GRP1
Grúa mixta de arrastre y plataforma	17 210 ESP. CERVANDINO	VOLKSAGEN	GM1

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.3.1.5. Priorización de la maquinaria

Para este paso, se tomaron en cuenta 03 criterios, cabe decir que cada maquinaria es independiente a otra, esto quiere decir que todas tienen la misma importancia para la empresa, según información del dueño. Así mismo se consideraron 03 criterios que permitieron determinar que maquinaria se debe priorizar.

#### - Horas trabajadas de maquinaria

**Tabla 35. Horas trabajadas de maquinaria por año**

Bajo	Medio	Alto
0,5	1	2
Menos de 10 000 horas por año	Entre 10 001 y 20 000 horas por año	Más de 20 000 horas por año

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

**Tabla 36. Horas trabajadas de la maquinaria al año**

Maquinaria	Horas trabajadas	Horas no trabajadas por mantenimiento	Calificación
<b>GRÚA DE PLATAFORMA</b>	5 500	130	0,5
<b>ARRASTRE LIVIANO</b>	4 600	120	0,5
<b>ARRASTRE PESADO</b>	4 400	120	0,5
<b>GRÚA MIXTA</b>	6 200	110	0,5

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

#### - Existencia de mantenimiento a maquinaria

**Tabla 37. Frecuencia de paro de maquinaria**

Bajo	Medio	Alto
0,5	1	2
Menos de 10 horas	Entre 100 y 400 horas	Más de 400 horas

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

**Tabla 38. Horas de paro promedio por fallas de maquinaria**

Maquinaria	Horas de paro	Calificación
<b>GRÚA DE PLATAFORMA</b>	206 horas	1
<b>ARRASTRE LIVIANO</b>	222 horas	1
<b>ARRASTRE PESADO</b>	222 horas	1
<b>GRÚA MIXTA</b>	240 horas	1

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

#### - Seguridad que genera la maquinaria

**Tabla 39. Estimación de seguridad al personal**

Nula	Considerable	Grave
0,5	1	2
No presenta riesgo para los trabajadores	Riesgo moderado para los trabajadores	Riesgo grave para los trabajadores

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

**Tabla 40. Nivel de seguridad al personal**

Maquinaria	Nivel de seguridad	Calificación
<b>GRÚA DE PLATAFORMA</b>	Riesgo grave	2
<b>ARRASTRE LIVIANO</b>	Riesgo moderado	1
<b>ARRASTRE PESADO</b>	Riesgo moderado	1
<b>GRÚA MIXTA</b>	Riesgo grave	2

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.3.1.6. Identificación de los subsistemas

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de fallas encontradas por cada maquinaria en el año 2017 y 2018.

**Tabla 41. Fallas en la maquinaria**

Maquinaria	Cantidad de fallas en el 2107	Cantidad de fallas en el 2018
<b>GRÚA DE PLATAFORMA</b>	21	39
<b>ARRASTRE LIVIANO</b>	15	32
<b>ARRASTRE PESADO</b>	20	27
<b>GRÚA MIXTA</b>	17	24

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.3.1.7. Identificación de los componentes y elementos del subsistema

**Tabla 42. Componentes de la maquinaria**

Maquinaria	Componentes
<b>GRÚA DE PLATAFORMA</b>	10
<b>ARRASTRE LIVIANO</b>	12
<b>ARRASTRE PESADO</b>	12
<b>GRÚA MIXTA</b>	15

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.3.1.8. Codificación para el sistema, subsistema y elementos o componentes

La codificación es un factor clave en el mantenimiento, ya que facilita la identificación de cada elemento existente, así como la comprensión de su significado.

**Tabla 43. Codificación propuesta**

Ítem	Código
Sistemas	AA
Sub Sistemas	BB
Componentes	CC

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.3.1.9. Identificación de maquinarias críticas

En este punto se describe la puntuación final obtenida por cada tipo de maquinaria, de esta manera identificar cuáles son las máquinas críticas que requieren de un mayor análisis.

**Tabla 44. Identificación de máquinas críticas**

Maquinaria	Puntaje final	Descripción
<b>GRÚA DE PLATAFORMA</b>	5,5	
<b>ARRASTRE LIVIANO</b>	5,5	<b>criticidad</b>
<b>ARRASTRE PESADO</b>	4,5	
<b>GRÚA MIXTA</b>	4,5	

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.







En la tabla anterior se muestra el puntaje final, cabe decir que se le agregaron 2 puntos a cada máquina ya que todos presentan la misma importancia, según el resultado indican que las 4 máquinas presentan criticidad, y se deben analizar para el desarrollo del mantenimiento preventivo.

**Tabla 45. Puntaje para criticidad**

Puntaje final	Significado
0 – 1,5	Baja criticidad
2 – 3,5	Potencial criticidad
4 – 6	Criticidad

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.3.1.10. Árbol de decisiones

LEYENDA DE ÁRBOL DE DECISIONES		
	Evento	Fallo del sistema que se quiere evitar.
		Evento principal pero no básico.
	Evento básico	Una falla iniciadora básica (o evento de falla).
	AND gate	El evento de salida ocurre si ocurren todos los eventos de entrada.
	OR gate	El evento de salida ocurre si al menos uno de los eventos de entrada ocurre.
	Undeveloped event	.Un evento que no se desarrolla más. Es un evento básico que no necesita mayor resolución

#### Árbol de decisión para grúa de plataforma

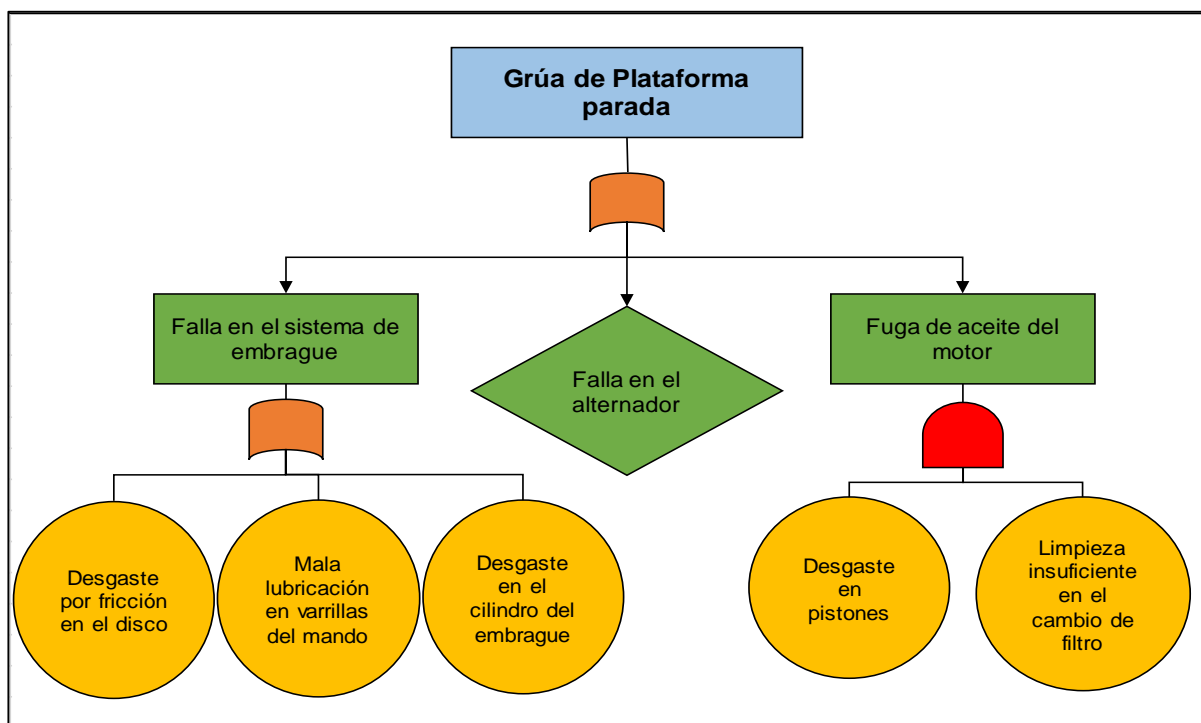


Figura 6. Árbol de decisiones 01

Fuente: Elaboración propia

### Árbol de decisión para grúa de arrastre liviano

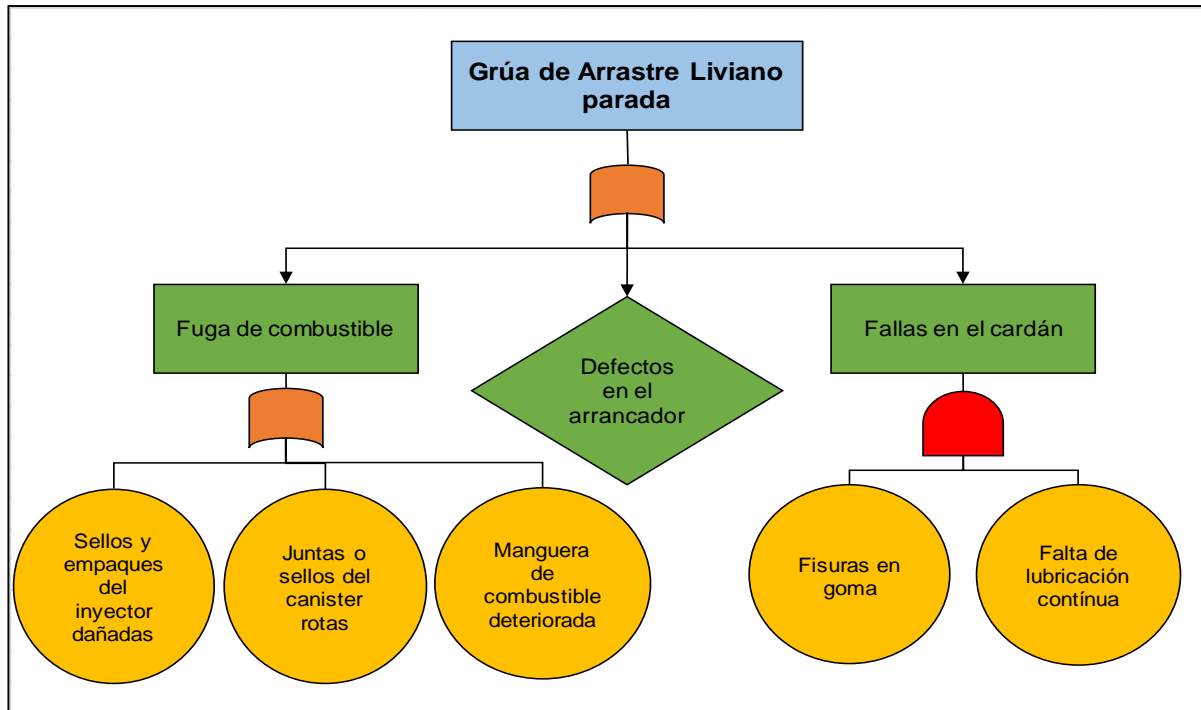


Figura 7. Árbol de decisiones 02

Fuente: Elaboración propia

### Árbol de decisión para grúa de arrastre pesado

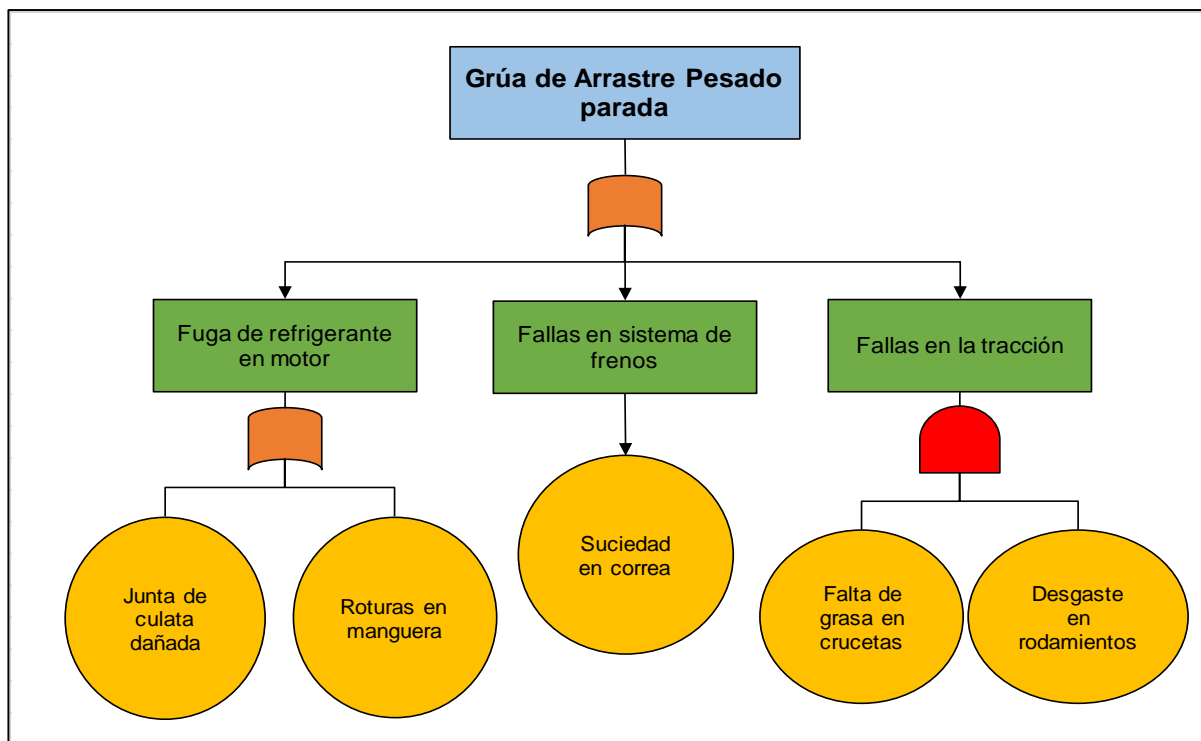
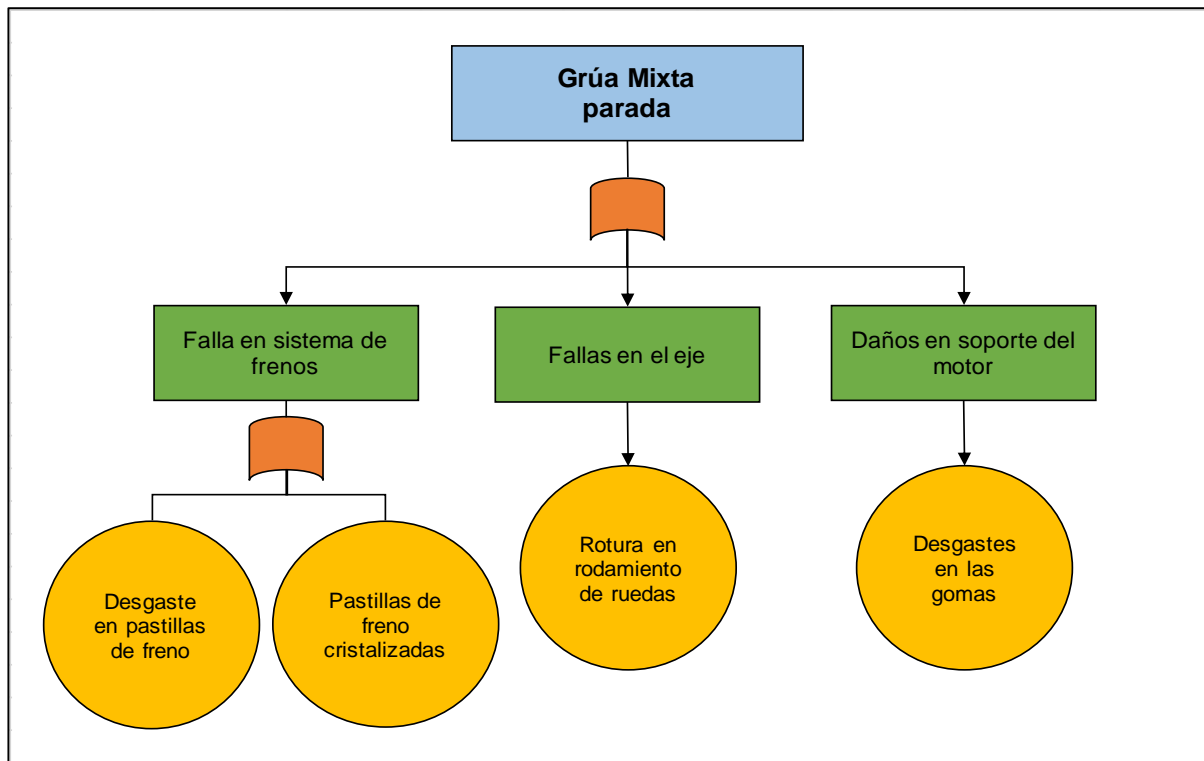


Figura 8. Árbol de decisiones 03

Fuente: Elaboración propia

## Árbol de decisión para grúa mixta



**Figura 9. Árbol de decisiones 04**

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.1.11. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)

Para realizar un buen plan de mantenimiento se usó un Análisis del modo y los efectos de las fallas (AMEF) de cada grúa que presenta la empresa, en la que se determinó cuáles son los modos potenciales de fallas, identificándose cada modo y en qué forma se desencadena una falla.

Los modos de fallas identificados responden a las preguntas ¿Por qué no se consiguió lo deseado? y ¿Cuál es la forma en la que el proceso falla?, estas preguntas nos ayudaron a tener una visión más clara de los modos de falla.

Para cada modo se determinó los efectos potenciales de cada falla, por lo tanto, se analizó todas las posibles consecuencias de las fallas que afectan directa e indirectamente el nivel de servicio al cliente. Se tomó en cuenta que cada falla puede tener diversos efectos potenciales y la pregunta a responder es ¿Qué sucede cuando ocurre ese modo de falla?

Luego se analizaron cuáles son las posibles causas de las fallas identificadas anteriormente, y cuáles son los sistemas de controles actuales de detección y prevención de las posibles fallas potenciales que se manejan en el proceso, esta información se obtiene a través del análisis detallado del proceso.

Se asignó un índice de gravedad al efecto de la falla, esto dependerá de cómo la falla repercute en el cliente, tanto interno como externo. Los criterios de asignación de índices de gravedad se explica en la tabla 46.

**Tabla 46. Tabla de Índices de Gravedad**

ÍNDICES	DESCRIPCIÓN
1	Menor: Es probable que el cliente no se percate de la falla.
02 – 03	Bajo: El cliente tiene una incomodidad leve, debido a la débil consecuencia de la falla.
04 – 06	Moderado: Algunas insatisfacciones en el cliente esto ocasionan moderada gravedad que causaría, lo cual puede producir reprocesos.
07 – 08	Alto: Debido a la naturaleza se produce alto grado de insatisfacción del cliente, pero no hay problemas de seguridad y puede provocar reprocesos mayores.
09- 10	Muy alto: La seguridad se ve en riesgo, es por ello que la incomodidad del cliente es alta.

Fuente: Álvarez [24]



Se determinó un índice de ocurrencia, en el cual se evalúa la probabilidad o la frecuencia de que se produzca una falla por cada causa determinada, para asignación de un índice de ocurrencia se tendrá en cuenta los controles actuales que la empresa ha implementado para evitar las fallas.

**Tabla 47. Tabla de índices de ocurrencia**

ÍNDICES	DESCRIPCIÓN
1	Probabilidad remota de ocurrencia (1/100000)
02 - 05	Probabilidad baja ocurrencia, proceso bajo control estadístico (1/5000 - 1/500)
06 - 07	Probabilidad moderada de ocurrencia, proceso bajo control con algunas ocurrencias de fallas (1/200 - 1/20)
08 - 09	Probabilidad alta de ocurrencia, proceso bajo control, pero con frecuentes ocurrencias de fallas (1/100 - 1/20)
10	Probabilidad muy alta de ocurrencia, fallas muy frecuentes (>1/10)

Fuente: Álvarez [24]

Se determinó el índice de detección, el cual va a evaluar la probabilidad de detectar cada causa de falla antes de que llegue al cliente. En la tabla 48 se detallan los índices de detección con su descripción.

**Tabla 48. Tabla de índices de detección**

ÍNDICES	DESCRIPCIÓN
1	Muy alto: Los controles actuales de la empresa detectan la existencia de fallas.
02 - 05	Alto: La posibilidad de detectar la falla es buena mediante los controles de la empresa.
05 - 08	Moderado: Los controles pueden detectar algún defecto.
09	Bajo: La posibilidad de detectar un defecto es baja.
10	Muy bajo: Los controles no detectan los defectos.

Fuente: Álvarez [24]

En este paso se calcula el RPN (Risk Priority Number) el cual determina un indicador de la importancia de la falla, y con ello dar prioridad dependiendo del riesgo. Este indicador se determina multiplicando los índices de Gravedad X Ocurrencia X Detección, en la tabla 49 se establecen los criterios de importancia de riesgo.

**Tabla 49. Clasificación de fallas según NPR**

INDICADORES	CRITERIOS
$NPR \leq 125$	Falla aceptable

---

$125 \leq \text{NPR} \leq 200$	Falla reducible a aceptable
$\text{NPR} \geq 200$	Falla indeseable

---

Fuente: Álvarez [24]

Una vez que se tiene la clasificación de fallas según NPR, se propuso las soluciones de mejora, estas acciones se han establecido como medidas preventivas, se tomó en cuenta que es mejor eliminar las causas de las fallas, y con ello se obtiene una mejor solución sin correr el riesgo de la ocurrencia de falla, o caso contrario reducir la gravedad de la falla.

**Tabla 50. AMEF de la Grúa de plataforma 2018**

<b>MODOS DE FALLO</b>	<b>EFEECTO</b>	<b>G</b>	<b>CAUSA</b>	<b>O</b>	<b>CONTROLES</b>	<b>D</b>	<b>NPR</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>G</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>NPR</b>	<b>CONTROL PROPUESTO</b>
Falla en el sistema de embrague	Fuerte ruido en la caja al realizar los cambios	7	Desgaste por fricción en el disco	6	Ninguno	6	252	Sustituir el disco de embrague	6	5	4	120	Inspección técnica semanal
		7	Mala lubricación de varillas del mando	6		5	210	Lubricar mensualmente las varillas del mando	6	5	4	120	Inspección técnica semanal
	Atascamiento del pedal del embrague	7	Desgaste en el cilindro del embrague	6		6	252	Reparar el cilindro	6	6	4	144	Inspección técnica semanal
Falla en el alternador	Batería agotada frecuentemente	5		5	Ninguno	5	125	Reparación de circuitos eléctricos	5	4	3	60	Inspección técnica semanal
Fuga de aceite del motor	Elevación en la temperatura del motor	8	Desgaste en pistones	5	Ninguno	6	240	Sustitución de pistones	6	4	5	120	Inspección técnica semanal
	Frecuentes paradas del motor	8	Limpieza insuficiente en el cambio de filtro	5		6	240	Cambio de aceite completo con limpieza profunda de filtro o sustitución	6	4	5	120	Inspección técnica semanal

Tabla 51. AMEF de la Grúa de arrastre liviano 2018

<b>MODOS DE FALLO</b>	<b>EFEECTO</b>	<b>G</b>	<b>CAUSA</b>	<b>O</b>	<b>CONTROLES</b>	<b>D</b>	<b>NPR</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>G</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>NPR</b>	<b>CONTROL PROPUESTO</b>
Fuga de combustible	Falla de potencia en el motor	7	Sellos y empaques del inyector dañados	6	Ninguno	5	210	Sustituir sellos y empaques del inyector	6	6	4	144	Inspección técnica semanal
		6	Juntas o sellos del canister rotas	5		5	150	Sustituir sellos o juntas del canister	6	4	4	96	Inspección técnica semanal
		6	Manguera de combustible deteriorada	5		5	150	Sustituir manguera de combustible	5	5	5	125	Inspección técnica semanal
Defectos en el arrancador	Esfuerzo en el arranque de la grúa	6		5	Ninguno	5	150	Reparación de circuitos y terminales eléctricos	5	4	3	60	Inspección técnica semanal
Fallas en el cardán	Pérdida del direccionamiento de la grúa	7	Fisuras en goma	5	Ninguno	7	245	Sustitución de gomas fisuradas	7	4	6	168	Inspección técnica semanal
		7	Falta de lubricación continua	5		7	245	Realización de engrase quincenal	6	4	3	72	Inspección técnica semanal

Tabla 52. AMEF de la Grúa de arrastre pesado 2018

MODOS DE FALLO	EFEECTO	G	CAUSA	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIONES	G	O	D	NPR	CONTROL PROPUESTO
Fuga de refrigerante en motor	Corrosión y formaciones calcáreas	6	Junta de culata dañada	6	Ninguno	6	216	Revisión y reparación de culata	5	5	4	100	Inspección técnica semanal
		6	Roturas en manguera	5		5	150	Sustitución de mangueras	5	5	4	100	Inspección técnica semanal
Fallas en sistema de frenos	Incapacidad o dificultad de frenado	5	Suciedad en correa	5	Ninguno	5	125	Limpieza y engrase de correa	5	4	3	60	Inspección técnica semanal
Fallas en la tracción	Desgaste de las ruedas y rieles	6	Falta de grasa en crucetas	5	Ninguno	6	180	Limpieza y engrase de crucetas	5	4	3	60	Inspección técnica semanal
		6	Desgaste en rodamientos	5		6	180	Sustitución de rodamientos	5	4	2	40	Inspección técnica semanal

Tabla 53. AMEF de la Grúa mixta del 2018

MODOS DE FALLO	EFEECTO	G	CAUSA	O	CONTROLES	D	NPR	ACCIONES	G	O	D	NPR	CONTROL PROPUESTO
Falla en sistema de frenos	Incapacidad o dificultad de frenado	6	Desgaste en pastillas de freno	5	Ninguno	5	150	Sustituir pastillas de freno	6	4	4	96	Inspección técnica quincenal
		6	Pastillas de freno cristalizadas	5		5	150	Limpieza de pastillas cristalizadas	5	5	4	100	Inspección técnica quincenal
Fallas en el eje	Desgaste de las ruedas y rieles	5	Rotura en rodamiento de ruedas	5	Ninguno	5	125	Sustitución de rodamientos de ruedas	5	4	4	80	Inspección técnica quincenal
Daños en soporte del motor	Ruido excesivo del motor	6	Desgaste en las gomas	6	Ninguno	6	216	Sustitución de gomas desgastadas	5	5	4	100	Inspección técnica quincenal
	Vibración excesiva del motor												

En este caso según los resultados obtenidos, se realizará un mantenimiento preventivo a todas las grúas, ya que presentan un valor mayor a 125, para el caso de la grúa con un valor de 210 también se considerará realizar un mantenimiento preventivo ya que se busca englobar el tipo de mantenimiento y unificarlo, esto debido a que no es una empresa muy grande y lo que se desea es adecuar sus labores cotidianas al tipo de mantenimiento planteado. Posteriormente una vez logrado el mantenimiento preventivo, puede plantearse un mantenimiento predictivo para la grúa con mayor NPR.

### 3.3.1.12. Decisiones de solución

El plan de mantenimiento se establece con el fin de cumplir un valor determinado de disponibilidad y fiabilidad, y asegurar la vida útil de los activos de la instalación. Para realizar este plan de mantenimiento, primero se tuvo que determinar a qué equipos se les va hacer el mantenimiento. Es por ello, para una mejor elaboración se clasificaron las actividades según el encargado de realizarlas y por la frecuencia de repetición.

Actividades según el encargado de realizarlas:

- **Actividades de responsabilidad del técnico de mantenimiento u operario:** Estas actividades serán simples como limpieza, lubricación, cambio de aceite y ajuste de piezas y/o pernos, por lo que en algunos casos serán realizados por los operarios.
- **Actividades de responsabilidad del jefe de mantenimiento:** Estas actividades será de mayor complejidad, por lo que se necesita de conocimientos avanzados en temas de mantenimiento; debido a esto, estas actividades serán realizadas por toda el área de mantenimiento, por lo que poseen conocimientos específicos del funcionamiento de las máquinas.

Actividades según por su frecuencia de repetición:

- **Actividades diarias y semanales:** Estas actividades son realizadas por los técnicos de mantenimiento y electricista industrial. El tiempo para realizar estas actividades no pasan de los 20 minutos para su desarrollo.
- **Actividades mensuales:** Estas actividades mayormente consiste en cambio de piezas como las cribas, escobillas, etc.
- **Actividades semestrales:** Estas actividades estarán conformadas por cambios en rodamientos, cambio en las mallas de clasificación, etc.
- **Actividades anuales:** Estas actividades están conformadas principalmente por tareas de mayor complejidad y llevarán una gran cantidad de horas de ejecución.

LEYENDA DE HOJA DE DECISIÓN R.C.M	
<b>F</b>	Falla
<b>FF</b>	Frecuencia de falla
<b>MF</b>	Modo de falla
<b>H</b>	Consecuencias de fallo oculto
<b>S</b>	Consecuencias en seguridad y medio ambiente
<b>O</b>	Consecuencias operacionales
<b>N</b>	Consecuencias no operacionales

A continuación, se muestran las hojas de decisión de cada grúa correspondiente:

**Tabla 54. Hoja de decisión de Grúa de plataforma**

HOJA DE DECISIÓN R.C.M							Área			Operaciones					
							Elemento			Grúa de Plataforma					
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea propuesta	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	A	1	N	S	S	S	S	S	S	S	N	N	Sustituir el disco de embrague	Semanal	Jefe de mantenimiento
1	A	2	N	S	S	S	S	S	N	S	N	N	Reparar el cilindro del embrague	Semanal	Jefe de mantenimiento
1	A	3	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	Sustitución de pistones	Semanal	Jefe de mantenimiento
1	A	4	S	S	S	N	S	S	N	N	N	N	Cambio de aceite completo con limpieza profunda de filtro o sustitución	Semanal	Técnico de mantenimiento
1	A	5	S	N	S	N	S	S	N	N	N	N	Lubricar mensualmente las varillas del mando	Mensual	Técnico de mantenimiento
2	B	5	N	N	S	N	S	S	N	N	N	N	Reparación de circuitos eléctricos	Semanal	Jefe de mantenimiento

Fuente: [14]

Tabla 55. Hoja de decisión de Grúa de Arrastre liviano

HOJA DE DECISIÓN R.C.M										Área			Operaciones			
										Elemento			Grúa de arrastre liviano			
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tarea propuesta	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	N	S	S	S	S	S	S	S	N	N	Sustitución de gomas fisuradas	Mensual	Jefe de mantenimiento	
1	A	2	N	S	S	S	S	S	N	S	N	N	Realización de engrase quincenal	Semanal	Jefe de mantenimiento	
1	A	3	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	Sustituir sellos y empaques del inyector	Mensual	Jefe de mantenimiento	
2	B	1	S	S	S	N	S	S	N	N	N	N	Sustituir sellos o juntas del canister	Mensual	Jefe de mantenimiento	
2	B	2	S	N	S	N	S	S	N	N	N	N	Sustituir manguera de combustible	Mensual	Técnico de mantenimiento	
2	B	3	N	N	S	N	S	S	N	N	N	N	Reparación de circuitos y terminales eléctricos	Semanal	Jefe de mantenimiento	

Fuente: [14]



Tabla 56. Hoja de decisión de Grúa de arrastre pesado

HOJA DE DECISIÓN R.C.M										Área			Operaciones				
										Elemento			Grúa de arrastre pesado				
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"					Tarea propuesta	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3								
							O1	O2	O3								
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	N	S	S	S	S	S	S	S	N	N	Revisión y reparación de culata	Semanal	Jefe de mantenimiento		
2	B	1	N	S	S	S	S	S	N	S	N	N	Limpieza y engrase de crucetas	Semanal	Técnico de mantenimiento		
2	B	2	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	Sustitución de rodamientos	Semanal	Jefe de mantenimiento		
2	B	3	S	S	S	N	S	S	N	N	N	N	Sustitución de mangueras	Semanal	Técnico de mantenimiento		
2	B	4	S	N	S	N	S	S	N	N	N	N	Limpieza y engrase de correa	Semanal	Técnico de mantenimiento		

Fuente: [14]

Tabla 57. Hoja de decisión de Grúa de arrastre Mixta

HOJA DE DECISIÓN R.C.M										Área			Operaciones				
										Elemento			Grúa mixta				
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"					Tarea propuesta	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3								
							O1	O2	O3								
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	N	S	S	S	S	S	S	S	N	N	Sustitución de gomas desgastadas	Mensual	Jefe de mantenimiento		
2	B	1	N	S	S	S	S	S	N	S	N	N	Sustituir pastillas de freno	Mensual	Jefe de mantenimiento		
2	B	2	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	Limpieza de pastillas cristalizadas	Mensual	Técnico de mantenimiento		
2	B	3	S	S	S	N	S	S	N	N	N	N	Sustitución de rodamientos de ruedas	Mensual	Jefe de mantenimiento		

Fuente: [14]



Tabla 59. Plan de Actividades de Mantenimiento

PLAN DE ACTIVIDADES DE LAS MÁQUINAS							
MÁQUINA	ACTIVIDAD	TRABAJO A REALIZAR	MATERIALES	PERIODO	PERSONAL	CONDICIÓN DE MÁQUINA	TIEMPO APROX DE TRABAJO
<b>GRÚA DE PLATAFORMA</b>	Sustituir el disco de embrague	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Semanalmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	30 min
	Reparar el cilindro del embrague	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Semanalmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	45 min
	Sustitución de pistones	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Semanalmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	20 min
	Cambio de aceite completo con limpieza profunda de filtro o sustitución	Limpieza	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo, aceite	Semanalmente	Técnico de mantenimiento	Máquina parada	25 min
	Lubricar mensualmente las varillas del mando	Limpieza	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Mensualmente	Técnico de mantenimiento	Máquina parada	15 min
	Reparación de circuitos eléctricos	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Mensualmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	40 min
<b>GRÚA DE ARRASTRE LIVIANO</b>	Sustitución de gomas fisuradas	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Mensualmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	20 min
	Realización de engrase quincenal	Limpieza	Llaves mixtas, trapo industrial, grasa	Semanalmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	10 min
	Sustituir sellos y empaques del inyector	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Mensualmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	20 min
	Sustituir sellos o juntas del canister	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Mensualmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	20 min
	Sustituir manguera de combustible	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Mensualmente	Técnico de mantenimiento	Máquina parada	15 min

	Reparación de circuitos y terminales eléctricos	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Semanalmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	45 min
<b>GRÚA DE ARRASTRE PESADO</b>	Revisión y reparación de culata	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Semanalmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	30 min
	Limpieza y engrase de crucetas	Limpieza	Llaves mixtas, trapo industrial, grasa	Semanalmente	Técnico de mantenimiento	Máquina parada	15 min
	Sustitución de rodamientos	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Semanalmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	15 min
	Sustitución de mangueras	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Semanalmente	Técnico de mantenimiento	Máquina parada	10 min
	Limpieza y engrase de correa	Limpieza	Llaves mixtas, trapo industrial, grasa	Semanalmente	Técnico de mantenimiento	Máquina parada	15 min
<b>GRÚA MIXTA</b>	Sustitución de gomas desgastadas	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Mensualmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	15 min
	Sustituir pastillas de freno	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Mensualmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	20 min
	Limpieza de pastillas cristalizadas	Limpieza	Llaves mixtas, trapo industrial,	Mensualmente	Técnico de mantenimiento	Máquina parada	15 min
	Sustitución de rodamientos de ruedas	Ajuste	Llaves mixtas, trapo industrial, pieza de reemplazo	Mensualmente	Jefe de mantenimiento	Máquina parada	20 min

### 3.3.2. Nuevos indicadores

#### **Indicador de horas de mantenimiento correctivo**

De acuerdo a las mejoras, se reducirán [6] las horas de mantenimiento en un 15%, obteniendo una disminución en los tiempos por mantenimiento, esto debido a que se contarán con los repuestos de forma inmediata y a la vez se podrán encontrar las fallas ocurrentes de una manera más clara.

**Tabla 60. Horas con mantenimiento preventivo**

Maquinaria	Cantidad
<b>Grúa de Plataforma</b>	102 horas/ mantenimiento
<b>Grúa de Arrastre Liviano</b>	102 horas/ mantenimiento
<b>Grúa de Arrastre Pesado</b>	102 horas/ mantenimiento
<b>Grúa Mixta</b>	103,5 horas/ mantenimiento

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

#### **Indicador de disponibilidad**

Con la propuesta planteada la disponibilidad de las maquinarias aumentará en un 3% ya que según [5] indica que la relación entre realizar un mantenimiento preventivo y la disponibilidad de las maquinarias es de un 79,1%.

Por tanto, se puede observar que la Grúa de Plataforma al año se encuentra en 95.49 % disponible:

$$\text{Disponibilidad} = 98,49\%$$

La Grúa de Arrastre Liviano al año se encuentra en 95.83 % disponible:

$$\text{Disponibilidad} = 98,83\%$$

La Grúa de Arrastre Pesado al año se encuentra en 95.83 % disponible:

$$\text{Disponibilidad} = 98,83\%$$

La Grúa Mixta al año se encuentra en 96.18 % disponible:

$$\text{Disponibilidad} = 99,18\%$$

### **Indicador de tiempo medio de reparación**

En base a este estudio [6] se calculó el tiempo medio de reparación en base a la cantidad programada para reparación por fallas, así mismo se disminuyeron las fallas ya que se harán constantes revisiones a la maquinaria.

$$TPMR = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{N^{\circ} \text{ Total de fallas detectadas}}$$

De lo cual:

La Grúa de Plataforma presenta al año un tiempo de 5,55  $\approx$  6 horas/reparación por falla.

La Grúa de Arrastre Liviano presenta al año un tiempo de 6,17  $\approx$  6 horas/reparación por falla.

La Grúa de Arrastre Pesado presenta al año un tiempo de 7,23  $\approx$  7 horas/reparación por falla

La Grúa Mixta al año presenta al año un tiempo de 6,27  $\approx$  6 horas/reparación por falla.

### **Indicador de tiempo medio entre fallos**

Es la frecuencia con la que suceden las fallas en las maquinarias aumentarían, ya que se utilizarían por más tiempo, debido a que su disponibilidad aumentó [4].

$$TMEF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operación}}{N^{\circ} \text{ Total de fallas detectadas}}$$

**N° de horas de operación:** 8 hora/día \*30 día/mes \*12 mes/año =2880 hora/año

-Horas laborales: 8 hora/día -Días laborales: 30 día/mes -Año: 12 mes/año

**Tabla 61. Indicador de tiempo medio entre fallos 2018**

TIPO DE GRÚA	FÓRMUL A	RESULTADO (TMEF)
Grúa de Plataforma	2 880 / 20	144 horas/falla
Grúa de Arrastre Liviano	2 880 / 17	169 horas/falla
Grúa de Arrastre Pesado	2 880 / 21	137 horas/falla
Grúa mixta	2 880 / 16	180 horas/falla

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

Luego se observa que:

En la Grúa de Plataforma al año, cada 144 horas se presenta una falla.

En la Grúa de Arrastre Liviano al año, cada 169 horas se presenta una falla.

En la Grúa de Arrastre Pesado al año, cada 137 horas se presenta una falla.

En la Grúa mixta, cada 180 horas se presenta una falla

En la tabla 63 se mostraron los nuevos indicadores, obtenidos a través de las mejoras propuestas.

**Tabla 62. Indicadores nuevos con propuesta de mantenimiento preventivo**

<b>Indicadores</b>	Grúa de Plataforma	Grúa de Arrastre Liviano	Grúa de Arrastre Pesado	Grúa Mixta
<b>Indicador de horas de mantenimiento</b>	102 horas/ mantenimiento	102 horas/ mantenimiento	102 horas/ mantenimiento	103,5 horas/ mantenimiento
<b>Indicador de disponibilidad</b>	98,49 %	98,83 %	98,83 %	99,18 %
<b>Indicador de tiempo medio de reparación</b>	6 horas/reparación	6 horas/reparación	7 horas/reparación	6 horas/reparación
<b>Indicador de tiempo medio entre fallos</b>	144 horas/falla Cada 6 días en promedio	169 horas/falla Cada 7 días en promedio	137 horas/falla Cada 5 días en promedio	180 horas/falla Cada 8 días en promedio

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

**Tabla 63. Variación de indicadores de mantenimiento**

Variación de indicadores	Grúa de Plataforma			Grúa de Arrastre Liviano			Grúa de Arrastre Pesado			Grúa Mixta		
	Actual	Con mejora	Variación	Actual	Con mejora	Variación	Actual	Con mejora	Variación	Actual	Con mejora	Variación
<b>Indicador de horas de mantenimiento</b>	130 h/mant	102 h/mant	-21%	120 h/mant	102 h/mant	-15%	120 h/mant	102 h/mant	-15%	110 h/mant	103,5 h/mant	-6%
<b>Indicador de disponibilidad</b>	95,49%	98,49%	3%	95,83%	98,83%	3%	95,83%	98,83%	3%	96,18%	99,18%	3%
<b>Indicador de tiempo medio de reparación</b>	9 horas / Rep.	6 horas / Rep.	-33%	9 horas / Rep.	6 horas / Rep.	-33%	9 horas / Rep.	7 horas / Rep.	-22%	9 horas / Rep.	6 horas / Rep.	-33%
<b>Indicador de tiempo medio entre fallos</b>	206 h/falla	144 h/falla	-30%	222 h/falla	169 h/falla	-24%	222 h/falla	137 h/falla	-38%	240 h/falla	180 h/falla	-25%

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

En la tabla 63 se muestran las variaciones porcentuales de los indicadores, obteniendo reducción en 3 de los 4 indicadores, a excepción de la disponibilidad que se aumenta en un 3%; además hubo una reducción en el tiempo medio entre fallos promedio de 29,25%, esto quiere decir que las maquinas tienden a fallar en un menor tiempo, lo cual es generado por el aumento de la disponibilidad, por otro lado, el tiempo de reparación tuvo una reducción promedio de 30,25% , compensando así lo mencionado anteriormente, ya que las fallas presentadas serán reparadas en menor tiempo.



### 3.4. Análisis costo beneficio

#### 3.4.1. Inversión

se muestran los costos para la implementación de las mejoras. El costo por capacitaciones y asesoramiento se puede apreciar en el punto 3.3.1.2., de igual manera se requirió de la contratación de un jefe de mantenimiento de manera parcial (bajo honorarios 20 horas semanales) para que pueda liderar la mejora planteada.

**Tabla 64. Costos de implementación**

Concepto	Propuesta	Costos	Total anual (soles)
<u>Costos</u> <u>intangibles</u>	Costos de	S/ 8 750	S/ 8 750
Contratación de jefe de mantenimiento	capacitación y asesoramiento	S/ 1 050	S/ 12 600
<b>Total</b>			<b>S/ 21 350</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

#### 3.4.2. Reducción de costos

Se realizó una comparación entre el costo actual y el costo con la mejora, esta diferencia en cada uno de los costos se muestra en la siguiente tabla, obteniendo una reducción en el costo total de S/ 17 029,7.

**Tabla 65. Cálculo de variación del costo**

Costos de mantenimiento	Sin la mejora	Con la mejora	Reducción de costos (soles)	Representación Porcentual
Costo por reparación	S/ 26 280	S/ 20 512	S/ 5 768	21,95%
Costo de mano de obra	S/ 65 280	S/ 55 686	S/ 9 594	14,69%
Costo por falta de disponibilidad	S/ 5 559	S/ 3 891,3	S/ 1 667,7	30%
<b>Total</b>	<b>S/ 97119</b>	<b>S/ 42664</b>	<b>S/ 17 029,7</b>	<b>17,53%</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

### 3.4.3. Cálculo de VAN y TIR

No se contempla pago alguna de deuda debido a que la empresa cuenta con la capacidad de poder realizar la inversión.

**Tabla 66. Flujo de caja de propuesta**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Beneficio</b>	<b>S/.0,00</b>	<b>S/.17 029,70</b>	<b>S/.17 029,70</b>	<b>S/.17 029,70</b>	<b>S/.17 029,70</b>	<b>S/.17 029,70</b>
Ahorro de costos		S/.17 029,70	S/.17 029,70	S/.17 029,70	S/.17 029,70	S/.17 029,70
<b>Total egresos</b>	<b>S/.8 750,00</b>	<b>S/.12 600,00</b>	<b>S/.12 600,00</b>	<b>S/.12 600,00</b>	<b>S/.12 600,00</b>	<b>S/.12 600,00</b>
<b>Contratación de personal</b>		<b>S/.12 600,00</b>	<b>S/.12 600,00</b>	<b>S/.12 600,00</b>	<b>S/.12 600,00</b>	<b>S/.12 600,00</b>
Costos de capacitación	S/.8 750,00					
<b>Utilidad bruta</b>	<b>-S/.8 750,00</b>	<b>S/.4 429,70</b>	<b>S/.4 429,70</b>	<b>S/.4 429,70</b>	<b>S/.4 429,70</b>	<b>S/.4 429,70</b>
<b>FLUJO DE CAJA NETO</b>	<b>-S/.8 750,00</b>	<b>-S/.4 320,30</b>	<b>S/.109,40</b>	<b>S/.4 539,10</b>	<b>S/.8 968,80</b>	<b>S/.13 398,50</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

En cuanto al VAN el porcentaje de tasa de descuento se ha considerado del 12%, de acuerdo al Banco de Crédito del Perú.

**Tabla 67. Cálculo del VAN y TIR**

VAN	<b>S/ 7 218,08</b>
TIR	<b>42%</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

El VAN arroja que el proyecto es viable ya que se obtiene S/ 7 218,08 soles como ganancia, por tanto, se considera viable. El TIR indica que habrá un 42% de tasa de retorno. De igual manera según el flujo de caja económico, la inversión planteada se recuperará al segundo año.

**Tabla 68. Beneficio con propuesta**

<b>+ Ingreso anual del servicio (s/)</b>	<b>S/ 12 8900</b>
- Costo anual de mantenimiento (s/)	S/ 74 530,3
- Gastos de servicios (s/)	800
Utilidad Bruta (S/)	S/ 53 569,7
Impuesto (30%)	S/ 16 070,91
<b>Utilidad Neta (S/)</b>	<b>S/ 37 498,79</b>

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

**Tabla 69. Variación del beneficio**

Utilidad neta actual	Utilidad neta con mejora	Variación
S/ 25 578	S/ 37 498,79	46,61%

Fuente: Empresa Autotecnia Car E. I. R. L.

#### **IV. CONCLUSIONES**

- 1.** Mediante un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM se permitirá disminuir las pérdidas económicas en 46,61%., beneficiando así a la empresa.
  
- 2.** A través del diagnóstico planteado, determinó que se requiere de un mantenimiento preventivo, ya que el tipo de mantenimiento correctivo realizado genera elevados costos de reparación al año; además presenta indicadores de disponibilidad por debajo del promedio. Así mismo se identificó que los costos anuales del manteniendo correctivo superan a la utilidad neta.
  
- 3.** Como metodología según los criterios evaluados, los cuales fueron disponibilidad, tiempo medio entre fallos, cantidad de fallas en un periodo se determinó que la aplicación de un mantenimiento preventivo basado en RCM, logra disminuir las pérdidas económicas.
  
- 4.** A través de la mejora planteada, se logró disminuir las pérdidas económicas en un 17,53%, lo que representan altos costos anuales; además se lograron disminuir algunos indicadores, como las horas de mantenimiento para la grúa de plataformay de arrastre liviano; así mismo incrementó la disponibilidad de todas las maquinarias y finalmente se redujo el tiempo medio de reparación.
  
- 5.** Según el análisis costo beneficio se obtendrá una tasa de retorno interna de 42%; esperando que la inversión sea recuperada al segundo año.

## **V. RECOMENDACIONES**

Para próximas investigaciones, se sugiere evaluar el tipo de daño por uso que sufre cada maquinaria, después de realizar el servicio, con la finalidad de identificar las fallas recurrentes surgen al atender a un cliente.

Como recomendación para futuras investigaciones se sugiere estudiar el comportamiento de la maquinaria después de la aplicación del mantenimiento, para verificar si existen algunos otros problemas en la maquinaria.

Se recomienda para próximas investigaciones evaluar la aplicación de un mantenimiento predictivo, ya que a través de este se permitirá estar preparado con mayor anticipación a cualquier falla que pueda ocurrir en la maquinaria.

## VI. REFERENCIAS

- [1] MTC, «Ministerio de transportes y comunicaciones,» [En línea]. Available: [1] [https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/files/estudios/TC\\_Peru\\_Informe\\_Final.pdf#page=53&zoom=80,-335,76](https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/files/estudios/TC_Peru_Informe_Final.pdf#page=53&zoom=80,-335,76). [Último acceso: 22 mayo 2020].
- [2] INEI, «Instituto Nacional de Estadística e Informática,» [En línea]. Available: [2] <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin-estadistico-del-sector-servicios-n-06-junio-2018.pdf>. [Último acceso: 15 mayo 2020].
- [3] MTC, «Ministerio de transportes y Comunicaciones,» [En línea]. Available: <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/t-carretera.html>. [Último acceso: 15 marzo 2020].
- [4] J. Llamas, «Servicio de grúa y asistencia en carreteras,» 2019.
- [5] C. Alovera y Y. Gastelu, «Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013,» 2016.
- [6] C. Pareja, J. Amando y J. Gutierrez, «Gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad en la flota de tractores del área de maquinarias en una empresa pecuaria,» Lima, 2017.
- [7] N. Alban, «Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad,» Chiclayo, 2017.
- [8] L. Campos, «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para incrementar la rentabilidad en la empresa de transporte SAYVAN E.I.R.L,» Chiclayo, 2018.
- [9] S. García, «La contratación del mantenimiento Industrial,» Madrid, 2010.
- [10] L. Cuatrecasas, «TPM en un entorno Lean Management: Estrategia competitiva,» Barcelona, 2010.
- [11] E. Dounce, «La productividad en el mantenimiento industrial,» Patria, Mexico, 2014.
- [12] M. Padero, «Montaje y mantenimiento de instalaciones frigoríficas industriales,» Paraninfo, Madrid, 2014.
- [13] J. Calloni, «Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresa PyMES,» Nobuko, Buenos Aires, 2011.
- [14] RENOVETEC, INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO, España: RENOVETEC, 2016.
- [15] A. McIver y I. Flynn, «Sistemas operativos de mantenimiento,» Cengage Learning, México, 2010.
- [16] P. Oliverio, «Gestión de Mantenimiento Moderna del Mantenimiento Industrial,» U ediciones, Bogotá, 2012.
- [17] C. Kestwal, «Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in a machine shop,» Estonia, 2017.
- [18] J.Hernández y A. Vizán, «Lean Manufacturing Y EL MANTENIMIENTO,» Madrid, 2013.

## ANEXOS

ANEXO 1

SERVICIO INTEGRAL Y CAPACITACIÓN AUTOMOTRIZ  
**AUTOTECNIA CAR – GRÚAS DEL NORTE**  
 SERVICIOS MECÁNICOS ELÉCTRICOS EN GENERAL

**PROFORMA**

Chiclayo, 12 enero del 2018

Administración Delegación de Chiclayo  
 Touring y Automóvil Club del Perú

**CIUDAD**

A pedido de su representada presentamos precios por el Servicio de Grúa y auxilio mecánico que a continuación detallamos:

ASISTENCIA Y AUXILIO MECÁNICO AÑO 2018									
DELEGACIÓN	OPERADOR	AUXILIO MECÁNICO			REMOLQUE DENTRO DEL ÁREA DE COBERTURA			FUERA DEL ÁREA DE COBERTURA KM	TIEMPO DE ESPERA
		DÍA	NOCHE	FUERA DE COBERTURA	DÍA	NOCHE	FUERA DE COBERTURA		
CHICLAYO	AUTOTECNIA CAR	S/. 65.00 + IGV	S/. 80.00 + IGV	NE	S/.95.00 + IGV	S/. 100.00 + IGV	NE	S/.9.00 + IGV	S/. 100 hora + IGV

COSTO FUERA DE LA CIUDAD DE CHICLAYO – 2018	
ÁMBITO	PRECIO S/. + IGV
Lambayeque	150
Pimentel	150
Ferreñafe	150
Santa Rosa	180
Eten	150
Pomalca	150
Tumán	180
Reque	150
Patapo	250
San José	150
Monsefú	150

Nota: los auxilios de ( batería, llanta, llaves) fuera del casco urbano se cobrara igual que un servicio de grúa

Estaremos a la espera de su comunicación para atenderlo gustosamente.

Atentamente

Ing. Oscar Díaz Alarcón  
 Representante  
 AUTOTECNIACAR E.I.R.L

E-mail: [autotecniacar@hotmail.com](mailto:autotecniacar@hotmail.com). Km 774, Carretera a Lambayeque. Cel: 971493003, 979178833, 981326244, 982342487; RPM \* 0043653, # 228170. CHICLAYO – PERÚ



Scanned with  
 CamScanner

**ANEXO 2****DISTANCIAS EN KILOMETROS DESDE CHICLAYO**

DE CHICLAYO A :	(Km)		DE CHICLAYO A :	(Km)		DE CHICLAYO A :	(Km)	1640	
BATANGRANDE	50	1000	JAEN	295	351	4500	PACASMAYO	103	1840
BAGUA	332	5300	LAMBAYEQUE	12	360	PAIJAN	152	2730	
BAYOVAR	125	2000	LIMA	780	10140	RIOJA	587	7631	
BARRANCA	576	7500	LA CRIA	36	1000	REQUE	11	330	
CIUDAD DE DIOS	10	300.00	MOCHUMI	29	870	SANTA CRUZ	150	2500	
CALETA SANJOSE	17	550.00	MORROPE	33	1000	SALAS	77	1600	
CONCHUCOS	22	660.00	MOTUPE	81	1600	SULLANA	249	4000	
CAPOTE			MOYOBAMBA	616	8000	SALTUR	25	750	
CARHUAQUERO	77	1600	MANCORA	394	5200	SIPAN	29	870	
CIUDAD ETEN	22	670	MONSEFU	16	480	STA. ROSA PLAYA	19	550	
CONTROL SUNAT MOCUPE	42	1300	MOCUPE	38	1140	SAN JOSE DE MORO	67	1400	
CAYALTI	49	1470	NUEVA ARICA	76	1520	SAN JOSE DE PACASMAYO	89	1800	
CAJAMARCA	275	4500	NAUPE	160	2500	SAN PEDRO DE LLOC	113	1800	
CASMA	395	6320	OLMOS	105	1600	TUCUME	33	1000	
CHONGOYAPE	60	1300	OYOTUN	84	1600	TALARA	333	4500	
CHACHAPOYAS	458	6000	PICSI	10	300	TUMBES	492	6390	
CHERREPE	52	1100	PITIPO	26	780	TARAPOTO	746	9698	
CHEPEN	73	1500	POMALCA	7	250	TUMAN	17	510	
CHOCOPE	167	2700	PATAPO	24	750	TINAJONES	58	1200	
CHIMBOTE	339	4500	PUCALA	30	900	TRUJILLO	210	3500	
CHANCAY	681	8800	PLAYA NAYLAM			TACNA	2,063		
DESV. JAEN OLMOS	100	1600	PEAJE MOCCE	15	450	VIRU	255	4080	
DESV. BAYOVAR	117	1900	PACORA	43	1290	ZANA	45	1300	
DESV. CAJAMARCA	87	1800	PIURA	211	3376				
FERRENAFE	18	550	PUCARA	226	3700	TUAM SUI	790		
GUADALUPE	79	1600	PEDRO RUIZ	395	5200				
HUACA RAJADA	38	1200	POMACOCNAS	427	5521				
HUARMEY	477	6200	PIMENTEL	14	450				
HUACHO	621	8100	PUERTO ETEN	20	600	DE LIMA A TACNA	1293		
ILLIMO	39	1200	PEAJE PACANGUILLA	57	1200	DE TUMBES A TACNA	2555		
INCAHUASI	128	2050	PACANGUILLA	65	1300				
JAYANCA	148	1500	Chermayn	273					

**ANEXO 3****FORMACIÓN DEL PERSONAL EN LA EMPRESA AUTOTECNIA CAR E. I. R. L.**

	Carrera	Formación	Experiencia
<b>Gerencia General</b>	Ing. Mecánica Automotriz	SENATI	4 años
<b>Mecánico</b>	Mantenimiento de maquinaria pesada	SENATI	3 años
<b>Técnico asistente</b>	Electricista Automotriz	SENATI	2 años
<b>Chofer</b>	Mecánico de Maquinaria Pesada	SENCICO	4 años

**ANEXO 4****CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA EMPRESA AUTOTECNIA CAR E. I. R. L.**

**SERVICIO INTEGRAL Y CAPACITACIÓN AUTOMOTRIZ  
AUTOTECNIA CAR E.I.R.L.  
SERVICIOS MECÁNICOS ELÉCTRICOS EN GENERAL**

**CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA EMPRESA**

Chiclayo 10 junio del 2019

**Ing. Maria Luisa Espinoza García Urrutia  
Director Escuela de Ingeniería Industrial  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo**

Presente. -

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, con la finalidad de hacer de su consentimiento que el Sr. Marcos Antonio Ramos Pejerrey, estudiante de la Escuela de Ingeniería Industrial de la institución Universitaria que Usted representa, ha sido admitido para realizar su Proyecto de tesis en nuestra empresa, teniendo como fecha de inicio marzo del 2019 y como fecha de culminación junio 2020.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente,



Oscar Díaz Alarcón  
Gerente General de Autotecnia Car E.I.R.L.



**ANEXO 5****MATRIZ DE PONDERACIÓN**

<b>Criterio</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad de paradas</b>	<b>Tiempo de permanencia</b>	<b>Personal capacitado</b>	<b>Total</b>	<b>Calificación</b>
Menor Costo	-	1	1	1	3	0,30
Menor cantidad de paradas	0	-	1	1	2	0,20
Mayor tiempo de permanencia	1	0	-	1	2	0,20
Personal capacitado	1	1	1	-	3	0,30
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>1</b>

<b>Características</b>	<b>M. Correctivo</b>	<b>M. Preventivo</b>	<b>M. Predictivo</b>
Menor Costo	1	3	2
Menor cantidad de paradas	1	3	3
Mayor Tiempo de permanencia	1	3	2
Personal capacitado	1	3	3
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>10</b>



**ANEXO 8**

**FORMATO DE INVENTARIO**

FICHA INVENTARIO			FECHA		14/05/15		INVENTARIO DE: Grúa de Anclaje Liviano				
			COMB	Diesel							
MODELO	AÑO FABR	COLOR	MARCA	CHASIS	MOTOR	KM					
MSF-883		Bianco/Verde	MITSUBISHI	FE335E12	4D326C9798	1931					
CONDUCTOR											
1. DOCUMENTOS DE LA UNIDAD											
Tarjeta de propiedad	SI	NO	VENE	OBS		CONDICIONES GENERALES		SI	NO	CANT	OBS
Tarjeta de mercancías	✓					Faro posterior derecho	✓			01	
SOAT	✓					Faro posterior izquierdo	✓			01	
Resolución Técnica del MTC	✓					Faro direccional derecho	✓			01	
Piezas de rodaje	✓					Faro direccional izquierdo	✓			01	
Guía de Transportista	✓					Faro neblineros	✓			02	
2. DOCUMENTOS DEL CONDUCTOR											
Licencia de Conducir	✓					Luz de piloto	✓			01	
D.N.I.	✓					Baterías	✓			02	
Capacitación MTC	✓					Seguro de baterías	✓			01	
3. EQUIPO											
Llaves de contacto y duplicado	✓		01	OBS		Tapa de baterías	✓			01	
Llaves del tanque de combustible	✓		02			Visera de parabrisas	✓			01	
Conos de seguridad	✓		02			Tapiz interior	✓				
Extintor x9 Kgs	✓		01			Asientos	✓			03	
Botiquín de emergencia	✓		01			Antena y parlante de radio	✓			01	
Ferros de retroceso	✓		03			Encendedor	✓			01	
Cinturón de seguridad	✓		02			Ceniceros	✓			01	
Gata y palanca STN	✓		01			Manija puerta derecha	✓			01	
Extensiones de acoples	✓		03			Manija puerta izquierda	✓			01	
Tubo para palanca de ruedas	✓		01			Manija levanta lunas derecho	✓			01	
Llave francesa 12"	✓		01			Manija levanta lunas izquierdo	✓			01	
Alcázar mecánico	✓		01			Brazo limpiaparabrisas	✓			01	
Llaves de rueda y palanca	✓		01			Climax de aire	✓			01	
Tacos	✓		04			Climax eléctrico	✓			01	
4. CONDICIONES GENERALES											
Estado de pintura y abolladura	✓					Estribos derechos	✓			01	
Tablero de instrumentos	✓		01			Estribos izquierdo	✓			01	
Parachoques delantero	✓		01			Tanque de combustible	✓			01	
Parachoques posterior	✓		01			Seguro de tapa de combustible	✓			01	
Parabrisas	✓		01			Medidor de aceite	✓			01	
Luna de puertas	✓		02			Medidor de hidrolina	✓			01	
Espejo retrovisor derecho	✓		01			Tanque limpiaparabrisas	✓			01	
Espejo retrovisor izquierdo	✓		01			Tapa de Denado aceite motor	✓			01	
Espejos pequeños	✓		02			Protector de silenciador	✓			01	
Faro principal derecho	✓		01			OTROS					
Faro principal izquierdo	✓		01								
5. NEUMÁTICOS / ESTADO											
CAN	TIPO		Bue	Mal	REG						
			✓								
6 SISTEMA HIDRÁULICO											
Pistones hidráulicos			✓								
Mangueras acoples			✓								
Winche			✓								
ENCABADO			CONDUCTOR			V" OPERACIONES					