

**Propuesta de mejora de la gestión para el mantenimiento de los activos en el área de taller de la empresa Solo-Toyota.**

Cristian Herledy Hernández Moreno

Pedro Alexander Velandia Sierra

Julián Adolfo Saldaña Marín

Asesor

Miguel Ángel Urián Tinoco

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI,

Noviembre de 2021



## **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo de grado expresan sus agradecimientos a:

A Dios y a nuestra familia, quienes son la musa de inspiración y superación. Ellos que supieron comprender y aceptar que el tiempo que les correspondía, muchas de las veces, se le dedicó al estudio de esta carrera.

A los asesores del trabajo de grado July Patricia Castiblanco Aldana y Miguel Ángel Urián Tinoco, por su valiosa orientación y persistente apoyo, ya que fueron quienes nos enseñaron las bases para la realización de este trabajo de grado.

A los compañeros de clase y amigos, que han hecho que el pensum de la carrera se llevara a cabo de una forma más amena, ya que pese a las dificultades presentadas terminaron siendo parte especial de nuestras vidas.

## Tabla de Contenido

### 1 Contenido

1	Contenido.....	4
1	Título de la Investigación .....	15
2	Problema de Investigación.....	16
2.1	Descripción Del Problema .....	16
2.2	Formulación Del Problema .....	18
2.3	Sistematización.....	18
3	Objetivos.....	19
3.1	Objetivo General .....	19
3.2	Objetivos Específicos .....	19
4	Justificación Y Delimitación De La Investigación.....	20
4.1	Justificación.....	20
4.2	Delimitación .....	21
4.3	Limitación .....	21
5	Marco conceptual .....	22
5.1	Estado del arte .....	22
5.1.1	Estado del arte nacional .....	22
5.1.2	Estado del arte internacional .....	27

5.2 Marco teórico .....	33
5.2.1 Mantenimiento:.....	33
5.2.2 Mantenimiento correctivo o reactivo:.....	33
5.2.3 Mantenimiento preventivo: .....	34
5.2.4 Objetivos más relevantes del mantenimiento preventivo .....	34
5.2.5 Las categorías del mantenimiento preventivo (MP).....	34
5.2.6 Fases para la aplicación de un plan de MP:.....	35
5.2.7 Control de costos.....	36
5.2.8 Mantenimiento predictivo:.....	37
5.2.9 Mantenimiento productivo total.....	38
5.2.10 Matriz de criticidad.....	40
5.2.11 Análisis y métodos de falla (AMEF).....	41
5.2.12 Taxonomía de activos .....	42
5.2.13 Planeación estratégica.....	43
5.2.14 Indicadores de mantenimiento .....	45
5.3 Marco legal.....	47
6 Marco Metodológico .....	49
6.1 Recolección de la Información.....	49
6.1.1 Tipo de investigación.....	49
6.1.2 Fuentes de Obtención de la Información .....	51

6.1.3 Herramientas:.....	51
6.1.4 Metodología: .....	52
6.1.5 Información recopilada: .....	52
6.2 Análisis de la Información .....	62
6.2.1 Análisis de la aplicación matriz de excelencia:.....	62
6.2.2 Análisis de la aplicación matriz DOFA: .....	63
6.2.3 Análisis costos de mantenimiento 2020:.....	63
6.3 Propuesta de solución.....	63
6.3.1 Modelo de gestión de mantenimiento propuesto.....	63
6.3.2 Objetivo de mantenimiento.....	65
6.3.3 Misión de mantenimiento.....	65
6.3.4 Visión de mantenimiento.....	66
6.3.5 Taxonomía de equipos.....	66
6.3.6 Criticidad de activos.....	68
6.3.7 Análisis de modos de falla y efectos (AMEF).....	70
6.3.8 Plan de mantenimiento preventivo.....	73
6.3.9 Inspecciones periódicas programadas .....	73
6.3.10 Sistema de información del programa de mantenimiento preventivo.....	74
6.3.11 Propuesta de mantenimiento preventivo de los activos en el área de taller solo - Toyota.....	78

6.4	Indicadores de mantenimiento .....	90
7	Impactos esperados/generados .....	92
7.1	Impactos esperados .....	92
7.2	Impactos alcanzados.....	92
8	Costo de implementación de la propuesta .....	92
8.1	Calculo de ROI.....	98
9	Conclusiones y Recomendaciones.....	99
9.1	Conclusiones .....	99
9.2	Recomendaciones.....	100
10	Bibliografía .....	100

## Tabla de figuras

<b>Figura 1</b> Implementación del mantenimiento preventivo (MP).-----	35
<b>Figura 2</b> Curva de costos de mantenimiento con relación al tiempo-----	37
<b>Figura 3</b> Técnicas predictivas-----	38
<b>Figura 4</b> Pilares del TPM -----	40
<b>Figura 5</b> Matriz de criticidad-----	41
<b>Figura 6</b> Circulo Deming -----	44
<b>Figura 7</b> Agrupaciones de indicadores KPI en mantenimiento -----	47
<b>Figura 8</b> Cronograma de actividades-----	53
<b>Figura 9</b> Estructura organizacional nivel general-----	55
<b>Figura 10</b> Estructura organizacional Distoyota concesionario La Dorada-----	56
<b>Figura 11</b> Estructura organizacional de procesos Concesionario La Dorada -----	57
<b>Figura 12</b> Modelo de gestión de mantenimiento para el área de mantenimiento -----	65
<b>Figura 13</b> Sistema de inspecciones periódicas-----	74
<b>Figura 14</b> Formato de Inventario de máquinas y equipos -----	75
<b>Figura 15</b> Formato de ficha técnica -----	76
<b>Figura 16</b> Formato de carta de lubricación-----	77
<b>Figura 17</b> Formato para el control de lubricación -----	77
<b>Figura 18</b> Mantenimiento preventivo elevador de dos columnas-----	79
<b>Figura 19</b> Mantenimiento preventivo para el compresor de aire-----	81
<b>Figura 20</b> Mantenimiento preventivo para la prensa hidráulica -----	83
<b>Figura 21</b> Mantenimiento preventivo del recolector de aceites-----	85
<b>Figura 22</b> Mantenimiento preventivo de la grúa para motores -----	87
<b>Figura 23</b> Mantenimiento preventivo de la grúa para transmisión-----	89
<b>Figura 24</b> Indicadores de mantenimiento -----	91
<b>Figura 25</b> Cotización de mantenimiento de proveedores externos -----	93
<b>Figura 26</b> Costos de mantenimientos e ingresos de la producción 2020 -----	93



<b>Figura 27</b> Costo de mantenimiento correctivo elevador de 2 columnas -----	94
<b>Figura 28</b> Ingresos diarios vs el costo de no disponibilidad-----	95
<b>Figura 29</b> Costo de capacitación -----	96
<b>Figura 30</b> Comisión de mantenimiento por el personal interno -----	96
<b>Figura 31</b> Stock de repuestos -----	97
<b>Figura 32</b> Inversión de la propuesta de mantenimiento-----	97
<b>Figura 33</b> Plantilla de indicadores de gestión de activos-----	97
<b>Figura 34</b> Disponibilidad 2022-----	98
<b>Figura 35</b> Disponibilidad 2020 -----	98

## Tabla de Tablas

<b>Tabla 1</b> Marco legal -----	47
<b>Tabla 2</b> Tipos de investigación -----	50
<b>Tabla 4</b> Costos de mantenimiento 2020 y entradas de vehículos al taller -----	58
<b>Tabla 5</b> Resultado de Aplicación matriz de excelencia estado actual de la empresa.-----	61
<b>Tabla 6</b> Visión de matriz de excelencia -----	62
<b>Tabla 7</b> Taxonomía general basada en ISO 14224 para Solo-Toyota La Dorada -----	66
<b>Tabla 8</b> Taxonomía aplicada en Solo-Toyota La Dorada-----	67
<b>Tabla 9</b> Factores a evaluar-----	69
<b>Tabla 10</b> Matriz de criticidad de los equipos del área del taller -----	70
<b>Tabla 11</b> Análisis de modos de falla y efectos para Solo-Toyota La Dorada-----	70

## **Introducción**

La Universidad ECCI, a través de los diferentes programas académicos, contribuye a la formación integral y permanente de profesionales e investigadores capaces de asimilar reflexivamente la dinámica cultural de la comunidad, participando de la generación y apropiación de conocimientos con énfasis en la solución de problemas regionales y por qué no, nacionales, como es su misión primordial.

El propósito del siguiente trabajo, es realizar un análisis del plan de mantenimiento de los activos del área de taller para la empresa Solo-Toyota, ubicada en la ciudad de La Dorada Caldas. Con el fin de presentar una propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento de dichos activos, esta estrategia tendrá efectos positivos en las actividades diarias de la empresa y contribuirá al objetivo primordial de la empresa, el cual es ofrecer el mejor servicio posventa.

## Resumen

El documento presenta una propuesta de mejora de la gestión del mantenimiento de los activos en el área de taller para la empresa Solo-Toyota la cual hace parte de la red de concesionarios de la empresa Distoyota a nivel nacional. Solo-Toyota inicia su operación en el año 2008, con el servicio de venta de vehículos y repuestos, posteriormente en el año 2014 incluye el servicio de taller. Para lo cual adquiere equipos como: Elevador de dos columnas marca Ravaglioli, Prensa hidráulica marca Mega, Compresor de aire marca Mega, entre otros; con el objetivo de ofrecer un servicio postventa a los vehículos de la marca.

Por lo anterior este trabajo se dividirá en tres etapas:

**Análisis:** se evaluará el estado actual de la gestión de mantenimiento de dichos activos y a su vez se valorará la criticidad de los mismo, esto con el fin de implementar un mantenimiento proactivo, puesto que actualmente se desarrolla un plan de mantenimiento con gran parte de actividades reactivas, este tipo de mantenimiento genera consecuencias desfavorables para la organización y para los activos.

**Diseño:** tomando las recomendaciones del fabricante vistas en sus respectivos manuales; Se estructura un plan de mantenimiento para cada activo del área de taller, con sus respectivos puntos de inspección y lubricación, mediante el diseño de fichas técnicas. A su vez estableciendo los tiempos y la periodicidad en la que se deben desarrollar las actividades de mantenimiento.

**Implementación:** mediante el organigrama se identifica el personal idóneo para ser el responsable de la gestión de mantenimiento planteada. De esta forma es posible asignar funciones al personal involucrada, adicional se establecen los criterios para implementar la propuesta de mantenimiento, tales como repuestos, pagos de mano de obra, entre otros.

## Abstract

The document presents a proposal to improve the management of the maintenance of the assets in the workshop area for the company Solo-Toyota, which is part of the dealer network of the Distoyota company. Solo-Toyota began its operation in 2008, with the sale of vehicles and spare parts service, later in 2014 includes the workshop service. For which it acquires equipment such as; ravaglioli brand two-column elevator, mega brand hydraulic press, mega brand air compressor, among others. To provide after-sales service to the brand's vehicles.

Therefore, this work will be divided into three stages:

**Analysis:** the current state of the maintenance management of said assets will be evaluated and, in turn, their criticality will be assessed, this in order to implement proactive maintenance, since a maintenance plan is currently being developed with a large part of activities reactive, this type of maintenance generates unfavorable consequences for the organization and for the assets.

**Design:** taking the manufacturer's recommendations seen in their respective manuals. A maintenance plan is structured for each asset in the workshop area, with its respective inspection and lubrication points, through the design of technical sheets. At the same time, establishing the times and the periodicity in which maintenance activities must be carried out.

**Implementation:** the organization chart identifies the ideal personnel to be responsible for the maintenance management proposed. In this way, it is possible to assign functions to the personnel involved. Additionally, all the criteria are established to implement the maintenance proposal, such as spare parts, labor payments, among others.

**Palabras Claves:**

Concesionario, Gestión, Mantenimiento, planeación, TPM, RCM

**Key Words:**

Concessionaire, Management, Maintenance, Planning, TPM, RCM

## **1 Título de la Investigación**

Propuesta de mejora de la gestión para el mantenimiento de los activos en el área de taller de la empresa Solo-Toyota.

## 2 Problema de Investigación

### 2.1 Descripción Del Problema

Hace cinco décadas, Distribuidora Toyota S.A.S. (Distoyota) abrió sus puertas en el territorio nacional, poco a poco, fue llegando a las regiones, convirtiéndose así en la red de concesionarios de Toyota más grande del país.

Como parte de este crecimiento la empresa Distribuidora Toyota S.A.S (Distoyota), crea una sede en el municipio de La Dorada - Caldas en el año 2008, esto con el fin de brindar el servicio posventa a los vehículos de la marca. Por lo que se realiza una inversión inicial de algunos equipos tales como: Elevador de dos columnas, Prensa hidráulica, Compresor de aire, Esmeril, Grúa para motores, Grúa para transmisión.

Debido a que solo Toyota pertenece a una red de concesionarios de la empresa DISTOYOTA, debe seguir sus directrices por lo que la política de mantenimiento, está ligada a un plan de operaciones. Este Plan se basa en un SOP (Procedimiento Operativo Estándar) para el mantenimiento de los activos, dicho proceso se divide en dos etapas:

Mantenimiento con un proveedor externo: Esta rutina se hace semestral o anualmente, pero no se basa en la criticidad del activo. Este proceso puede llevar a cabo el cambio de repuestos, calibración, lubricación y ajuste del activo.

Mantenimiento interno: Este mantenimiento se realiza con personal interno es decir con los mismos operarios de los activos, la periodicidad de este mantenimiento es mensual.



Se cuenta con rutinas de mantenimiento, cronogramas establecidos y con participación mixta de personal (interno y externo). No se cuenta con una descripción detallada de las rutinas de mantenimiento para cada activo, por lo que el proveedor externo es el que establece que tipo de mantenimiento a realizar y así mismo estipula las tarifas, esto ocasiona que se desconozca los recursos destinados para esos activos y en algunos casos no concuerdan con la actividad desarrollada.

Adicional a esto los parámetros de control para el mantenimiento interno, (formatos, listas de chequeo, cronogramas), no están establecidos en su totalidad, debido a que no se realizan con la frecuencia establecida y la información no se registra de la manera más adecuada. Otro factor no menos importante es que el personal operativo no ha recibido algún tipo de capacitación para el desarrollo del mantenimiento preventivo, por lo que se basan en una lista de chequeo establecida por la empresa y de conocimientos que han adquirido en la experiencia. Todos estos factores impiden que no se desarrolle a plenitud una buena gestión del mantenimiento de los activos.

Otra oportunidad de mejora es la disponibilidad del activo, esto abarca desde el punto cuando sucede un fallo, ya que no se cuentan con repuestos a la mano y es necesario detener la maquina hasta que un técnico de una ciudad capital se desplace al concesionario para efectuar la reparación pertinente, no ocasiona una parada en las labores diarias, pero si un retraso en el tiempo de producción, en este caso el servicio posventa.

## **2.2 Formulación Del Problema**

Como parte fundamental de una estrategia en la gestión de activos, es poder estructurar un buen plan de mantenimiento, esto con el fin de obtener múltiples beneficios, tales como: una reducción de costos de mantenimientos, ofrecimiento de manera integral un servicio posventa, la reducción del tiempo de No disponibilidad, garantizando el rendimiento de los activos e incluso alargando la vida útil de dichas máquinas. Todo esto es posible si se conoce los requerimientos del activo según el fabricante y así de esta manera se estructura un plan de mantenimiento acorde a las necesidades del activo. Partiendo de estos argumentos y teniendo en cuenta la descripción del problema, se cuestiona el siguiente interrogante ¿Cómo elaborar una propuesta de mejora de la gestión del mantenimiento de los activos en el área de taller de la empresa Solo-Toyota?

## **2.3 Sistematización**

¿Cuáles son las condiciones actuales de la gestión de mantenimiento para los activos del área de taller de la empresa Solo Toyota?

¿Cómo recolectar información sobre los activos del área de taller, con el fin de estructurar un plan de gestión del mantenimiento para la empresa Solo-Toyota?

¿Qué técnicas y estrategias de mantenimiento utiliza para desarrollar la propuesta de gestión del mantenimiento para los activos del área de taller de la empresa Solo- Toyota?

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Analizar la gestión del mantenimiento de los activos del área de taller y presentar una propuesta de mejora en el plan de mantenimiento de la empresa Solo-Toyota La Dorada.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

Identificar las condiciones actuales de la gestión del mantenimiento para los activos del área de taller en la empresa Solo-Toyota.

Recolectar la información para presentar una estructura de gestión del mantenimiento a los activos del área de taller de la empresa Solo-Toyota

Desarrollar la propuesta de gestión del mantenimiento para los activos del área de taller de la empresa Solo-Toyota.

## **4 Justificación Y Delimitación De La Investigación**

### **4.1 Justificación**

Partiendo de los principios de la misión de la empresa los cuales consisten en comercializar productos y servicios TOYOTA, enmarcados en los valores de confiabilidad, respeto, cumplimiento, lealtad y armonía. Los cuales están alineados con la filosofía mundial de TOYOTA, “el cliente es lo primero”, esto forma parte del ADN de la marca. De allí la importancia del cumplimiento y la experiencia del cliente, cuando pasa por un concesionario Toyota. Es por tal motivo que una gestión adecuada del mantenimiento de los activos tiene efectos directos en la satisfacción del cliente, ya que un retraso en la entrega de un vehículo durante una rutina de mantenimiento, por la indisponibilidad de algún activo, puede generar pérdidas no solo económicas, si no indicadores bajos y por consiguiente la mala calificación del servicio a nivel nacional. Pero no solo las tareas de mantenimiento garantizan disponibilidad y confiabilidad de los equipos, sino de la disponibilidad y accesibilidad a todos los repuestos necesarios para ejecutar una labor de reparación. Por lo que es importante tener un inventario integral de repuestos.

Como parte fundamental del fortalecimiento de una cultura organizacional, es el de generar espacios para la convivencia y aprendizaje, en donde se capacite al personal operativo en cómo realizar un mantenimiento preventivo básico, atacando así el problema base de la frecuencia del mantenimiento y la manera correcta de cómo se debe desarrollar, así mismo contribuyendo en la vida útil del activo e incentivando el trabajo en equipo.

## **4.2 Delimitación**

Esta propuesta de mejoramiento se desarrollará en el concesionario del municipio de La Dorada- Caldas en el segundo semestre del año 2021, va dirigido a la empresa Solo-Toyota en el área del taller para la gestión del mantenimiento de los activos de dicha área. Con los datos obtenidos acerca del mantenimiento de los activos se busca proponer una mejora orientada al plan estratégico de mantenimiento para lograr la disponibilidad y confiabilidad de los activos.

## **4.3 Limitación**

El acceso a la información es restringido y limitado por términos de confidencialidad empresarial, en la documentación de la compañía no reposan los manuales de los activos según el fabricante. El tiempo es un factor limitante ya que solo se cuenta con cuatro meses para la terminación de este proyecto.

## **5 Marco conceptual**

### **5.1 Estado del arte**

#### **5.1.1 Estado del arte nacional**

##### **5.1.1.1 Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento basado en RCM para las instalaciones de producción de la estación COHEMB en el activo suroriente**

En el año 2014 los autores Cerón Pacheco Rene, et al, desarrollaron como opción de grado en la Universidad Industrial de Santander la investigación titulada “Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento basado en RCM para las instalaciones de producción de la estación COHEMB en el activo suroriente”, donde los autores presentan el proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), con el objetivo de implementar un modelo de gestión de mantenimiento basado en RCM que sirva de base para el mantenimiento de nuevos proyectos y la necesidad que requieren estos para ser mantenidos durante el ciclo de vida específico para cada uno de estos en resumen el objetivo de los autores es identificar las formas o modos en los cuales puede fallar los equipos dentro del proceso de producción (Cerón Pacheco & Rojas Mora, 2014). El trabajo citado sirve de guía a la presente investigación teniendo en cuenta los indicadores de mantenimiento de activos como herramienta para el proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad de los equipos identificando las formas o modos en las cuales puede fallar el equipo.

##### **5.1.1.2 Una estrategia de gestión de activos para equipo rotativo en los procesos de operación y mantenimiento para las empresas del sector petrolero.**

En el año 2017 Esteban Alberto González Pacheco Ph.D. y Alba Guzmán-Duque, de la Universidad autónoma de Bucaramanga, seccional Bucaramanga, Colombia. En su artículo de investigación “Una estrategia de gestión de activos para equipo rotativo en los procesos de operación y mantenimiento para las empresas del sector petrolero”. se realiza una propuesta para

plantear una estrategia de gestión de activos basada en los fundamentos dados por la norma PAS 55 que reúne los lineamientos requeridos para una estrategia integral de activos, a partir de esta propuesta se plantea la necesidad de las empresas deben centrarse en establecer estrategias en su ámbito que permitan cerrar la triada con objetivos correlacionados y compartidos, aportando a que todos los actores involucrados aúnen esfuerzos hacia un mismo objetivo común y se apalanque una estrategia de gestión de activos exitosa de dichos equipos (González Pacheco, 2017). El trabajo citado sirve de guía a la presente investigación teniendo en cuenta la estrategia de gestión de activos como herramienta para el proceso de mantenimiento de equipos uniendo la gestión a un mismo objetivo.

### **5.1.1.3 Estado de la gestión de mantenimiento en las ladrilleras de la zona metropolitana de Cúcuta - Colombia**

El objetivo de esta investigación es tomar como referencia la situación de la gestión de mantenimiento en dichas empresas, mediante una herramienta de evaluación cuantitativa (COVENIN, 1993), para determinar las acciones de mejora y diseñar un sistema de indicadores de control de gestión de mantenimiento. Los docentes (Ricardo Cárdenas Omaña, Juan días García y Heidy Zambrano), del programa de ingeniería mecánica UNET Venezuela realizaron entrevistas en diez de ellas (la selección de la muestra fue intencional) y se midió el control de gestión de mantenimiento. Fueron determinados los factores de gestión a controlar y se seleccionaron indicadores en función de la evaluación por áreas. Se propuso una estructura organizativa capaz de aplicar los indicadores. Se evaluaron doce áreas relacionadas con la gestión de mantenimiento y fue estructurado un sistema de 36 indicadores para medir la eficiencia, eficacia y efectividad del mantenimiento (Cárdenas Omaña, Dias García, & Zambrano, 2018). El trabajo citado es de gran ayuda por la herramienta de evaluación

cuantitativa para determinar las acciones de mejora y darnos una línea sobre los indicadores de control de gestión de mantenimiento.

#### **5.1.1.4 Sistema de planeación, programación y control de la prestación de servicios de mantenimiento en la empresa Renault rs.**

Los estudiantes José Francisco Iglesias Rojas y Jhon Javier Ortiz Pérez de la Universidad Libre - Ingeniería Industrial Bogotá 2017 en su tesis “*Sistema de planeación, programación y control de la prestación de servicios de mantenimiento en la empresa Renault rs*”. Muestra el desarrollo del sistema de planeación, programación y control de la prestación de servicios de mantenimiento preventivo en la empresa RENAULT RS, utilizando herramientas de ingeniería de métodos y simulación, para lograr optimizar los tiempos de entrega de los vehículos que toman estos servicios en la empresa, en pro de una mayor satisfacción al cliente y reducir los espacios ocupados dentro del taller, para poder atender de manera más pronta a los clientes que llegan (Iglesias Rojas & Ortiz Pérez, 2017). El trabajo citado sirve para adquirir información sobre la prestación adecuada de servicio en una empresa de autos, el sistema de planeación y programación, se tuvo en cuenta para saber otros métodos para el mantenimiento.

#### **5.1.1.5 Implementación del mantenimiento autónomo a las herramientas neumáticas de la línea de ensamble de la empresa ATECO MOBILITY SAS**

En este proyecto de grado realizado en el Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, en el año 2019, se implementa el segundo pilar del TPM (Mantenimiento Productivo Total); el cual consiste en la elaboración y aplicación de un plan de mantenimiento autónomo para todas las herramientas neumáticas de la principal línea de ensamble de la empresa ATECO MOBILITY SAS, en este proyecto la estandarización de un plan de mantenimiento inexistente, teniendo como consecuencia un ahorro evidente en la mano de obra de mantenimiento, en la compra de pistolas, en repuestos y en el consumo de aire, a la vez se hace



notorio el mejoramiento en la disponibilidad y mantenibilidad (Gallego Valencia & Arbeloa Urrea, 2019). El trabajo citado es de gran ayuda para observar otros modelos de mantenimiento y sus pilares el cual no va a ser desarrollado en nuestra investigación.

#### **5.1.1.6 Elaboración de un análisis de criticidad y disponibilidad para la atracción X-Treme del Parque Mundo Aventura, tomando como referencia las normas, SAE JA1011 y SAE JA1012**

En el documento los estudiantes Julio Cesar Ramírez y Hugo Fernando Moreno presentan el análisis de criticidad y disponibilidad para una de las máquinas que hacen parte del Parque Mundo Aventura en el 2017, tomando como referencia las normas internacionales SAE JA1011 Y SAE JA1012. La máquina en la cual se llevará a cabo este análisis es la atracción X-Treme, la cual presenta alta demanda por parte de los visitantes, debido a que hace parte del grupo de máquinas catalogadas como de alto impacto dentro de la organización. El objetivo principal de realizar este estudio se basa en clasificar adecuadamente los componentes mecánicos y eléctricos de mayor criticidad que hacen parte de la atracción, con el fin de generar planes de mantenimiento a futuro que incrementen la disponibilidad de la máquina y reduzcan el tiempo entre fallos, así como el tiempo destinado a realizar las labores de mantenimiento programado y correctivo (Ramírez & Moreno, 2017). El trabajo citado es de vital ayuda para el análisis de criticidad de los activos y la disponibilidad que se necesitan de los equipos más críticos en la empresa y nuestra investigación.

#### **5.1.1.7 Implementación de mantenimiento preventivo y predictivo a los equipos del proceso de producción en la empresa EQUIACEROS SAS**

El artículo realizado por María Gabriela Mago Ramos, Brenda Yasser Perea Lozano y Henry Morolo López Suárez en la Universidad Libre, Bogotá – Colombia. Nos habla de la empresa EQUIACEROS SAS, en donde se realizó la implementación de mantenimiento

Preventivo y Predictivo a los equipos que intervienen en el proceso de producción mediante un análisis en la predicción del histórico de fallas, principios y estándares de funcionamiento, tiempos y contextos operacionales, es por tal razón que la investigación propuso un modelo que incluye RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), ya que resulta indispensable analizar el comportamiento de los equipos, para posteriormente; tomar decisiones que mejoren la calidad y productividad, buscando reducir costos de los procesos. Esta metodología que se basó en: AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) a través de una clasificación y jerarquización de equipos, codificación de fallas, cálculo de NPR (Número de Prioridad de Riesgo), el cual sirve para establecer las actividades de mantenimiento que serán ejecutadas en la empresa. La elaboración del plan de mantenimiento permitirá llevar los indicadores de funcionamiento de los equipos evaluando la vida útil de los mismos. Los resultados obtenidos apoyarán los servicios que presta EQUIACEROS SAS, siendo indispensable que la maquinaria o equipos no se detengan bajo ninguna circunstancia; porque hoy en día la industria metalmecánica exige altos niveles de producción. La finalidad de este proyecto es apoyar investigaciones futuras que mejoren la gestión de mantenimiento donde se apliquen habilidades que permitan llevar un control de las operaciones, así como también, realizar las frecuencias y rutinas de inspección, mejorando los indicadores de fiabilidad de los equipos (Mago Ramos, Perea Lozano, & López Suárez, 2020). El trabajo citado es de ayuda respecto a la implementación de un mantenimiento preventivo por medio de RCM, para así buscar reducir costos en el procedimiento.

## **5.1.2 Estado del arte internacional**

### **5.1.2.1 Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón**

La tesis del ingeniero industrial Pablo Romero Carranza, consiste en el estudio de las instalaciones de una planta desmotadora de algodón centrado en los aspectos del mantenimiento de la misma. En la planta desmotadora de algodón denominada Blanca Paloma citada en Villamanrique, el autor del proyecto tuvo la oportunidad de realizar un estudio del mantenimiento que se realiza en dicha planta de manera que los resultados del estudio puedan ser útiles en el futuro. En este tipo de empresas, como se trabaja por campañas que duran 4 meses, trabajando las 24 horas, para poder conseguir un plan de mantenimiento que mejore las prestaciones se pensó en aplicar la metodología RCM (Reliability Centered Maintenance) o MCF (Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad). Debido a que la planta acabada de reabrir después de varios años y que no tenían archivados los fallos de otros años era todo un reto por cuanto no existe un histórico de fallos y todos los procedimientos aplicados son por experiencia de los operarios y el jefe de mantenimiento de la planta. Es aquí donde el carácter vivo del RCM adquiere su importancia, pues más allá de la ayuda que se pueda obtener de la experiencia que se tiene con la máquina, se deberán ir incluyendo los nuevos aspectos que de su uso intensivo se deriven, completando aquellos que por falta de memoria se pasaran por alto, y comprobando si la criticidad y el hincapié en determinados aspectos del plan de mantenimiento siguen siendo vigentes durante la vida de la desmotadora (Romero Carranza, 2013). El trabajo citado nos muestra un análisis y estudio RCM de un equipo de máxima criticidad lo cual para nuestro proyecto nos es de vital ayuda para el desarrollo de nuestro análisis de criticidad y el mantenimiento preventivo basado en RCM teniendo en cuenta como lo trabajan en otros países.

### **5.1.1.2 Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la elaboración de productos de limpieza.**

El autor José Torres presenta las bases para la implementación del sistema de Mantenimiento Productivo Total—Torres Coronado, 2021- se encuentran actividades enfocadas solamente al área de mantenimiento, para el TPM, mantenimiento es uno de los agentes que participan en este proceso, esta metodología tiene la particularidad de que proporciona por medio de sus pilares las bases para el crecimiento del proceso desde la parte administrativa, de organización y operativa, pero visto el proceso en su conjunto, no solo particularizando el área de mantenimiento, se puede hablar en este caso de una implementación parcial, ya que no necesariamente el 100% de la metodología es lo que requieren todas las organizaciones. Para el caso de estudio del José Torres, hace énfasis en el cambio de mentalidad y rompimiento de paradigmas, haciendo uso del paradigma de los cinco monos, como reflexión que se debe hacer uso de la innovación como herramienta principal en la mejora continua de los procesos (Torres Coronado, 2016). El presente trabajo citado nos sirve como referencia de otro tipo de método a utilizar y para constatar qué no es el más efectivo para nuestro trabajo de investigación.

### **5.1.1.3 Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo**

Revista chilena de ingeniería, vol. 21 N° 1, 2013 Pablo Viveros, Raúl Stegmaier, Fredy Kristjanpoller, Luis Barbera, Adolfo Crespo, en su artículo presentan un modelo para la Gestión Integral del Mantenimiento, teniendo en consideración la característica de mejora continua en el tiempo. A modo de introducción y contextualización, se explica la importancia que tiene la alineación de objetivos a todo nivel organizacional para lograr la integración y correcta gestión de la unidad de mantenimiento.

El modelo a presentar se compone de siete principales etapas, las cuales deben desarrollarse progresivamente según el escenario actual de la organización, haciendo énfasis en la gestión y optimización sostenida en el tiempo de procesos asociados a la planificación, programación y ejecución del mantenimiento. Adicionalmente, el modelo presentado complementa herramientas de apoyo para el desarrollo e implementación de las etapas, y características operacionales reales, las cuales podrían afectar el desempeño de la unidad de mantenimiento (Viveros, Stegmair, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013). En este artículo citado nos habla de la alineación de objetivos a todo nivel organizacional es de ayuda para estructurar y visualizar nuestros objetivos y darles solución.

#### **5.1.1.4 Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado en la ciudad de Santa Elena.**

Autores Boris Andrés Alarcón Quiñonez, y Denis Melissa romero Montenegro,  
Guayaquil- Ecuador, febrero 2020

En este proyecto se tiene como objetivo optimizar los procesos de mantenimiento preventivo de los equipos productivos de la empresa Nutrifishing S.A. “Empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado”. Nutrifishing. S.A. presenta cambios en su infraestructura. El estudio está realizado con la situación actual de la planta, para conocer su proceso productivo y específicamente enfatizar en las fases de mayor relevancia y los equipos involucrados a considerar como críticos; para de esta manera realizar un plan de mantenimiento de los mismos. Encabezando como contenido inicial el mantenimiento recomendado por las especificaciones técnicas de los fabricantes, así como los técnicos internos y externos de la empresa y para así evaluar el detalle oportuno de cada equipo y la frecuencia de los diversos mantenimientos preventivos establecidos.

Por consiguiente, como resultado de este plan de mantenimiento preventivo propuesto, se espera que la empresa reduzca el porcentaje de mantenimiento correctivo, pues significa retrasos de la producción, alteraciones en la calidad del producto final y daños considerables en los equipos afectados, además de la pérdida de tiempo por la llegada de los repuestos para su reparación. Adicionalmente se planteará una estructura organizacional en el departamento de mantenimiento para dar soporte a respuestas a los mantenimientos requeridos (Alarcón Quiñonez & Romero Montenegro, 2020). El presente trabajo tiene vital importancia para adquirir información sobre los activos críticos y por medio de esto generar un mejor plan de mantenimiento preventivo y reducir las fallas.

#### **5.1.1.5 Gerencia estratégica de mantenimiento de la empresa plásticos del litoral – Plastlit.**

En Guayaquil – Ecuador, en el año 2005, más exactamente en La Escuela Superior Politécnica Del Litoral, la Ingeniera María Fernanda Piedra Paladines, con su tesis de grado “*Gerencia Estratégica de Mantenimiento de la empresa plásticos del litoral – plastlit*”, trata de exponer que el mantenimiento es ante todo y sobre todo un servicio, y además que sus políticas, objetivos y manera de actuar deben ajustarse, desarrollarse y evolucionar con las políticas, objetivos y estructuras de la empresa; pudiendo notar que la evolución de la empresa da lugar a la evolución del servicio de mantenimiento. Dentro de la base teórica que se presenta se vuelve evidente que la evolución de las técnicas de mantenimiento ha ido siempre a la par con las evoluciones tecnológicas, permitiendo incrementar significativamente el aprendizaje sobre el comportamiento degenerativo interno de los equipos que hace tan sólo unos cuantos años era prácticamente desconocido (Piedra Peladines, 2018). El presente trabajo es de vital ayuda para el entendimiento del TPM y así saber porque no utilizarlo en nuestra propuesta y saber que otros métodos existen.

### **5.1.1.6 Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas**

El presente artículo realizado por Egilde Zambrano, Ana Teresa Prieto y Ricardo Castillo. Es un avance de una investigación de mayor alcance, en la cual se tiene como objetivo general analizar la gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas. En este avance se determinan los indicadores de la gestión de mantenimiento presentes en tales instituciones. Se consultaron autores como Duffuaa et al (2010), Pérez (2007), Jiménez y Milano (2006), y Beltrán (2000), entre otros. La investigación es descriptiva, con diseño no experimental, transeccional y de campo. Se empleó un censo poblacional, para un total de veintitrés (23) sujetos de investigación, pertenecientes a la Universidad del Zulia Núcleo Costa Oriental del Lago, Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt e Instituto Universitario Tecnológico de Cabimas. Para recolectar la información, se aplicó un cuestionario conformado por diez y seis (16) ítems, validado por el juicio de seis (6) expertos, con 0,99 de confiabilidad según el coeficiente Alfa Cronbach. Se concluye que el indicador disponibilidad tiene una alta presencia en la gestión de mantenimiento, no así los indicadores calidad de servicio, confiabilidad, mantenibilidad y costos, cuya presencia es moderada (Castillo, Prieto, & Zambrano, 2015). El trabajo presentado nos sirve como referencia para los indicadores de disponibilidad en la gestión de mantenimiento y así tener presente la confiabilidad y los costos que conllevan dichos mantenimientos.

### **5.1.1.7 Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013**

Esta investigación presentada por el ingeniero César Moreno Rojo de la Universidad Nacional del Santa. Chimbote, Perú basados en el principio “Todo sistema es productivo,

siempre y cuando opere bajo un mínimo de fallas” realizaron una investigación en la empresa Komatsu Maquinarias Perú S. A. que consistió en el análisis de la situación actual de los equipos y determinó cuál es la relación entre la gestión de mantenimiento preventivo a través de sus indicadores y la disponibilidad. Realizado el análisis, el coeficiente de correlación es 79,1 %, lo que nos indica que existe un regular grado de relación entre las variables de disponibilidad MTBF y MTTR (Moreno Rojo, 2016). El presente trabajo logramos observar la relación que tiene el mantenimiento preventivo con la disponibilidad de los activos.

#### **5.1.1.8 Implementación del programa de mantenimiento preventivo, en la empresa Plastiglas de Guatemala.**

En Guatemala, Abril de 2008, en la Universidad De San Carlos De Guatemala, el Ingeniero Mecánico, Pedro Miguel Agreda Girón, con su tesis de grado: *“Implementación del Programa de Mantenimiento Preventivo, en la empresa Plastiglas de Guatemala*, manifestó que implementar un programa de mantenimiento es la manera de centrar la información y poder dirigir la empresa por un buen camino. La línea de mando pasa por el Coordinador de mantenimiento que dispone de las herramientas para alcanzar las metas propuestas en los proyectos de mejora y control de maquinaria, poder desarrollar programas de cómputo para el control de las actividades de mantenimiento, tiempos, herramientas de aplicación y mejora de los sistemas.

Mejora de los procedimientos para el envase plástico, en donde se muestren los elementos básicos para la instalación y correcto procedimiento de funcionamiento de las herramientas del mantenimiento preventivo (Agreda Girón, 2008). Con esta tesis se logra acatar la importancia de los procedimientos del mantenimiento preventivo, para el control de tiempo, es la herramientas de aplicación y mejora de los sistemas y subsistemas.



## **5.2 Marco teórico**

La historia del mantenimiento se puede dividir en cuatro generaciones: la primera caracterizada por acciones de mantenimiento puramente correctivo (solamente se repara cuando se daña); la segunda generación que va hasta mediados de 1980, en esta época aparece el mantenimiento preventivo (se realizaban reparaciones programadas); La tercera generación comprendió 1980 al 2000, marcada por la aplicación de mantenimientos predictivos (consistía en el monitoreo de condición).

A partir del siglo XXI, la cuarta generación hace que las empresas involucren el mantenimiento de una manera integral, centrado en riesgos, confiabilidad, gestión enfocada a resultados y clientes, gestión del conocimiento y eficiencia energética (Pérez Rondón, 2021). Con base a esto buscaremos los conceptos más significativos para nuestra investigación.

### **5.2.1 Mantenimiento:**

El propósito del mantenimiento, es el de conservar las instalaciones y el equipo utilizado en la operación de la empresa, con el fin de evitar problemas que pudieran provocar la interrupción de las funciones, y a la vez, hacer que estas se lleven a cabo de una manera más eficiente, logrando de esta manera, maximizar los beneficios obtenidos por la inversión de recursos tanto materiales como humanos (Heintzelman, 1987).

### **5.2.2 Mantenimiento correctivo o reactivo:**

A nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible.

Se pueden encontrar dos clases o tipos de mantenimiento correctivo:

\* El mantenimiento correctivo no programado: se activa, cuando aparece la falla en el equipo o máquina, generando la respectiva parada, de manera que se debe quitar lo averiado y reponer el componente, ya sea nuevo o usado.

\* El mantenimiento correctivo programado o planificado: se realiza cuando se detecta que algún componente de una máquina está próximo a fallar, por lo tanto, se programa el mantenimiento para corregir esta posible falla (Pérez Rondón, 2021).

### **5.2.3 Mantenimiento preventivo:**

Se basa en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones.

### **5.2.4 Objetivos más relevantes del mantenimiento preventivo**

- Disponibilidad: puede definirse como la probabilidad de que una máquina sea capaz de trabajar cada vez que se le requiera.
- Confiabilidad: es la probabilidad de que la máquina esté operando en todo el momento que necesite el usuario.
- Incrementar: al máximo la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas o equipos llevando a cabo un mantenimiento planeado.

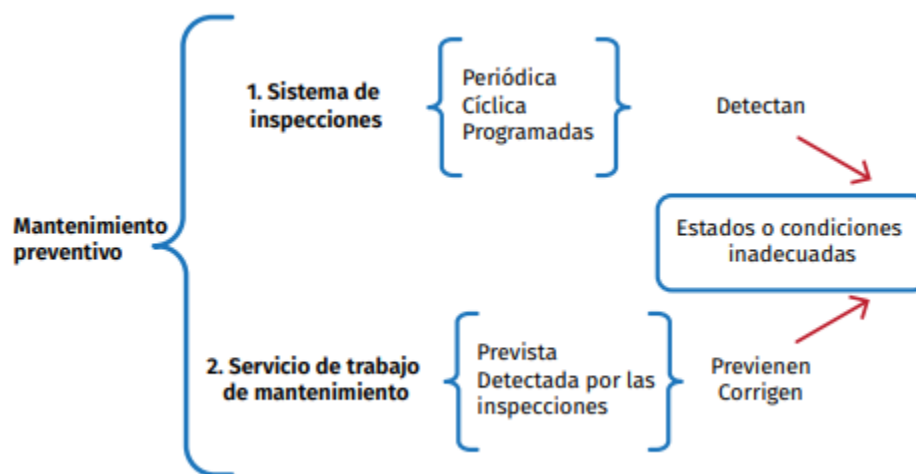
### **5.2.5 Las categorías del Mantenimiento Preventivo (MP)**

- Cubrimiento del MP: revisar el porcentaje del equipo o máquina críticos, para las cuales se han desarrollado programas de MP.

- Ejecución del MP: el porcentaje de rutinas del MP que han sido terminadas según programa.
- Trabajos generados por las repeticiones del MP: el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tiene como origen rutinas del MP.

**Figura 1**

*Implementación del mantenimiento preventivo (MP).*



*Nota: la figura presenta el esquema para la implementación el mantenimiento preventivo; Fuente (Pérez Rondón, 2021)*

### 5.2.6 Fases para la aplicación de un plan de MP:

- **La planificación:** (se especifica las actividades por desarrollar, con qué personal se va a trabajar, equipos y herramientas por utilizar, tiempo aproximado de trabajo).
- **La programación:** (se define el día, la hora, lugar dónde se van a desarrollar, las actividades previamente planificadas).
- **La ejecución:** (realización de los trabajos, previamente definidos).
- **El control:** (verificación y validación de los trabajos ejecutados). Planificación del MP

Qué se debe tener en cuenta en esta etapa. *Fuente (Pérez Rondón, 2021).*

### 5.2.7 Control de costos

**Análisis de costos:** es una gestión muy importante de la evaluación de los resultados del mantenimiento. Permite identificar qué secciones o áreas necesitan mejorar inmediatamente.

Los costos estándares se calculan según ecuación (1) El cálculo del costo total promedio acumulado de mantenimiento es por un período de tiempo T, definido (CTM<sub>prom</sub>). Dónde:

$$CTM_{prom} = \frac{CMP + CMP}{T} \quad \boxed{\text{Ecuación (1)}}$$

**CTM:** Es el costo total promedio acumulado de mantenimiento.

**CMP:** Es el costo del mantenimiento preventivo.

**CMC:** Es el costo del mantenimiento correctivo (observado por las inspecciones del mantenimiento preventivo).

**T:** es el período de tiempo considerado (por ejemplo: meses, trimestre, semestre, industria, en una forma eficiente y efectiva.

Cada costo de mantenimiento está integrado básicamente por:

Horas improductivas (lucro cesante).

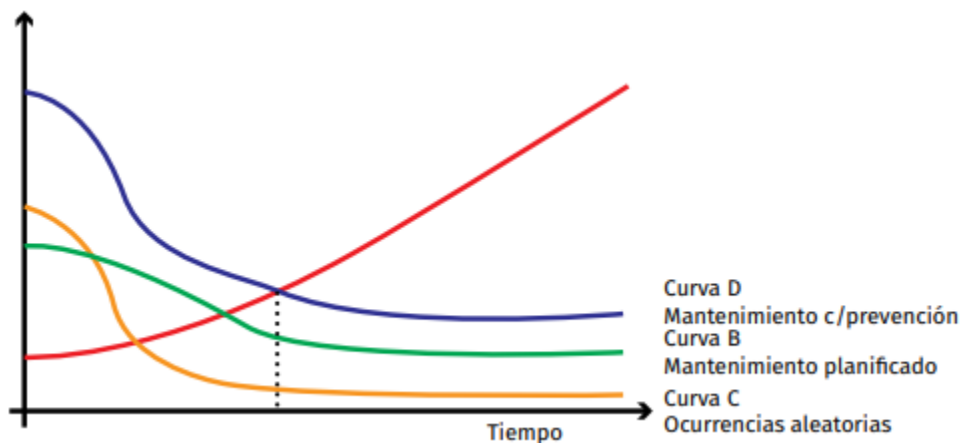
Horas – hombre.

Materiales y servicios de terceros.

El porcentaje de mantenimiento programado durante el mismo período de T (% MP), según ecuación (2).

$$\%MP = \frac{H_{shombre - MP}}{H_{shombre - MP} + H_{shombre - MC}} \quad \boxed{\text{Ecuacion (2)}}$$

**Figura 2**  
*Curva de costos de mantenimiento con relación al tiempo*



*Nota: la figura presenta la curva para la implementación de mantenimiento con relación al tiempo; Fuente (Pérez Rondón, 2021)*

**Los costos directos:** pueden ser la mano de obra y materiales (registrados en contabilidad). Los costos indirectos: generalmente no suelen ser registrados en contabilidad, pero su volumen puede ser incluso superior al de los costos directos. Por ejemplo: el lucro cesante, son aquellos costos que se originan por falta de disponibilidad o deterioro del activo; costos por falla en la calidad; multas o penalizaciones por retraso en las entregas; secuela de la seguridad de las personas e instalaciones; averías o daños medioambientales provocados por los fallos (Pérez Rondón, 2021).

### 5.2.8 Mantenimiento predictivo:

Si después de la inspección se detecta algo irregular se define programar una intervención. La meta es prever el fallo desastroso de un componente, pieza, máquina o equipo y, por tanto, anticiparse a este, es así como estas técnicas de mantenimiento predictivo ofrecen una ventaja adicional: la compra de repuestos se realiza cuando se necesita, eliminando stocks de capital quieto sin trabajar, comúnmente llamado lucro cesante, (Pérez Rondón, 2021).

**Figura 3**  
*Técnicas Predictivas*



*Nota: la figura presenta el esquema de las técnicas predictivas para mantenimiento; Fuente (Pérez Rondón, 2021)*

### 5.2.9 Mantenimiento Productivo Total

El mantenimiento productivo total, es una metodología de mejora que busca optimizar la eficiencia global de los equipos aumentando la disponibilidad de la maquinaria y mejorando su rendimiento y calidad; el Mantenimiento Productivo Total “TPM”, en inglés “Total Productive Maintenance”, es un sistema industrial japonés desarrollado principalmente en la década de los 70’s, surge por la necesidad de mejorar los productos y servicios en las empresas, promoviendo la interacción del operario, la máquina y la compañía. El TPM busca la integración de todo el personal de la compañía con el propósito de obtener una mejora en el proceso de producción a través de la eliminación de pérdidas, buscando aumentar la productividad del personal, de los equipos y de la planta en general.

La institución dedicada al desarrollo de la metodología y conceptos del TPM el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM, 2019) definen el siguiente concepto: “El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo,

estableciendo un sistema que previene todas las pérdidas en todas las operaciones de las empresas. Esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallos en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.

Para la implementación del TPM en las compañías se especificaron 8 pilares, estos son la base fundamental de esta metodología, cada uno de ellos nos dice una ruta a seguir para lograr los objetivos de eliminar o reducir las pérdidas: como son paradas programadas, ajustes de producción, fallos de los equipos, fallos de los procesos, pérdidas de producción normales, pérdidas de producción anormales, defectos de calidad y reprocesamiento (Gallego Valencia & Arbeloa Urrea, 2019).

- 1) Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen).
- 2) Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen).
- 3) Mantenimiento Planificado.
- 4) Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen).
- 5) Prevención del Mantenimiento.
- 6) Actividades de Departamentos Administrativos y de Apoyo.
- 7) Formación y Adiestramiento.
- 8) Gestión de Seguridad y Entorno.

**Figura 4**  
Pilares del TPM



*Nota: la figura presenta el esquema de las técnicas predictivas para mantenimiento; Fuente (BSG INSTITUTE, 2020)*

### 5.2.10 Matriz de Criticidad

Es una metodología que permite establecer jerarquías entre:

- Instalaciones
- Sistemas
- Equipos
- Elementos de un equipo

De acuerdo con su impacto total del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación, Además, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.



Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla. La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis (Romero Carranza, 2013).

**Figura 5**  
*Matriz de criticidad*



*Nota: la figura presenta la matriz de criticidad de activos para mantenimiento. Fuente (PEMEX, 2019)*

### 5.2.11 Análisis y Métodos de Falla (AMEF)

El **Análisis del Modo y Efecto de Fallas**, también conocido como **AMEF** o **FMEA** por sus siglas en inglés (Failure Mode Effect Analysis), nació en Estados Unidos a finales de la década del 40. Esta metodología desarrollada por la NASA, se creó con el propósito de evaluar la confiabilidad de los equipos, en la medida en que determina los efectos de las fallas de los mismos.

Por medio de este procedimiento se permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

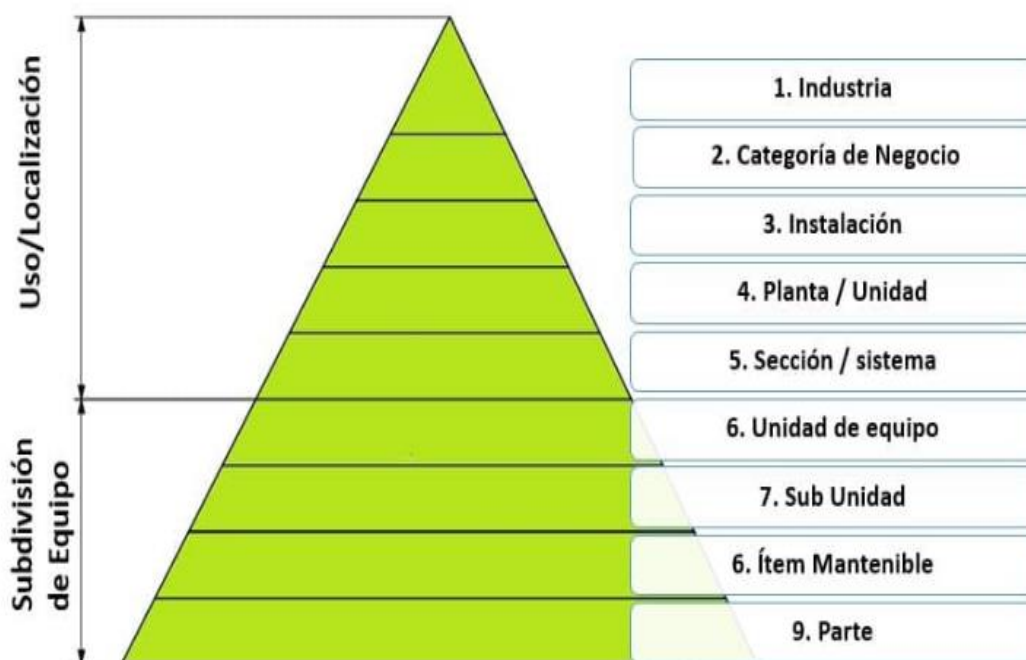
Este método de análisis tiene una serie de ventajas potenciales significativas, por ejemplo:

- Identificar las posibles fallas en un producto, proceso o sistema.
- Conocer a fondo el producto, el proceso o el sistema.
- Identificar los efectos que puede generar cada falla posible.
- Evaluar el nivel de criticidad (gravedad) de los efectos.
- Identificar las causas posibles de las fallas.
- Establecer niveles de confiabilidad para la detección de fallas.
- Evaluar mediante indicadores específicos la relación entre: gravedad, ocurrencia y detectabilidad.
- Documentar los planes de acción para minimizar los riesgos.
- Identificar oportunidades de mejora.
- Generar Know-How.
- Considerar la información del AMEF como recurso de capacitación en los procesos.

### **5.2.12 Taxonomía de Activos**

La norma ISO 14224 define la taxonomía como la clasificación sistemática de equipos o sistemas en grupos genéricos basada en sus características comunes (localización, uso, tipo de equipo, etc.), la taxonomía es representada en forma de pirámide como se observa en la figura.

**Figura 6**  
*Clasificación Taxonómica de Equipos*



*Nota: la figura presenta la clasificación taxonómica de equipos para el mantenimiento. Fuente (solex, 2020)*

Representa la ubicación del equipo o activo dentro de la organización. Para realizar el RCM, se puede utilizar como insumo la taxonomía, el diagrama de límites de equipo y la subdivisión de equipo que recomienda esta norma.

El contexto operativo se puede definir como el conjunto de condiciones reales del proceso bajo las cuales opera el equipo, también incluye todos los criterios y parámetros de desempeño deseados por el usuario. Este contexto se puede definir a partir de los diagramas y descripciones del proceso en el que opera el equipo, así como de las entrevistas con el personal de producción, operación y mantenimiento. Es importante analizar y comprender el contexto operativo antes de iniciar el RCM.

### **5.2.13 Planeación Estratégica**

Conjunto de acciones que deben ser desarrolladas para lograr los objetivos y metas estratégicos, lo que implica definir y priorizar los problemas a resolver, plantear soluciones,

determinar responsables para realizarlos, asignar recursos para llevarlos a cabo y establecer la forma y periodicidad para medir los avances y asegurar con ello que las políticas y los programas que se establezcan sean ejecutados.

La práctica de la Planeación Estratégica es una herramienta útil a la gerencia, no para adivinar el futuro o eliminar riesgos, sino para que una empresa pueda enfrentarse en mejores condiciones tanto a la competencia como a las condiciones cambiantes propias de su entorno (interno y externo) asegurando con ello la supervivencia empresarial.

Uno de los graves problemas que aquejan a nuestra industria, sobre todo a la pequeña y mediana, es la forma de programar el mantenimiento, este error nos presenta una verdadera oportunidad de mejora si entendemos las bases del cómo debe hacerse.

**Figura 6**  
*Circulo Deming*



*Nota: la figura presenta el círculo Deming para el mantenimiento. Fuente (Milagros, 2013)*

Acciones que se desarrollan en cualquier momento para obtener resultados inmediatos. Aquellas actividades que al momento de efectuarse obtengan un resultado positivo o negativo, se

catalogarán dentro de las actividades tácticas. Estas actividades son propias del personal operativo de la empresa y se relacionan con el PDCA (Círculo Deming), al cual frecuentemente se le llama en español PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar).

Su herramienta más importante es la planificación, es decir “ajustar el mapa al sitio”. A continuación “se hace” (Do) o ejecuta la obra planificada, después se verifica (Check) o revisa los resultados, y, por último, actúa (Act.) sistematizando los cambios para mejorar la estrategia futura.

#### **5.2.14 Indicadores de Mantenimiento**

Los indicadores de mantenimiento son un conjunto de información que evalúa el desempeño de las operaciones y permite evaluar la evolución a lo largo del tiempo y definir el camino para la mejora continua.

También conocidos como KPI (Key Performance Indicators) de mantenimiento, estos indicadores valoran si las operaciones están cumpliendo los objetivos de mantenimiento, como la reducción de los costes y el tiempo de inactividad.

Los indicadores de mantenimiento varían según los objetivos y estrategias de cada empresa. Sin embargo, hay una serie de KPI que se utilizan con mayor frecuencia y que se fundamentan en los siguientes factores clave:

- Eficiencia
- Costes y gastos
- Seguridad y cumplimiento
- Desempeño de los activos
- Tiempo de inactividad
- Gestión de las órdenes de trabajo
- Gestión del inventario

Para definir los KPI de mantenimiento, el responsable de mantenimiento debe identificar los principales puntos negativos del departamento. En este proceso, se deben considerar las áreas que necesitan ser mejoradas, para que el equipo pueda lograr mejores resultados. Por ejemplo, el hecho de que se produzcan varias averías inesperadas en un activo hace que el equipo de mantenimiento se dedique mucho tiempo a las reparaciones. Este es un punto en el que hay que trabajar y mejorar. Además, para definir los indicadores de mantenimiento, los administradores deberían utilizar el método SMART (Specific, Measurable, Attainable, Realistic, Timely), la técnica más utilizada para evaluar un indicador.

- Specific (Específico) – El KPI debe seguir una lógica clara y objetiva.
- Measurable (Medible) – Deben ser cuantificables, preferiblemente expresado en números
- Attainable (Alcanzable) – Los objetivos deben ser realistas y estar al alcance de la persona responsable.
- Realistic (Realista) – Se debe proporcionar una idea clara de los objetivos previstos.
- Timely (Oportuno) – El tiempo para alcanzar los objetivos debe determinarse de antemano.

**Figura 7**  
Agrupaciones de indicadores KPI en mantenimiento



*Nota: la figura presenta Agrupaciones de indicadores KPI en mantenimiento. Fuente (Borja, 2020)*

### 5.3 Marco legal

**Tabla 1**  
Marco legal

Normas	Numeral	Descripción
ISO-14224	Capítulo 6 y 7	En los capítulos 6 y 7 se estructura la información de los datos del equipo, fallas, mantenimiento, taxonomía de equipos, modos de falla, entre otros.
SAE JA1011	SAE JA1011, “Criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad” (RCM)	Establece los criterios mínimos que debe cumplir una metodología para que pueda definirse como RCM; especifica que cualquier proceso de RCM
ISO 17359		Dicta los pasos que se deben tomar en cuenta al instaurar un programa de monitoreo de condición de máquinas

---

<b>ISO 55001</b>	Capítulo 6 y 10	<p>Se establece las pautas para alcanzar la mejora continua en la gestión de activos.</p> <p>Especifica los requisitos para un sistema de gestión de activos, coordina actividades financieras, operacionales, de mantenimiento, de riesgos y otras actividades relacionadas con los activos de una organización para obtener el mayor rendimiento de los mismos.</p>
<b>ISO 9001 e ISO 14001</b>		<p>Calidad en empresas de mantenimiento. ISO 9001:2015. Gestión administrativa adecuada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La fiabilidad de una organización de mantenimiento es el porcentaje de intervenciones que garantizan el buen funcionamiento del equipo tratado.</li> <li>• Plazos de respuesta. ...</li> <li>• Gestión administrativa.</li> </ul>
<b>ISO 17025</b>	4.3 control de los documentos 4.12 acciones preventivas	<p>Debe establecer y mantener procedimientos para identificación, la recopilación, el mantenimiento y la disposición y los registros técnicos. Se deben identificar acciones necesarias y las potenciales fuentes de no conformidades.</p>
<b>ISO 45001</b>	6.1.2 Identificación de peligros y evaluación de los riesgos y oportunidades 8.1.2 Eliminar peligros y reducir riesgos para la SST.	<p>Determinar de forma sistemática las cuestiones externas e internas y las necesidades y expectativas de los empleados y otras partes interesadas.</p> <p>Esto será necesario para comprender los factores relevantes para el sistema de gestión.</p> <p>El liderazgo y la participación del trabajador con especial énfasis en los procesos de participación y consulta.</p>

---



---

	<p>El pensamiento basado en riesgos como base para el sistema de gestión. Más centrado en objetivos como motores de mejoras, y la planificación relacionada para conseguir los objetivos.</p> <p>Extender los requisitos relacionados con la comunicación interna y externa, incluyendo la necesidad de determinar qué, cuándo y cómo informar y comunicar.</p>
<p><b>EN-13306</b></p>	<p>Su contenido versa sobre las diversas definiciones existentes respecto a fallos (fallos propiamente dichos, causas de fallo, degradaciones, fallos primarios y secundarios, mecanismos de fallo, etc.), estados de los diferentes faltos (fallo, fallo enmascarado, fallo por degradación, etc.), tipos de mantenimiento y estrategias (mantenimientos preventivos, predeterminados, según condición, predictivos, correctivos y diferidos) y, además, actividades de mantenimiento, tiempos, términos e indicadores económicos.</p>

---

*Nota: la tabla presenta el marco legal donde están las normas referentes para la propuesta de mantenimiento.*

*Fuente (Autores, 2021)*

## **6 Marco Metodológico**

### **6.1 Recolección de la Información**

#### **6.1.1 Tipo de investigación**

El desarrollo de esta investigación se fundamenta en la aplicación del paradigma cualitativo ya que se analizan los datos obtenidos de forma subjetiva mediante técnicas de observación no estructurada, revisión de documentos, discusión en grupo, “*El enfoque se basa en*

*métodos de recolección de datos no estandarizados ni completamente predeterminados”*

(Hernández Sampieri Roberto,2010).

Este proyecto se enfoca en los siguientes métodos de investigación basados en la **Tabla 2**

Tipos de investigación, los cuales son claves para cumplir con los objetivos propuestos:

- Investigación Histórica: se realizará el estudio de la información que se posee en formatos físicos y en el Software Integrado de Gestión Empresarial ERP de la compañía Ofima SAS
- Investigación Documental: se consulta los manuales del fabricante para verificar si las actividades actuales de mantenimiento son las requeridas para los activos.
- Investigación Estudio de caso: se busca investigar la composición de las familias de los activos del área del taller, esto con el fin de analizar la atención de mantenimiento a nivel local y nacional.

**Tabla 2**  
*Tipos de investigación*

<b>Tipos de investigación</b>	<b>Características</b>
<b>Histórica</b>	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente
<b>Documental</b>	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
<b>Descriptiva</b>	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio
<b>Correlacional</b>	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada
<b>Explicativa</b>	Da razones del por qué los fenómenos, analiza una unidad específica del universo
<b>Estudios de</b>	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad

<b>caso</b>	única, compara los datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios
<b>Experimental</b>	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o varias variables que son independiente sobre otras que son independientes

*Nota: la tabla presenta los tipos de investigación y sus características. Fuente (Hernández & Roberto, 2010).*

## **6.1.2 Fuentes de Obtención de la Información**

### **6.1.2.1 Fuentes de Información Primarias:**

Actualmente la información primaria que se posee son los formatos físicos de los mantenimientos de los años 2020 y 2021, la segunda fuente es el Software ERP del cual se posee datos desde el año 2014, esta fecha fue la apertura del área del taller para prestar el servicio de mantenimiento a los vehículos de la marca Toyota, la tercera fuente es el personal técnico y manuales técnicos ya que poseen información de la ejecución de actividades que se realizan, también de la funcionalidad , disponibilidad y fallas de los equipos.

### **6.1.2.2 Fuentes de Información Secundarias:**

Las fuentes de información secundarias utilizadas en esta investigación son, el material compartido de las clases de gerencia del mantenimiento, monografías, marcos normativos, tesis, información a disposición de internet.

### **6.1.3 Herramientas:**

Las Herramientas utilizadas para el desarrollo de este proyecto son:

- Datos del software ERP.
- Historial del mantenimiento de los activos del taller, (Formatos físicos)
- Matriz de excelencia de mantenimiento.
- Matriz DOFA

- Análisis de Criticidad.

#### **6.1.4 Metodología:**

Para alcanzar el primer objetivo planteado “Identificar las condiciones actuales de la gestión del mantenimiento para los activos del área de taller en la empresa Solo-Toyota” se aplicará la matriz de excelencia para evaluar la gestión del mantenimiento y así enfocar los recursos estableciendo parámetros para la mejora de la organización.

Para el desarrollo del segundo objetivo “Recolectar la información para presentar una estructura de gestión del mantenimiento a los activos del área de taller de la empresa Solo-Toyota”, se solicita a la organización, documentación e información respecto a los procesos administrativos y técnicos a fin de dar cumplimiento a este objetivo.

Para realizar el tercer objetivo “Desarrollar la propuesta de gestión del mantenimiento para los activos del área de taller de la empresa Solo-Toyota” se distribuye la elaboración de este proyecto en las siguientes etapas:

- Aplicar la matriz de excelencia de mantenimiento para identificar el estado actual de la organización y proyectar la situación futura generando una propuesta del Plan de Mantenimiento.
- Se crea un cronograma de trabajo para dar cumplimiento al desarrollo de este proyecto.
- Se realiza análisis financiero.

#### **6.1.5 Información recopilada:**

##### **6.1.5.1 Programa de Trabajo:**

Se crea el siguiente cronograma de actividades para dar seguimiento a la ejecución:

**Figura 8***Cronograma de actividades*

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES										
Actividades	Junio			Julio	Octubre				Noviembre	
	Semanas									
	24	25	26	27	40	41	42	43	44	45
Entrega de titulo de investigacion y problema de investigacion	■									
Entrega de objetivos general, especificos, justificacion y delimitacion		■								
Asesoría para el avance de trabajo de grado			■							
Entrega avance de trabajo de grado				■						
Revision Titulo de investigacion, objetivos y planteamiento del problema					■					
Realizar marco Conceptual y marco metodologico						■				
Entrega avance de trabajo de grado, realizacion Impactos esperados y alcanzados							■	■		
Realizar analisis financiero, conclusiones y recomendaciones									■	
Entrega trabajo de grado										■

*Nota: la figura representa el cronograma de actividades para la propuesta de mantenimiento. Fuente (Autores, 2021).*

**6.1.5.2 Estado actual de la empresa:**

Se abordará el tema iniciando con los objetivos globales de la empresa los cuales dan cumplimiento a las metas a nivel estratégico de la organización. Así como la misión o visión, ellos comienzan como una simple declaración y luego deben ser traducidos en metas. Por ellos DISTOYOTA cuenta con unos objetivos integrales que los podemos sintetizar de la siguiente manera: desarrollo de las competencias estratégicas del talento humano, fortalecer el bienestar, sentido de pertenencia y compromiso del talento humano, adoptar el mejoramiento continuo en los procesos de la organización, cautivar a nuestros clientes con calidad, cumplimiento y servicio y por último el cuidado del Medio Ambiente, para hacerlo sostenible. En cuanto a Distoyota, el importador exclusivo de Toyota, la estrategia consiste en lanzar nuevos productos con mejoras radicales en tecnología, diseño, protección del ambiente, seguridad y consumo de combustible.

**6.1.5.3 Misión:**

Nos sentimos orgullosos de comercializar productos y servicios TOYOTA, enmarcados en los principios de Confiabilidad, Respeto, Cumplimiento, Lealtad y Armonía.

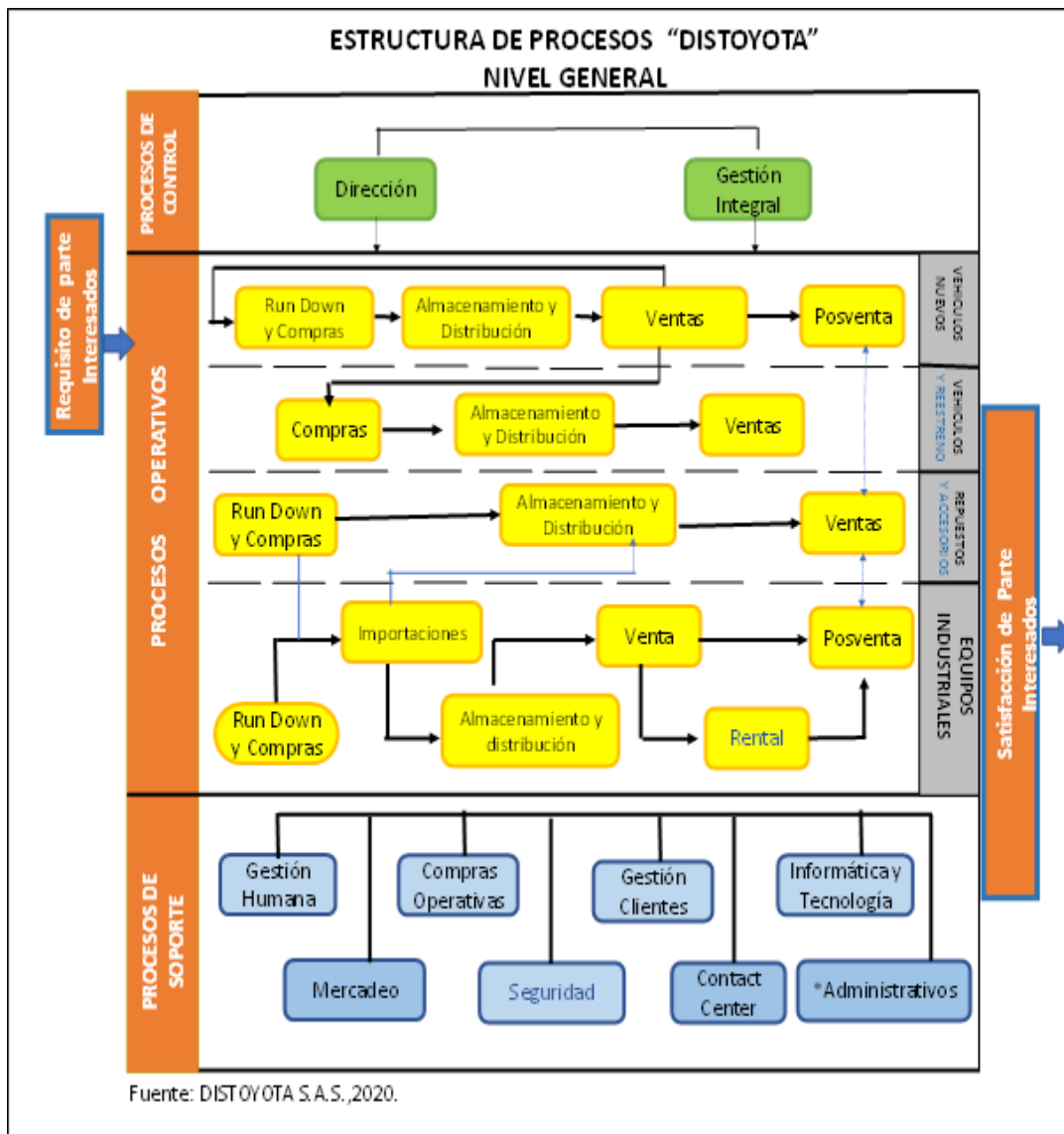
**6.1.5.4 Visión:**

Ser reconocido como el Concesionario de la red TOYOTA y Distribuidor de Equipos Industriales más admirado en el mercado nacional.

**6.1.5.5 Organigrama:**

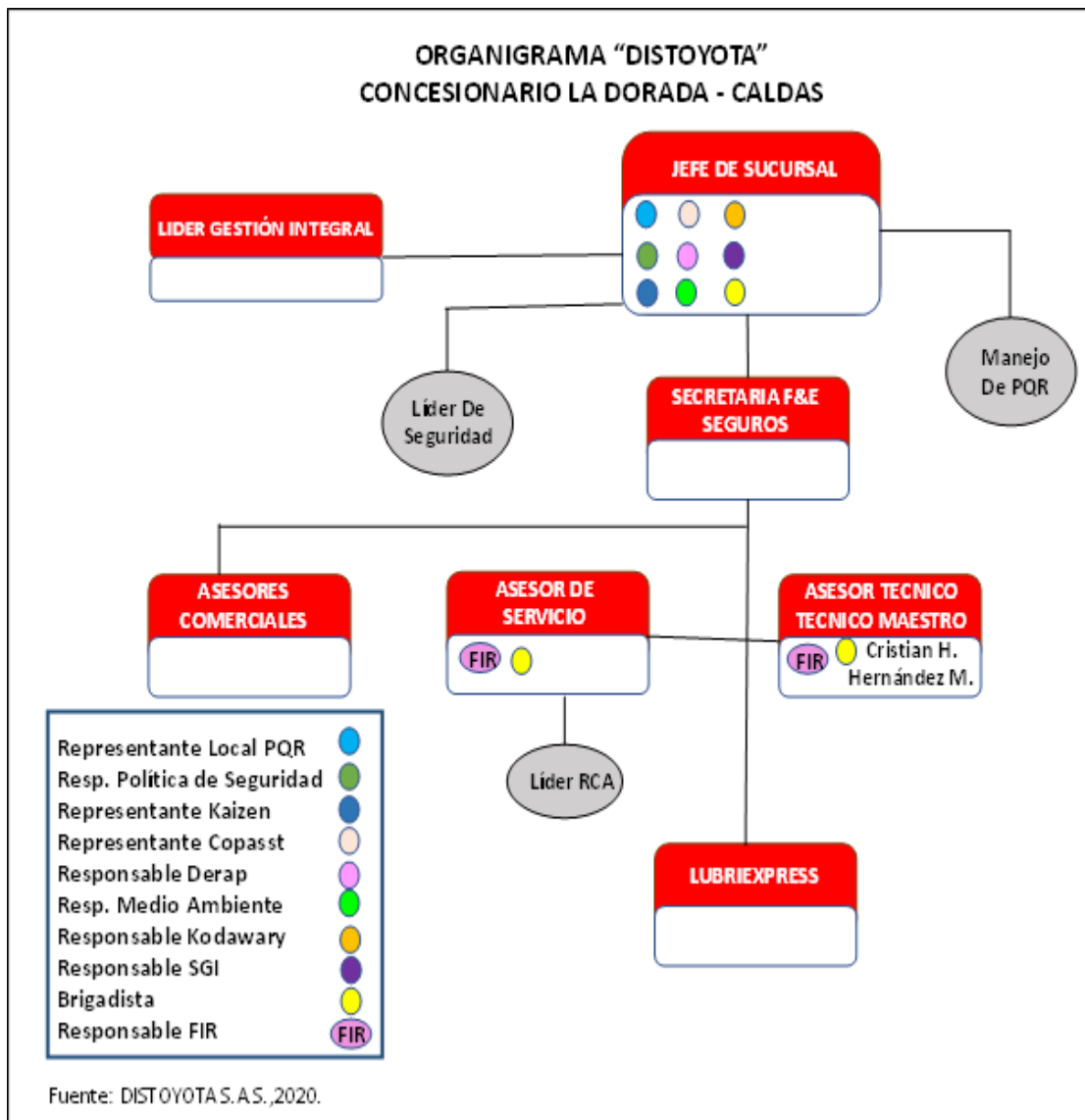
La estructura organizacional es el modelo jerárquico que una empresa usa para facilitar la dirección y administración de sus actividades. A través de la estructura organizacional la empresa fija roles, funciones y responsabilidades; establece objetivos; crea procesos y define protocolos y diseña estrategias de mejoramiento. La estructura organizacional de Distoyota es una estructura lineal, siendo aquel en que los diferentes niveles son presentados de forma vertical y entre ellos existe una relación directa de autoridad. Este tipo de organigrama proviene de las formas de organización lineales y de ahí su nombre. Estas, a su vez, tienen su origen en organizaciones como los antiguos ejércitos. Se basa en relaciones de tipo jerárquico entre los diferentes niveles. Por tanto, estas son directas y con una única autoridad. Además, también conceden una clara responsabilidad al puesto.

**Figura 9**  
Estructura organizacional nivel general



Nota: la figura presenta la estructura organizacional general de la empresa. Fuente (Distoyota SAS, 2020)

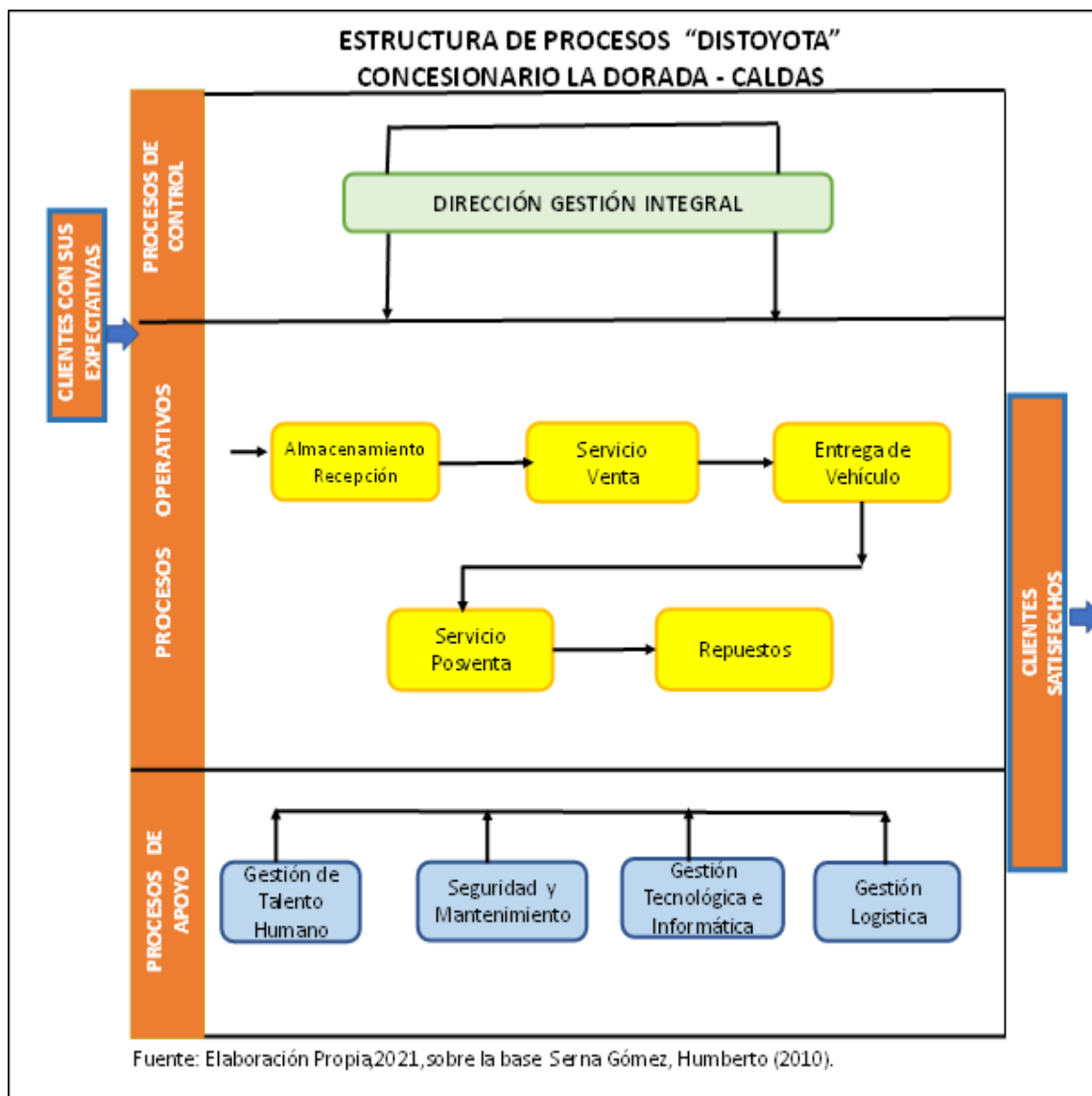
**Figura 10**  
*Estructura organizacional Distoyota concesionario La Dorada*



*Nota: la figura presenta Estructura organizacional Distoyota concesionario La Dorada. Fuente (Distoyota SAS, 2020)*



**Figura 11**  
*Estructura Organizacional de Procesos Concesionario La Dorada*



*Nota: la figura presenta estructura organizacional de procesos concesionario La Dorada. Fuente (Autores, 2021)*

### 6.1.5.6 Caracterización del Proceso de Mantenimiento.

Actualmente la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo. Solo se está realizando un mantenimiento autónomo (LILA) por parte del personal técnico. Este se ejecuta de acuerdo al criterio de los técnicos. El mantenimiento preventivo y correctivo es ejecutado por personal externo a la empresa y se realiza cuando los técnicos del taller notifican que los equipos están indisponibles o por qué ha pasado más de un año en que estos activos no han tenido una intervención más profunda, adicional a esto, el proveedor contratado se desplaza desde otra ciudad, el cual incurren en viáticos, por ende, aumenta el tiempo en que la maquinas estén indisponible.

### 6.1.5.7 Costos de Mantenimiento 2020:

El valor que se pagó al proveedor externo por motivo de los costos de mantenimiento preventivo y correctivo de los activos del área del taller fue de \$ 4.145.940.

**Tabla 3**

*Costos de mantenimiento 2020 y entradas de vehículos al taller*

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>Entradas de Vehículos</b>	86	53	72	Pandemia	19	64	64	59	70	80	52	46	665
<b>Mtto Preventivo</b>	\$ 1.736.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.145.94
<b>Mtto Correctivo</b>	\$ -	\$ 974. 680	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.085.360	\$ 349.900	\$ 0

*Nota: la tabla presenta los Costos de mantenimiento 2020 y entradas de vehículos al taller. Fuente (Autores, 2021)*

#### **6.1.5.8 Aplicación Matriz DOFA:**

Para el desarrollo de este proyecto empleamos la matriz DOFA que permitirá analizar la situación actual de la empresa adquiriendo los siguientes resultados:

##### **Debilidades:**

- a. Tiempos elevados para dar respuesta de solicitudes a otras áreas.
- b. Stock de repuestos reducidos.
- c. Poco personal para el mantenimiento de vehículos.
- d. Rotación alta de personal.
- e. Poca disponibilidad de inventarios de vehículos nuevos.
- f. Proveedores externos para el mantenimiento de equipos.

##### **Fortalezas:**

- a. Se cuenta con personal que conoce los procedimientos internos de la empresa.
- b. Variedad de productos y servicios.
- c. Manejo adecuado de reclamos.
- d. Buena actitud en la atención de personas.
- e. Herramientas de diagnóstico a la vanguardia de la tecnología.
- f. La empresa está abierta al mejoramiento continuo de las áreas.

##### **Oportunidades:**

- a. Nuevos productos y servicios.
- b. Capacitación al personal técnico.
- c. Aplicación del modelo de gestión de mantenimiento a toda la organización DISTOYOTA
- d. Garantizar alianzas con proveedores externos locales.
- e. Adquirir software para la gestión de mantenimiento.

**Amenazas:**

- a. Violencia local.
- b. Competencia local posee una mano de obra más económica.
- c. Incumplimiento de proveedores.
- d. Empresas locales venden repuestos no originales.
- e. Un nuevo pico de la pandemia.

**6.1.5.9 Aplicación de la Matriz de Excelencia:**

Se aplica la matriz de excelencia teniendo en cuenta 10 aspectos a evaluar. Esta herramienta se utiliza como apoyo y soporte para demostrar de manera cualitativa y cuantitativa el estado actual del mantenimiento, también es fundamental como punto de partida para la trazabilidad en el tiempo si se logra implementar la propuesta de este proyecto.

Los 10 aspectos a evaluar son los siguientes:

1. Estrategia de mantenimiento.
2. Administración y organización.
3. Planeación y programación.
4. Tácticas de mantenimiento.
5. Medidas de desempeño.
6. Tecnologías de información y su uso.
7. Involucramiento de los empleados.
8. Análisis de confiabilidad.
9. Análisis de procesos.
10. Información sobre infraestructura y equipos.

**Tabla 4**

*Resultado de Aplicación matriz de excelencia estado actual de la empresa.*

<b>Matriz de excelencia</b>			
<b>Aspecto</b>	<b>Nivel</b>	<b>Valor</b>	<b>Resultado</b>
<b>Estrategia de mantenimiento</b>	Mantenimiento reactivo.	1	<b>Mantenimiento reactivo</b>
<b>Administración y organización</b>	Organización y administración funcional.	1	
<b>Planeación y programación</b>	Programación diaria. No hay planeación, la programación es elemental y no existe ingeniería de mantenimiento	1	
<b>Técnicas de mantenimiento</b>	Inspecciones basadas en tiempo.	2	
<b>Medidas de desempeño</b>	Ninguna aproximación sistemática de costos mantenimiento y falla de equipos	1	
<b>Tecnología de la información y su uso</b>	Manual y registro por requerimiento.	1	
<b>Involucramiento de los empleados</b>	Solo reuniones con el personal para tocar temas laborales o sociales.	1	
<b>Análisis de confiabilidad</b>	No existe registro de fallas estructurados.	1	
<b>Análisis de procesos</b>	Procedimientos técnicos y procesos. Administrativos de mantenimiento no documentados y nunca revisados.	1	
<b>Información sobre infraestructura e instalaciones</b>	No existe ningún registro de la infraestructura de equipos y componentes	1	

*Nota: la tabla presenta el Resultado de Aplicación matriz de excelencia estado actual de la empresa.*

*Fuente (Autores, 2021)*

## 6.2 Análisis de la Información

### 6.2.1 Análisis de la aplicación matriz de excelencia:

A partir del resultado de la matriz de excelencia, se concluye que se encuentra clasificada en el nivel de reactivo, lo que ocasiona que los equipos lleguen a riesgo de paradas de producción de importancia, posibilidad de daños irreparables en equipos o elementos caros, transporte urgente de repuestos, aumento del riesgo y gravedad de accidentes laborales. La visión que se tiene con la propuesta de solución es llegar al nivel de mantenimiento proactivo que permite el aumento de cumplimiento de las metas corporativas y para eso se debe efectuar los siguientes aspectos:

**Tabla 5**

*Visión de matriz de excelencia*

<b>Matriz de excelencia</b>			
<b>Aspecto</b>	<b>Nivel</b>	<b>Valor</b>	<b>Resultado</b>
<b>Estrategia de mantenimiento</b>	Plan de mantenimiento a un año	3	<b>Mantenimiento proactivo</b>
<b>Administración y organización</b>	Plan maestro HSE estructura organizacional de mantenimiento integrado con logística, financiera, recursos humanos.	3	
<b>Planeación y programación</b>	Priorización de actividades, grupo de planeación e ingeniería de mantenimientos establecidos formalmente.	3	
<b>Técnicas de mantenimiento</b>	Técnicas de mantenimiento predictivo, CBM, NDT	3	
<b>Medidas de desempeño</b>	Reporte de costos de mantenimiento, reporte de pérdidas de producción, tiempos de parada, causa y elementos de falla, costos de mantenimiento disponible.	3	
<b>Tecnología de la información y su uso</b>	Implementación de software de gestión de mantenimiento.	3	
<b>Equipos de mejoramiento</b>	Comités de mejoramiento por requerimiento.	3	

<b>Análisis de confiabilidad</b>	Herramienta de análisis problemas de RCA y FMEA, buenas bases de datos de falla en uso y utilización de RCA y FMEA.	3
<b>Análisis de procesos</b>	Revisiones periódicas de procesos o procedimientos técnicos y documentación de los procesos administrativos.	3
<b>Información sobre infraestructura e instalaciones</b>	Especificación de equipos, infraestructura jerarquizada y clasificada de manera que permita realizar gestión administrativa y técnica.	3

*Nota: la tabla presenta la visión de matriz de excelencia de la empresa. Fuente (Autores, 2021)*

### **6.2.2 Análisis de la aplicación Matriz DOFA:**

El resultado de la aplicación de la matriz DOFA muestra el estado real de la empresa, la cual brinda un panorama general para tomar decisiones y proceder con las acciones adecuada para mejorar las áreas débiles o que de alguna forma amenazan la armonía de los procesos en la organización y también se generan oportunidades que ayudan el crecimiento de las mismas.

### **6.2.3 Análisis Costos de Mantenimiento 2020:**

Analizando los costos de mantenimiento del año 2020 como lo presenta la tabla, responde a un mantenimiento preventivo y tres mantenimientos correctivos, la afectación de no tener un plan de mantenimiento programado se refleja una disminución en las entradas del taller por las ocurrencias de las averías en los meses de febrero, noviembre y diciembre, impactando los ingresos de la empresa por mantenimiento de vehículos.

## **6.3 Propuesta de solución.**

### **6.3.1 Modelo de Gestión de Mantenimiento Propuesto.**

Se creó un modelo de gestión de mantenimiento, el cual se puede apreciar en la Figura 12, este tiene como base los pilares de la norma ISO 55000 gestión de activos, adicional a esto se

pretende integrar parte de un departamento de mantenimiento, para ello se debe definir de forma precisa la misión y visión de dicho departamento, ya que de esta manera se enmarcará la forma en que se cumplirán las metas propuestas. Luego de esto, se tiene la planeación y programación de las ocupaciones de mantenimiento, puesto que el área de estudio es un concesionario pequeño, se diseñará un nuevo organigrama con una estructura básica en donde al personal actual se le asignará nuevas funciones con el fin de desarrollar a plenitud el plan de mantenimiento.

Una vez establecido el personal y sus funciones, se continua con el modelo de gestión, realizando un análisis de la situación actual del mantenimiento para entender de qué manera las fallas de los equipos impactan la disponibilidad y capacidad de producción del taller. Posteriormente establecen las estrategias del mantenimiento, iniciando con un análisis de criticidad para clasificar activos basados en la probabilidad de fallas y como afectan en la generación de valor del negocio, de tal manera que se puedan enfocar los recursos de mantenimiento a los puntos más débiles de los activos, otro factor no menos importante, es la optimización de repuestos, puesto que el funcionamiento continuo del activo depende de la disponibilidad del stock de repuestos.

Se puede concluir de lo anterior que el mantenimiento proactivo es mucho más que crear un programa continuo de tareas de mantenimiento, es establecer un proceso de estandarización y de control el cual consiste en administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de la labor del área de mantenimiento, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados.

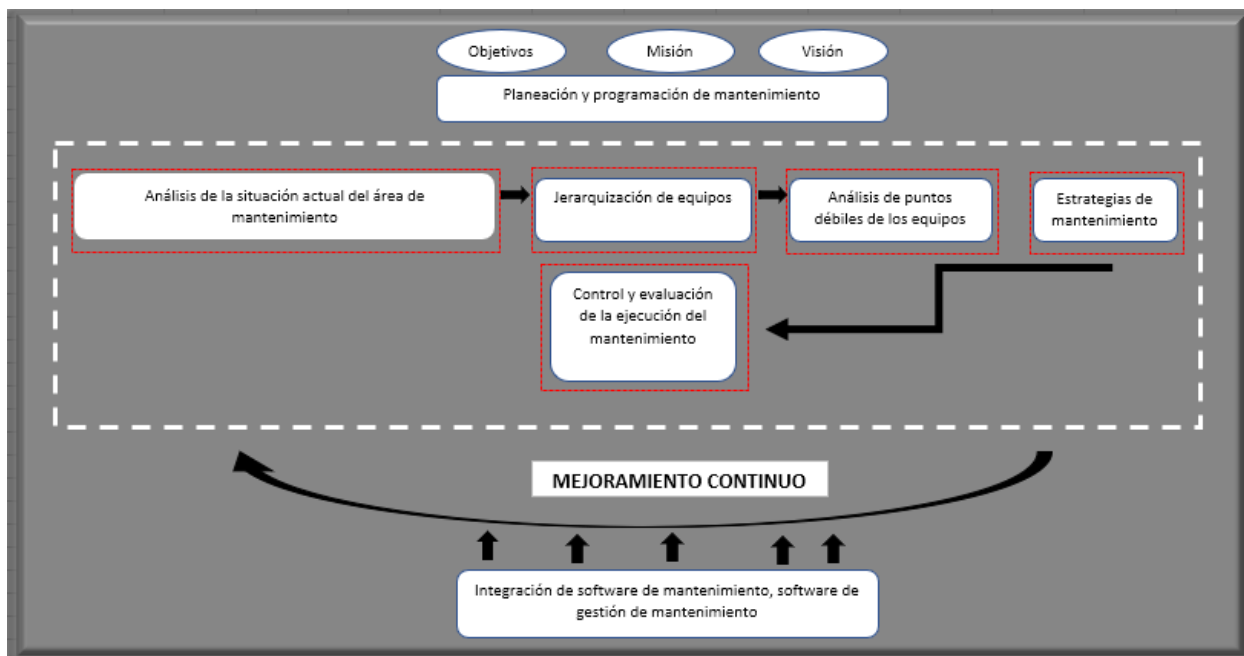
Esta propuesta se compara con un sistema de control de lazo cerrado, es decir mediante los indicadores de desempeño, se puede conocer los resultados para ejercer el control del sistema



y así de esta manera poder tomar decisiones correctas y aplicar las oportunidades de mejora encontradas, contribuyendo con el mejoramiento continuo de la empresa.

**Figura 12**

*Modelo de gestión de mantenimiento para el área de mantenimiento*



*Nota: la figura presenta el Modelo de gestión de mantenimiento para el área de mantenimiento. Fuente (Autores, 2021).*

### **6.3.2 Objetivo de Mantenimiento**

Reducir los fallos y problemas posibles en los activos, con el fin de garantizar la disponibilidad y rendimiento óptimo de la maquinaria.

### **6.3.3 Misión de Mantenimiento**

El área de mantenimiento busca implementar y mejorar de forma continua la estrategia de mantenimiento para asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los activos del área de taller, mediante prácticas innovadoras, económicas y seguras. Esto con el fin de garantizar un servicio de alta calidad a nuestros clientes que visitan el concesionario

### 6.3.4 Visión de Mantenimiento

El área de mantenimiento será una unidad líder en cuanto a la efectividad y eficacia de la ejecución de sus actividades de mantenimiento, en función a los valores de la compañía tales como: confiabilidad, cumplimiento, respeto, lealtad, armonía; garantizando la confiabilidad y disponibilidad de los activos, contribuyendo así con la visión de la organización.

### 6.3.5 Taxonomía de Equipos

La taxonomía se define como la clasificación sistemática de equipos o sistemas en grupos genéricos basada en sus características comunes (localización, uso, tipo de equipo, etc.) (Omar Campos López, 2018), esta clasificación permite realizar un análisis minucioso de los activos identificando los puntos de mayor criticidad, para así elaborar un plan de mantenimiento adecuado. Por otro lado, la clasificación permite la implementación de la plataforma SAMM en el área de mantenimiento.

Puesto que el concesionario Solo Toyota es relativamente nuevo, se ha venido equipando poco a poco de activos. Por lo tanto, inicialmente se realiza un inventario a la fecha donde se registran cada uno de los activos para el área de taller. Posteriormente al tener claro el inventario es posible comenzar a estructurar los equipos ordenadamente para ello se tomará como base la norma ISO14224, la cual aplica en la industria petrolera y de gas natural, pero nos da una guía estableciendo la jerarquía de los equipos, comenzando con etiquetarlos con el fin de poder identificar los equipos con un lenguaje de marcado, esto con el fin de facilitar el acceso a la información de los equipos.

**Tabla 6**

*Taxonomía general basada en ISO 14224 para Solo-Toyota La Dorada*

<b>Categoría principal</b>	<b>Nivel Taxonómico</b>	<b>Jerarquía de Taxonomía</b>	<b>Código</b>
----------------------------	-------------------------	-------------------------------	---------------

<b>Datos de uso/ubicación</b>	1 (Industria)	Distoyota	<b>DIS</b>
	2 (Categoría de negocio)	Proceso de Mantenimiento	<b>PM</b>
	3(Instalación)	Solo-Toyota La Dorada	<b>STD</b>
	4(Planta)	Área de taller	<b>AT</b>
<b>Subdivisión de equipos</b>	5(sistemas)	Hidráulico, Eléctrico, Mecánico	Eléctrico: <b>ELE</b> Hidráulico: <b>HID</b> Mecánico: <b>MEC</b>
	6(Equipos)	Elevador de 2 columnas, Compresor de aire, Prensa Hidráulica, Grúa para motores, Grúa para transmisiones, Recolector de aceites.	Elevador de 2 columnas: <b>ELEV2C</b> Compresor de aire : <b>CA</b> Prensa Hidráulica: <b>PH</b> Grúa para motor: <b>GM</b> Grúa para transmisión: <b>GT</b> Recolector de aceite: <b>RA</b>

*Nota: la tabla presenta la Taxonomía general basada en ISO 14224 para Solo-Toyota La Dorada. Fuente*

*(Autores,2021)*

**Tabla 7**  
*Taxonomía aplicada en Solo-Toyota La Dorada*

<b>Ítem</b>	<b>Activo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Ubicación</b>			<b>Taxonomía</b>
				<b>Instalación</b>	<b>Planta</b>	<b>Empresa</b>	
<b>1</b>	Elevador de 2 columnas	Ravaglioli	KPX341 WE-WEK-WER	STD	AT	DIS	DIS-PM-STD-AT-ELE-ELEV2C DIS-PM-STD-AT-MEC-ELEV2C
<b>2</b>	Prensa Hidráulica	Mega	PRB-30	STD	AT	DIS	DIS-PM-STD-AT-MEC-PH DIS-PM-STD-AT-HID-PH
<b>3</b>	Recolector de aceites	Torin big red	TRG2090	STD	AT	DIS	DIS-PM-STD-AT-MEC-RA
<b>4</b>	Compresor de aire	Total Racing	AB300	STD	AT	DIS	DIS-PM-STD-AT-MEC-CA DIS-PM-STD-AT-ELEC-CA
<b>5</b>	Grúa para	Torin big	T32002A	STD	AT	DIS	DIS-PM-STD-

	motores	red					AT-MEC-GM DIS-PM-STD- AT-HID-GM
<b>6</b>	Grúa para transmisión	Ahprofi	TE05001	STD	AT	DIS	DIS-PM-STD- AT-MEC-GT DIS-PM-STD- AT-HID-GT

*Nota: la tabla presenta la taxonomía aplicada en Solo-Toyota La Dorada. Fuente (Autores, 2021)*

### 6.3.6 Criticidad de activos

Para implementar este análisis se escogieron todos los equipos del área de taller, además se toma en cuenta el contexto operativo, es decir las condiciones reales del proceso bajo las cuales opera el equipo, luego se indaga con el personal técnico cuales son los equipos que presentan con más frecuencia fallas, puesto que ellos son quienes los operan diariamente, adicional están al tanto de cuando sucede la falla y como esto afecta la producción. Esto con el fin determinar el nivel de criticidad. Así pues, se analizaron diferentes criterios para complementar la criticidad de los activos, tales como: seguridad, ambiente, producción, costos (operacionales y de mantenimiento), tiempo promedio para reparar, frecuencia de falla. Mediante la tabla 7, se observan, la ponderación de dichos criterios y posteriormente la tabla 8 muestra aquellos equipos que tienen categoría roja esto los identifica como los más críticos de la empresa y se buscará las estrategias para luego incluirlos en el plan de mantenimiento. Cabe mencionar que también, existen categorías de color amarillo, lo cual significa que son activos semicríticos y se le debe dar importancia para mejorar su disponibilidad en la empresa. Por último, los equipos con rango de color verde son equipos sencillos que trabajan eficientemente.

**Tabla 8***Factores a evaluar*

<b>Factor de frecuencia (FF)</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Frecuente, más de 3 eventos al año	5
Probable, 1 a 3 eventos al año	4
Posible, 1 evento en 2 años	3
Improbable, 1 evento en 3 años	2
Sumamente improbable, menos de un evento en 3 años	1
<b>Factores de consecuencias</b>	
<b>Impacto operacional (IO)</b>	<b>Valor</b>
Perdidas mayores 75% mes	5
Perdidas 50% a 74% mes	4
Perdidas 25% a 49% mes	3
Perdidas 10% a 24% mes	2
Perdidas inferiores 10% mes	1
<b>Factor flexibilidad operacional (FO)</b>	<b>Valor</b>
No existe stock, tiempos reparación altos	5
No existe stock, tiempos reparación moderado	4
No existe stock, Tiempo de reparación sencillo	3
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	1
<b>Costos de mantenimiento (CM)</b>	<b>Valor</b>
Costos materiales superior 1000 USD	5
Costos materiales superior 500- 1000 USD	4
Costos materiales superior 300-500 USD	3
Costos materiales superior 100-300USD	2
Costos materiales inferior 100 USD	1
<b>Impacto medio ambiente (IMA)</b>	<b>Valor</b>
Daños irreversibles en el ambiente	5
Daños severos al ambiente	4
Daños medios al ambiente	3
Daños mínimos al ambiente	2
Sin daño ambiental	1
<b>Impacto seguridad (IS)</b>	<b>Valor</b>
Muerte o incapacidad	5
Incapacidad parcial o permanente	4

Daños o enfermedades severas	3
Daños leves en personas	2
Sin impacto en la seguridad	1

*Nota: la tabla presenta los factores que se tienen en cuenta para la propuesta de mantenimiento; Fuente (Autores, 2021)*

**Tabla 9**

*Matriz de criticidad de los equipos del área del taller*

Equipo	FF	IO	FO	CM	IMA	IS	CO	CT
<b>Elevador de 2 columnas Ravaglioli</b>	3	5	5	5	2	5	22	66
<b>Prensa Hidráulica de taller Mega</b>	2	1	3	4	2	4	14	28
<b>Recolector de aceites</b>	2	1	3	1	5	4	14	28
<b>Compresor de aire</b>	2	1	4	3	3	4	15	30
<b>Grúa para motores</b>	2	2	3	2	3	5	15	30
<b>Grúa para transmisión</b>	2	2	3	2	3	5	15	30
Criticidad								
<b>1</b>	Alta	$50 \leq CT \leq 125$						
<b>3</b>	Media	$30 \leq CT \leq 49$						
<b>4</b>	Baja	$5 \leq CT \leq 29$						

*Nota: la tabla muestra la matriz de criticidad realizada a los activos de taller de la empresa Distoyota SAS; Fuente (Autores, 2021).*

### 6.3.7 Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMEF)

Con la realización del AMEF, se pretende detectar fallas, causas y consecuencias a fin de implementar acciones y evitar indisponibilidad de los activos.

**Tabla 10**

*Análisis de modos de falla y efectos para Solo-Toyota La Dorada*

Subsistema	Componente	Función principal	Fallas del sistema	Causa de falla	Consecuencia falla
<b>Elevador de 2 columnas</b>	Columna de mando	Elevación de Autos	Desgaste en anillos en las cajas angulares, aflojamiento de tornillos, correas en mal estado	Fallas por desgaste de material, falla por mantenimiento	Funcional

				preventivo	
	Columna opuesta	Elevación de Autos	Desgaste en anillos en las cajas angulares, aflojamiento de tornillos, correas en mal estado	Fallas por desgaste de material, falla por mantenimiento preventivo	Funcional
	Motor eléctrico	Mueve el tornillo sin fin mediante las correas	Rodamientos en mal estado, pérdida de aislamiento, falla por aspas de refrigeración	Fallas por desgaste de material	Funcional
	Caja de mando	Comanda los estados de subida, bajada y apagado	Interruptor de tres posiciones malo, Fusible quemado, transformador quemado, sensores de posicionamiento malos.	Fallas por desgaste de material	Funcional
	Carros	soporte móvil de la columna	Desgaste de tuerca acoplamiento tornillo sin fin	Fallas por desgaste de material	Funcional
	Brazo corto	soportar el automóvil	Cauchos de anclaje, tornillos de sujeción, desgaste en las juntas de acoplamiento.	Fallas por desgaste de material	Funcional
	Brazo largo	soportar el automóvil	Cauchos de anclaje, tornillos de sujeción, desgaste en las juntas de acoplamiento.	Fallas por desgaste de material	Funcional
<b>Prensa Hidráulica</b>	Pistón	Se extiende para aplicar grandes fuerzas	Camisa del cilindro desgastada, pistón rayado.	Fallas por desgaste de material, falla por mantenimiento preventivo	Funcional
	Bomba manual hidráulica	Suministra presión hidráulica para mover el pistón	Desgaste de empaques y orings, válvula de sobrepresión mala, Mangueras con fuga.	Fallas por desgaste de material	Funcional
<b>Recolector de</b>	Deposito principal	Almacena aceite	Falla del nivel de aceite, válvula de drenaje mala.	Fallas por desgaste de	Funcional

<b>aceité</b>				material	
	Depósito de acrílico	Recolecta aceite mediante succión al vacío	Falla válvula de succión, falla en el indicador de presión, sello del vaso en mal estado, válvula reguladora de presión mala,	Fallas por desgaste de material	Funcional
<b>Compresor de aire</b>	Motor eléctrico	Proporciona movimiento al grupo de transmisión	Rodamientos en mal estado, pérdida de aislamiento, falla por aspas de refrigeración	Fallas por desgaste de material	Funcional
	Grupo de compresión	Comprime el aire	Válvula de regulación mala, Válvula de sobrepresión mala, Purgador malo, Manómetro de presión malo, Válvula de antirretorno mala, desgaste del cilindro, desgaste del pistón, desgaste de la biela, desgaste del cigüeñal	Fallas por desgaste de material, falla por mantenimiento preventivo o	Funcional
	Grupo de transmisión	Proporciona movimiento al grupo de compresión	Desgaste en las pistas de las poleas, desgaste en las correas	Fallas por desgaste de material	Funcional
	Caja de mando	Comanda el encendido y el apagado	Falla en el interruptor, falla del presostato	Fallas por desgaste de material	Funcional
<b>Grúa para motores</b>	Bomba manual hidráulica	Suministra presión hidráulica para mover el pistón	Desgaste de empaques y orings, válvula de sobrepresión mala, Mangueras con fuga.	Fallas por desgaste de material	Funcional
	Pistón	Se extiende para elevar el brazo articulado	camisa del cilindro desgastada	Fallas por desgaste de material	Funcional
	Brazo articulado	Soporta las grandes cargas	Ruptura en los puntos de anclaje, ruptura de los pasadores.	Fallas por desgaste de material	Funcional
<b>Grúa para transmisión</b>	Bomba manual hidráulica	Suministra presión hidráulica para mover el pistón	Desgaste de empaques y orings, válvula de sobrepresión mala, Mangueras con fuga.	Fallas por desgaste de material	Funcional
	Pistón	Se extiende para elevar el brazo articulado	camisa del pistón y cilindro desgastada	Fallas por desgaste de	Funcional



			material, falta por mantenim iento preventiv o	
Brazo articulado	Soporta las grandes cargas	Ruptura en los puntos de anclaje, ruptura de los pasadores.	Fallas por desgaste de material	Funcional

*Nota: la tabla muestra el Análisis de modos de falla y efectos para Solo-Toyota La Dorada. Fuente (Autores, 2021).*

### **6.3.8 Plan de Mantenimiento Preventivo**

La propuesta a implementar en el taller del concesionario Solo -Toyota La Dorada, se basa en el mantenimiento preventivo, qué significa que todas las acciones están dirigidas a mantener los equipos del taller en buenas condiciones de operación, para prevenir fallas y si éstas ocurren, que sus consecuencias sean lo menos posibles traumáticas, tanto para la seguridad como para la producción.

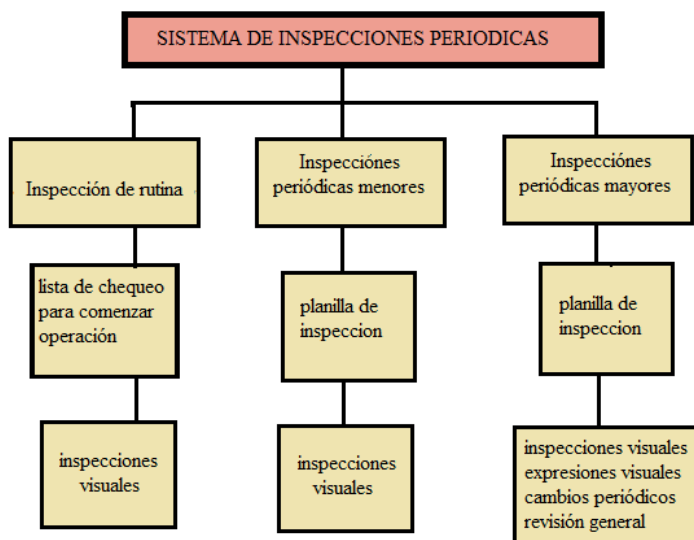
Nuestro objetivo con el Plan de Mantenimiento Preventivo, es garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos del taller de una manera eficiente y segura, para así lograr el cumplimiento de las políticas de calidad establecidas por la empresa.

Asimismo, se busca incrementar la vida útil de los equipos del taller y reducir los costos de mantenimiento por mano de obra y material.

### **6.3.9 Inspecciones Periódicas Programadas**

El propósito principal de las inspecciones, es obtener información útil acerca del estado del equipo. Esta información es utilizada para predecir fallas y planear acciones de mantenimiento dependiendo del estado del equipo.

**Figura 13**  
*Sistema de inspecciones periódicas*



*Nota: la figura muestra el esquema del sistema de inspecciones periódicas para el mantenimiento. Fuente (Autores, 2021).*

**Inspección de rutina:** incluyen actividades de detección de falla, lubricación, ajuste y aseo del equipo.

**Inspecciones periódicas menores:** por su mayor importancia en frecuencia y cantidad de ítems diferentes, se realizan en forma periódica con el objetivo de una detección temprana del comienzo de anomalías o futuras fallas técnicas.

**Inspecciones periódicas mayores:** cuando los límites de vida son de valores elevados o abarcan periodos relativamente demorados, generalmente son elementos estructurales subconjuntos y zonas de características especiales.

### 6.3.10 Sistema de información del programa de mantenimiento preventivo

El sistema de información ayuda a controlar las actividades e intervalos hechos a los equipos como también los repuestos empleados y sus costos, saber si el personal es el adecuado, si los costos por mano de obra se justifican y si están bien controlados.

Los formatos que se van a manejar son los siguientes:

**Figura 14**

*Formato de Inventario de máquinas y equipos*

Inventario de máquinas y equipos																
Número	Nombre del equipo	Fabricante	Modelo	Serie	Año de fabricación	Documentación técnica						Ficha de mantenimiento				
						MF	MO	P	FT	C	LR	MA	MM	ME	CL	HM
1																
2																
3																
4																
5																
6																

MF = Manual fabricante

MO = Manual de

operación

P = Planos

FT = Ficha técnica

C = Catálogos

LR = Lista de repuestos

MA = Mantenimiento

autónomo

MM = Mantenimiento

mecánico

ME = Mantenimiento

eléctrico

CT = Carta de

lubricación

HM = Historia máquina y

equipos

*Nota: la figura representa el formato que se llevara para el inventario de máquinas y equipos.*

*Fuente (Autores,2021)*

**Figura 15**  
*Formato de ficha técnica*

ficha técnica del equipo							
Número de equipo							
Nombre del equipo							
Modelo				Serie			
Fabricante				Año de fabricación			
Peso total		Dimensiones		x(largo)		y (ancho)	
						z(alto)	
Trabajo							
Crítico		Turno		Esporádico		Intermitente	
Sistema							
Eléctrico		Voltaje (V)		Corriente (A)		Frecuencia (Hz)	
Hidráulico							
Refrigeración		Tipo					
Lubricación							
Neumático							
Características técnicas							
Motores eléctricos							
Número	Función	KW	VOLT	AMP	Hz	RPM	Marca/Modelo
Foto del equipo							

*Nota: la figura representa el formato que se llevara para la ficha técnica. Fuente (Autores,2021)*

**Figura 16***Formato de carta de lubricación*

Carta de lubricación						
Equipo	Fabricante		Modelo	Número		
Clase de actividad	RN = revisar nivel y completar		RF = revisar flujo		AA = Aplicar aceite	
	AG = aplicar grasa		CA = Cambio de aceite			
Frecuencia de lubricación	Mecanismos/parte a lubricar	Tipo de lubricación	Actividad	Tiempo	Lubricante	
					Tipo	Cantidad

Nota: la figura representa el formato que se llevara para carta de lubricación. Fuente (Autores,2021)

**Figura 17***Formato para el control de lubricación*

Control de lubricación							
Equipo		Fabricante		Modelo		Número	
Fecha de cambio	Mecanismo/Parte	Horas de operación	Frecuencia de lubricación	Tipo de lubricante	Cantidad	Fecha próximo cambio	Responsable

Nota: la figura representa el formato que se llevara para el control de lubricación. Fuente (Autores, 2021)

### **6.3.11 Propuesta de mantenimiento preventivo de los activos en el área de taller Solo - Toyota**

#### **6.3.11.1 Mantenimiento preventivo para el Elevador de 2 columnas Ravaglioli**

El mantenimiento preventivo especificado para el elevador de dos columnas se establece según las indicaciones del manual de funcionamiento y mantenimiento del fabricante al igual que la ficha técnica.

Figura 18

## Mantenimiento preventivo elevador de dos columnas

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				SOLQ- TOYOTA LA DORADA				
DATOS GENERALES DEL EQUIPO				FECHA				
NOMBRE	Elevador de dos culmnas			D	M	A		
MARCA				VERSION	1			
MODELO				CODIGO				
OBJETIVO: mantener las partes mecánicas, electrónicas, hidráulicas en las mejores condiciones de acuerdo a sus especificaciones técnicas según el manual de servicio, para así asegurar un desempeño operativo y analítico adecuado, con el fin de que el activo presente el mínimo de fallas y acciones correctivas.								
METODOLOGIA: Realizar todas las actividades de inspección y limpieza, ajuste, lubricación, que se indica en la propuesta de mantenimiento preventivo. Revisar meticulosamente cada parte del equipo, ejecutando las reparaciones que se requieran, por consiguiente dejar las observaciones para mejorar y reducir los fallos y consecuencias que implican.								
ACTIVIDADES A REALIZAR								
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD		FRECUENCIA				MEDIDAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD		
#	LIMPIEZA E INSPECCIÓN	semanal	mensual	semestral	anual			
1	Limpieza general	*	*	*	*	EPP	SI/NO	
2	Revisar funcionamiento del control de mandos	*	*	*	*	CASCO		
3	Revisar fugas de aceite		*	*	*	GUANTES		
4	verificar que no existan ruidos anormales		*	*	*	OVEROL		
5	verificar puntos de elevacion			*	*	BOTAS DIELECTRICAS		
6	Revisar estado de correas			*	*	TAPABOCAS		
7	Revisar fusibles y cableado electrico			*	*	GAFAS		
8								
9								
#	AJUSTE					ANTES DE EFECTUAR CUALQUIER ACTIVIDAD DE MANTENIMIETO APAGUE Y DESCONECTE LA MAQUINA Y ROTULE EL INTERRUPTOR CON TARJETA DE " NO OPERAR"		
1	Ajustar tornillos y tuercas de sujeción		*	*	*			
2	Ajuste correar			*	*			
3	Calibrar quaya de nivelacion			*	*			
4	Ajustar brazos de elevacion			*	*			
5	reemplazar correas				*			
#	LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICANTE						
1	Lubricar rodamientos			*	*			
2	Lubricar tornillo sin fin			*	*			
3	Lubricar pistas de desplazamiento			*	*	HORA DE INICIO		
4						HORA DE FINALIZACION		
MATERIALES			ACTIVIDADES REALIZADAS					
			TECNICO					
observaciones			JEFE DE TALLER					

Nota: la figura representa el mantenimiento preventivo del elevador de dos columnas. Fuente (Autores,

2021)

## **Instrucciones de mantenimiento**

**Mantenimiento semanal:** Mantenga limpios los componentes de la plataforma, los pernos apretados, cuando se produzca una fuga de aceite o se produzca una avería eléctrica, póngase en contacto con el jefe mantenimiento. Compruebe que los cables y las poleas no presentan signos de desgaste si es necesario, sustituya las piezas desgastadas por piezas originales.

Inspeccione los adaptadores y compruebe que no presentan deterioros ni signos de desgaste excesivo si es necesario, sustituya las piezas desgastadas por piezas originales.

### **Mantenimiento mensual:**

Compruebe la tensión del cable del ecualizador y ajuste si es necesario siguiendo las instrucciones de instalación de la plataforma elevadora, lubrique los ejes del cerrojo de cierre y presione la palanca de enganche varias veces para que el aceite penetre en los puntos de giro.

### **Mantenimiento semestral:**

Compruebe que los pernos de anclaje están bien apretados. Los anclajes deben tener un par de apriete de 65 ft/lbs, inspeccionar el tablero de control.

Inspeccionar la estructura física del elevador de 2 columnas y si es necesario corregir y pintar

### **Mantenimiento anual:**

Compruebe el nivel de líquido de la unidad de potencia y, en caso necesario, cambiar o completar siguiendo siempre las instrucciones de instalación de la plataforma elevador.

## **6.3.11.2 Mantenimiento preventivo para el compresor de aire**

Las partes clave a revisar en un compresor son los filtros, aceites, correas y rodamientos. Si estos se encuentran sucios o en mal estado pueden ocasionar problemas a tu sistema de aire comprimido.



**Figura 19**  
*Mantenimiento preventivo para el compresor de aire*

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				SOLO - TOYOTA LA DORADA			
DATOS GENERALES DEL EQUIPO				FECHA			
NOMBRE DEL EQ	Compresor de aire			D	M	A	
MARCA	TOTAL RACING			VERSION	1		
MODELO	AB300			CODIGO			
<p>OBJETIVO: mantener las partes mecánicas, electrónicas, hidráulicas en las mejores condiciones de acuerdo a sus especificaciones técnicas según el manual de servicio, para así asegurar un desempeño operativo y analítico adecuado, con el fin de que el activo presente el mínimo de fallas y acciones correctivas.</p> <p>METODOLOGIA: Realizar todas las actividades de inspección y limpieza, ajuste, lubricación, que se indica en la propuesta de mantenimiento preventivo. Revisar meticulosamente cada parte del equipo, ejecutando las reparaciones que se requieran, por consiguiente dejar las</p>							
ACTIVIDADES A REALIZAR							
DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD		FRECUENCIA				MEDIDAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD	
#	LIMPIEZA E INSPECCION	semanal	mensual	semestral	anual		
1	Verificar el nivel de lubricante para comprobar que no caiga por debajo del rango medio del indicador	×	×	×	×	EPP	SI/NO
2	Inspeccione visualmente el compresor y verifique que las protecciones estén en su lugar	×	×	×	×	CASCO	
3	Compruebe si hay fugas	×	×	×	×	GUANTES	
4	Verificar las valvulas de alivio de presion		×	×	×	OVEROL	
5	Limpiar filtros de entrada de aire		×	×	×	BOTAS DIELECTRICAS	
6	Inspeccionar tension de la correa		×	×	×	TAPABOCAS	
7	Limpiar estado general	×	×	×	×	GAFAS	
8							
9							
#	AJUSTE					<p>ANTES DE EFECTUAR CUALQUIER ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO APAGUE Y DESCONECTE LA MAQUINA Y ROTULE EL INTERRUPTOR CON TARJETA DE "NO OPERAR"</p>	
1	Desmontar cubierta y verificar la correcta sujeción de elementos interiores.			×	×		
2	Inspecciones el filtro del lubricante y cambie el filtro de aceite si es necesario			×	×		
3	Ajustar tuerca, tonillos y carcaza del compresor			×	×		
4	Cambiar separador de aire				×		
5	probar lavalvula de alivio de presion para verificar qu funcione correctamente				×		
6	Revisión general del motor eléctrico				×		
7	Cambiar filtros de aire				×		
#	LUBRICACION	TIPO DE LUBRICANTE					
1	Cambiar lubricante				×		
2	Lubricar motores				×		
3							
4							
MATERIALES				ACTIVIDADES REALIZADAS			
				TECNICO			
observaciones				JEFE DE TALLER			

*Nota: la figura representa el mantenimiento preventivo del compresor de aire. Fuente (Autores, 2021)*

## **Instrucciones de mantenimiento**

### **Mantenimiento semanal**

Instalar el compresor sobre suelo plano, donde no existan vibraciones. Dejar medio metro de distancia alrededor del motor y del compresor para que se dé una buena refrigeración, quitar el polvo periódicamente de las aletas de refrigeración, Limpiar todos los equipos tras su uso.

### **Mantenimiento mensual**

Es recomendable que después de cada 150 horas de trabajo del compresor de aire se realice el cambio del aceite para que éste preserve sus características lubricantes que le permitan al motor funcionar con adecuada potencia.

Purga de aire del calderín. Para evitar que se den impactos o explosiones a causa de la condensación de aire en el calderín, es idóneo hacer una purga periódicamente para que todo el aire salga.

Controlar que las válvulas de seguridad funcionan bien.

Mantener el filtro de admisión de aire limpio.

### **Mantenimiento semestral**

Lo idóneo sería sacar el filtro con cada uso para mantenerlo y alargar su vida útil. No obstante, si no fuera posible, tras unos 50 usos debería sustituirse el filtro de aire por uno nuevo.

El nivel de aceite es algo importante a tener en cuenta en el funcionamiento de todos los compresores. Cuando se trata de maquinaria nueva, tras las primeras 5 horas de funcionamiento se debería purgar todo el aceite y reemplazarlo totalmente. Además, después de 150 horas de trabajo es necesario que se realice este mismo proceso de cambio de aceite.

### **Mantenimiento anual**

Seguir las instrucciones del fabricante en lo referido al cambio de correas y mantenimiento del motor.

### 6.3.11.3 Mantenimiento preventivo para la prensa hidráulica

**Figura 20**

*Mantenimiento preventivo para la prensa hidráulica*

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					SOLO - TOYOTA LA DORADA		
DATOS GENERALES DEL EQUIPO					FECHA		
NOMBRE DEL EQUIPO	prensa hidráulica		D	M	A		
MARCA	Mega	VERSION					1
MODELO	PRB-30	CODIGO					
<p>OBJETIVO: mantener las partes mecánicas, electrónicas, hidráulicas en las mejores condiciones de acuerdo a sus especificaciones técnicas según el manual de servicio, para así asegurar un desempeño operativo y analítico adecuado, con el fin de que el activo presente el mínimo de fallas y acciones correctivas.</p> <p>METODOLOGIA: Realizar todas las actividades de inspección y limpieza, ajuste, lubricación, que se indica en la propuesta de mantenimiento preventivo. Revisar meticulosamente cada parte del equipo, ejecutando las reparaciones que se requieran, por consiguiente dejar las observaciones para mejorar y reducir los fallos y consecuencias que implican.</p>							
ACTIVIDADES A REALIZAR							
#	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	FRECUENCIA				MEDIDAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD	
	LIMPIEZA E INSPECCION	semanal	mensual	semestral	anual	EPP	SI / NO
1	Limpieza de las partes sucias	X	X	X	X		
2	Revisar fugas de aceite	X	X	X	X	CASCO	
3	Verificar nivel de aceite		X	X	X	GUANTES	
4	Revisar nivel de aceite		X	X	X	OVEROL	
5	Verificar ruidos o vibraciones o alguna anomalía en prensa hidráulica		X	X	X	BOTAS DIELECTRICAS	
6	Comprobar el estado del aceite hidráulico		X	X	X	TAPABOCAS	
7	Inspeccion piston de presión		X	X	X	GAFAS	
8	Inspeccion de vulvulas				X		
9	Inspeccion latiguillo manguera hidráulica				X		
10	Inspeccion palancas de accionamiento				X		
#	AJUSTE RACORES Y MANGUERAS HIDRAULICOS						
1	Ajustar tuercas y tornillos de sujecion		X	X	X		
2	Ajuste racores y mangueras hidráulicos		X	X	X		
3	Comprobar el estado de la bomba hidráulica				X		
4							
5							
#	LUBRICACION	TIPO DE LUBRICANTE					
1	Engrasar piston movil			X	X		
2	cambio de aceite				X		
3							
4							
MATERIALES		ACTIVIDADES REALIZADAS					
observaciones		TECNICO					
		JEFE DE TALLER					

*Nota: la figura representa el mantenimiento preventivo para la prensa hidráulica. Fuente (Autores,*

*2021)*

## Instrucciones de mantenimiento

### Mantenimiento semanal

Revisar niveles adecuados de aceite, y de faltarle para su nivel, agregarlo.

Verificar que no haya fugas de aceite, para lo cual se deberá de revisar todas las líneas hidráulicas, ajustar acoplamientos flojos, y limpiar aceite derramado.

Revisar que no haya pernos sueltos, ya que pueden provocar impactos o vibraciones indeseadas.

Realizar actividades de limpieza regulares, quitando excesos de polvo, partículas y basura.

### **Mantenimiento mensual**

Es necesario que se cerciore de que sus equipos no tengan fugas. Esto, además de hacerse de forma visual, también puede ser corroborado con el tiempo en que la prensa alcanza la presión necesaria, ya que no debe exceder los 2 segundos.

Por otro lado, si usted detecta problemas de presión, estos pueden estar relacionados con las bombas o las válvulas, por lo que también es recomendable revisar que no haya elementos que las estén obstruyendo.

### **Mantenimiento semestral**

Recomendamos que siempre revise el estado del cableado, así como el de las conexiones, las cuales siempre deberán estar bien ajustadas. Así mismo, no deje cables sueltos, y elimine el exceso de polvo o escombros para evitar un mal funcionamiento.

### **Mantenimiento anual**

Muestrear el aceite 1 o 2 veces al año, en este muestreo usted podrá observar el nivel de lubricidad, los tamaños de las partículas y el contenido de agua en el aceite, con lo cual usted estará en la posibilidad de determinar si es necesario cambiarlo o agregarle algún aditivo.

Verificar la lubricación de los bujes, ya que algunos de sus accesorios requieren de una capa de lubricación, aunque esta debe ser en pequeñas cantidades y evitando el engrase excesivo.

### 6.3.11.4 Mantenimiento preventivo del recolector de aceite

**Figura 21**

*Mantenimiento preventivo del recolector de aceites*

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						SOLO- TOYOTA LA DORADA			
DATOS GENERALES DEL EQUIPO						FECHA			
NOMBRE DEL EQUIPO	Recolector de aceites					D	M	A	
MARCA	Torin big red					VERSION	1		
MODELO	TRG2090					CODIGO			
OBJETIVO: mantener las partes mecánicas, electrónicas, hidráulicas en las mejores condiciones de acuerdo a sus especificaciones técnicas según el manual de servicio, para así asegurar un desempeño operativo y analítico adecuado, con el fin de que el activo presente el mínimo de fallas y acciones correctivas.									
METODOLOGIA: Realizar todas las actividades de inspección y limpieza, ajuste, lubricación, que se indica en la propuesta de mantenimiento preventivo. Revisar meticulosamente cada parte del equipo, ejecutando las reparaciones que se requieran, por consiguiente dejar las observaciones para mejorar y reducir los fallos y consecuencias que implican.									
ACTIVIDADES A REALIZAR									
DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD				FRECUENCIA				MEDIDAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD	
#	LIMPIEZA GENERAL			semanal	mensual	semestral	anual	EPP	SI/NO
1	Limpieza general			*	*	*	*		
2	Revisar bandeja recolectora			*	*	*	*	CASCO	
3	Inspeccion mangueras y acoples			*	*	*	*	GUANTES	
4	Revisar válvulas de seguridad y de descarque				*	*	*	OVEROL	
5	Revisar que el deposito no tenga abolladuras				*	*	*	BOTAS DIELECTRICAS	
6	Revisar ruedas					*	*	TAPABOCAS	
7	Drenar residuos						*	GAFAS	
8									
9									
#	AJUSTE							ANTES DE EFECTUAR CUALQUIER ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO APAGUE Y DESCONECTE LA MAQUINA Y ROTULE EL INTERRUPTOR CON TARJETA DE "NO OPERAR"	
1	Ajustar ruedas					*	*		
2	Ajustar acoples y mangueras				*	*	*		
3	Ajustar bandeja recolectora				*	*	*		
4									
6									
#	LUBRICACION		TIPO DE LUBRICANTE						
1	Lubricar partes móviles					*	*	*	
2	Lubricar ruedas					*	*	*	
3									
4									
								HORA DE INICIO	
								HORA DE FINALIZACION	
MATERIALES				ACTIVIDADES REALIZADAS					
				TECNICO					
observaciones				JEFE DE TALLER					

*Nota: la figura representa el mantenimiento preventivo para la prensa hidráulica. Fuente (Autores,*

2021)

**Instrucciones de mantenimiento****Mantenimiento semanal**

Realizar actividades de limpieza regulares, quitando excesos de polvo, partículas y basura.

Observar que la bandeja recolectora este limpia

**Mantenimiento semestral**

Revisar que las válvulas se encuentren en buen estado y no haya fugas en caso de cambio realizarlo de acuerdo al manual del equipo.

Revisar el depósito de aceite, para verificar que este lleno, drenarlo a la caneca de reciclaje como indican las instrucciones del equipo.

Revisar que las llantas del equipo estén en buen estado y lubricadas.

### 6.3.11.5 Mantenimiento preventivo de la grúa para motor

**Figura 22**

*Mantenimiento preventivo de la grúa para motores*

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				SOLO - TOYOTA LA DORADA			
DATOS GENERALES DEL EQUIPO				FECHA			
NOMBRE DE	Grúa para motores			D	M	A	
MARCA				VERSION	1		
MODELO				CODIGO			
OBJETIVO: mantener las partes mecánicas, electrónicas, hidráulicas en las mejores condiciones de acuerdo a sus especificaciones técnicas según el manual de servicio, para así asegurar un desempeño operativo y analítico adecuado, con el fin de que el activo presente el mínimo de fallas y acciones correctivas.							
METODOLOGIA: Realizar todas las actividades de inspección y limpieza, ajuste, lubricación, que se indica en la propuesta de mantenimiento preventivo. Revisar meticulosamente cada parte del equipo, ejecutando las reparaciones que se requieran, por consiguiente dejar las observaciones para mejorar y reducir los fallos y consecuencias que implican.							
ACTIVIDADES A REALIZAR							
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD		FRECUENCIA				MEDIDAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD	
#	LIMPIEZA E INSPECCIÓN	semanal	mensual	semestral	anual		
1	Limpieza general	*	*	*	*	EPP	SI/NO
2	verificar que no tenga ningún golpe en la estructura	*	*	*	*	CASCO	
3	Revisar posibles fugas de aceite		*	*	*	GUANTES	
4	verificar movimiento del brazo horizontal y vertical		*	*	*	OVEROL	
5	verificar agarre del gancho			*	*	BOTAS DIELECTRICAS	
6	Revisar estado del brazo extensible y cilindro hidráulico			*	*	TAPABOCAS	
7						GAFAS	
8							
9							
#	AJUSTE				ANTES DE EFECTUAR CUALQUIER ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO APAGUE Y DESCONECTE LA MAQUINA Y ROTULE EL INTERRUPTOR CON TARJETA DE " NO OPERAR"		
1	Ajustar tornillos y tuercas de sujeción						
2	Ajuste ruedas						
3							
4							
5							
6							
#	LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICANTE					
1	lubricar bomba hidráulica			*	*		
2	Lubricar rodamientos			*	*		
3	Lubricacion ruedaas			*	*	HORA DE INICIO	
4						HORA DE FINALIZACION	
MATERIALES				ACTIVIDADES REALIZADAS			
				TECNICO			
observaciones				JEFE DE TALLER			

*Nota: la figura representa el mantenimiento preventivo de la grúa para motores. Fuente*

*(Autores,2021)*

## **Instrucciones de mantenimiento**

### **Mantenimiento semanal.**

Realizar actividades de limpieza regulares, quitando excesos de polvo, partículas y basura

Revisar que la estructura de la grúa se encuentre en buen estado.

Lubricar de manera periódica las partes móviles para evitar desgaste de piezas que originen una falla en todo el equipo.

### **Mantenimiento mensual**

El análisis de los aceites es muy importante, ya que la presencia de ciertas partículas contaminantes en el aceite, permite deducir el desgaste de piezas y, por lo tanto, anticiparse a la avería definitiva. Así, por ejemplo, la presencia de partículas metálicas nos puede hacer comprobar el estado de bombas hidráulicas y motores, o la presencia de sílice nos llevará a revisar el estado de los filtros de aire.

### **Mantenimiento semestral:**

Se debe realizar una inspección a las mangueras y observar posibles desgastes, si es necesario reparar o cambiar.



### 6.3.11.6 Mantenimiento preventivo de la grúa para transmisión

**Figura 23**

*Mantenimiento preventivo de la grúa para transmisión*

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				SOLO - TOYOTA LA DORADA				
DATOS GENERALES DEL EQUIPO				FECHA				
NOMBRE DE	Grúa para transmisiones			D	M	A		
MARCA				VERSION	1			
MODELO				CODIGO				
<p>OBJETIVO: mantener las partes mecánicas, electrónicas, hidráulicas en las mejores condiciones de acuerdo a sus especificaciones técnicas según el manual de servicio, para así asegurar un desempeño operativo y analítico adecuado, con el fin de que el activo presente el mínimo de fallas y acciones correctivas.</p> <p>METODOLOGIA: Realizar todas las actividades de inspección y limpieza, ajuste, lubricación, que se indica en la propuesta de mantenimiento preventivo. Revisar meticulosamente cada parte del equipo, ejecutando las reparaciones que se requieran, por consiguiente dejar las observaciones para mejorar y reducir los fallos y consecuencias que implican.</p>								
ACTIVIDADES A REALIZAR								
#	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FRECUENCIA				MEDIDAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD		
		semanal	mensual	semestral	anual			
1	Limpieza general	*	*	*	*	EPP	SI/NO	
2	verificar que no tenga ningún golpe en la estructura	*	*	*	*	CASCO		
3	Revisar posibles fugas de aceite		*	*	*	GUANTES		
4	verificar movimiento del brazo horizontal y vertical		*	*	*	OVEROL		
5	verificar agarre del gancho			*	*	BOTAS DIELECTRICAS		
6	Revisar estado del brazo extensible y cilindro hidráulico			*	*	TAPABOCAS		
7						GAFAS		
8								
9								
#	AJUSTE							
1	Ajustar tornillos y tuercas de sujeción		*	*	*	ANTES DE EFECTUAR CUALQUIER ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO APAGUE Y DESCONECTE LA MAQUINA Y ROTULE EL INTERRUPTOR CON TARJETA DE " NO OPERAR"		
2	Ajuste ruedas			*	*			
3								
4								
5								
6								
#	LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICANTE						
1	lubricar bomba hidráulica				*	*		
2	Lubricar rodamientos				*	*		
3	Lubricacion ruedaas				*	*	HORA DE INICIO	
4							HORA DE FINALIZACION	
MATERIALES			ACTIVIDADES REALIZADAS					
			TECNICO					
observaciones			JEFE DE TALLER					

*Nota: la figura representa el mantenimiento preventivo de la grúa para transmisión. Fuente (Autores,*

## **Instrucciones de mantenimiento**

### **Mantenimiento semanal.**

Realizar actividades de limpieza regulares, quitando excesos de polvo, partículas y basura

Revisar que la estructura de la grúa se encuentre en buen estado.

Lubricar de manera periódica las partes móviles para evitar desgaste de piezas que originen una falla en todo el equipo.

### **Mantenimiento mensual**

El análisis de los aceites es muy importante ya que la presencia de ciertas partículas contaminantes en el aceite, permite deducir el desgaste de piezas y, por lo tanto, anticiparse a la avería definitiva. Así, por ejemplo, la presencia de partículas metálicas nos puede hacer comprobar el estado de bombas hidráulicas y motores, o la presencia de sílice nos llevará a revisar el estado de los filtros de aire.

### **Mantenimiento semestral:**

Se debe realizar una inspección a las mangueras y observar posibles desgastes, si es necesario reparar o cambiar.

## **6.4 Indicadores de mantenimiento**

Partiendo de la frase célebre «Lo que no se mide, no se puede mejorar». La cual fue atribuida frecuentemente a Peter Drucker, pero en realidad la frase corresponde a William Thomson Kelvin (Lord Kelvin), físico y matemático británico (1824 – 1907): “Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre”. De lo anterior, podemos concluir que hablar de medición en la industria tiene como objetivo buscar el mejoramiento continuo de las empresas, a partir de esto es difícil por no decir imposible, tomar decisiones correctas sin información relevante y sistematizada.

Según la norma ISO 55000 define un indicador como un conjunto de características de un fenómeno medido, de acuerdo a una formula dada, que evalúa la evolución en el tiempo. Como el objetivo del área de mantenimiento es buscar la generación de valor, es necesario implementar indicadores de desempeño con el fin de medir y monitorear continuamente todas las fases que

intervienen en el proceso del mantenimiento de los activos, lo que permite identificar, cuanto antes, la actividad de bajo rendimiento y poder adoptar cambios e implementar estrategias para poder revertir la situación, y conseguir los objetivos que han sido marcados.

Para este trabajo de investigación se han seleccionados varios indicadores los cuales son los más adecuados para implementar en el área taller de la empresa Solo Toyota, estos indicadores, por el tamaño de la empresa y la forma de recolección de información, son los que se podrán implementar.

La siguiente tabla presenta que indicadores se seleccionaron y su correspondiente método de evaluación.

**Figura 24**  
*Indicadores de mantenimiento*

Descripción	Indicador	Formula
Índices de Disponibilidad	Disponibilidad por Averías	$= \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}}$
	Tiempo Medio entre Mallas	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo inactivo}}{\text{Numero de paradas}}$
	Tiempo Medio de Reparación	$MTR = \frac{\text{Tiempo total del Mantenimiento}}{\text{Numero de reparaciones}}$
Índices de Órdenes de Trabajo (OT)	Número de OT generadas en un periodo determinado	$\text{Total de OT generadas}$
	Número de OT terminadas o cumplidas.	$\text{Proporción de OT Terminadas} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de OT terminadas}}{\text{Total de OT generadas}}$
	Número de Órdenes de trabajo pendientes	$\text{Proporción de OT pendientes} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de OT pendientes}}{\text{Total de OT generadas}}$
Índices de Coste	Costo promedio de hora de mantenimiento	$\text{Costo promedio de H de mtto} = \frac{\text{Costo total de MO de mantenimiento}}{\text{Total de horas de mantenimiento}}$
	Proporción costo de mantenimiento Vs. costo	$\text{costo de mtto Vs. costo total} = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Costo total de la empresa}}$
Índices de Proporción de Tipo de Mantenimiento	Índice de Mantenimiento Programado o Preventivo	$IMP = \frac{\text{Horas dedicadas a Mantenimiento programado}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$
	Índice de Mantenimiento Correctivo	$IMC = \frac{\text{Horas dedicadas a Mantenimiento Correctivo}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$
	Índice de Emergencias	$IME = \frac{\text{Horas de OT prioridad máxima}}{\text{Horas totales de Mantenimiento}}$
Índices de Gestión de Almacenes y Compras	Consumo de Materiales	$\% \text{ consumo materiales en mtto} = \frac{\text{Valor de materiales consumidos para mantenimiento}}{\text{Valor total del material consumido.}}$
	Rotación del Almacén	$\text{Rotación} = \frac{\text{Valor repuesto consumido}}{\text{Valor del stock de repuestos}}$
Índices de Seguridad y Medio Ambiente.	Índice de Frecuencia (IF) de Accidentes	$I.F. = \frac{\text{N}^\circ \text{ de accidentes}}{\text{N}^\circ \text{ horas trabajadas}} \cdot 1.000.000$
	Índice de frecuencia de incidentes ambientales	$I.F.I.A = \frac{\text{N}^\circ \text{ de accidentes ambientales graves}}{\text{N}^\circ \text{ horas trabajadas}} \cdot 1.000.000$
Índices de Formación	Proporción de Horas dedicadas a Formación	$\% \text{ Horas de formación} = \frac{\text{Horas dedicadas a formación}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$

*Nota: la figura representa los indicadores de mantenimiento que utilizaremos para la propuesta planteada.*

*Fuente (Autores,2021)*

## **7 Impactos esperados/generados**

### **7.1 Impactos esperados**

Con la implementación de la propuesta de mejora de la gestión del mantenimiento de los activos en el área de taller para la empresa Solo-Toyota, se logra integrar el área de mantenimiento, en la estructura de la organización, permitiendo una estrategia innovadora para la gestión del mantenimiento con la visión de llegar al nivel de clase mundial, por otro lado, la aplicación de esta propuesta conlleva a incluir los demás concesionarios de Distoyota que tiene sedes en las ciudades de Bogotá, Ibagué, Neiva, Pasto y Bucaramanga.

### **7.2 Impactos alcanzados**

Los impactos alcanzados fueron determinar las condiciones actuales de la empresa, mediante las aplicaciones de la matriz DOFA y la matriz de excelencia de mantenimiento, se realiza un análisis de criticidad de los activos, taxonomía de equipos, AMEF, se propone el nuevo plan de mantenimiento preventivo. El desarrollo de este proyecto beneficia enormemente el crecimiento de la organización.

## **8 Costo de implementación de la propuesta**

La gestión del mantenimiento desde el punto de vista empresarial, da referencia a la productividad, eficiencia y bajo costo, de las actividades relacionadas con el mantenimiento de los activos, con el fin de alcanzar los resultados de la compañía.

Por lo cual, para poder implementar una adecuada Gestión del Mantenimiento, implica destinar recursos para obtener resultados, adicional se debe planificar, programar, ejecutar y supervisar, mediante indicadores las tareas de mantenimiento, en busca del objetivo que se centra

en maximizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, para no verse abocados a interrumpir el proceso productivo.

Por lo tanto, es necesario evaluar la reducción de costos mediante las diferentes estrategias establecidas en el capítulo 6. Se realiza una cotización con diferentes proveedores que brindan servicios de mantenimiento en activos de manera externa. Esto con el fin de llevar a cabo un proceso de comparación, con la propuesta de mantenimiento recomendada.

**Figura 25**  
*Cotización de mantenimiento de proveedores externos*

Descripción de elementos comparados	Cantidad	cotización con proveedores												Precios Mínimos
		INGENIERIA Y SERVICIOS MARIN						GN REPRESENTACIONES			PQ COLOMBIA			
		Marca / Ref	Vr. Unitario	Vr. Total	Marca / Ref	Vr. Unitario	Vr. Total	Marca / Ref	Vr. Unitario	Vr. Total				
Elevador 2 columnas Elevador No. 1 Ravaglioli	1		120	120		210	210		163,8	163,8		163,8	\$ 130.000	
Compresor de Espirales Compresor de espirales	1		130	130		480	480		130	130		130	\$ 130.000	
Compresor de Aire Compresor piston	1		130	130		180	180		163,8	163,8		163,8	\$ 130.000	
Esmeril Esmeril Dewalt DW756	1		70	70		70	70		70	70		70	\$ 70.000	
Bato - 1 Zumbido hidráulico 300 cm3	1		180	180		120	120		120	120		120	\$ 120.000	
Cilindro - Motor/Cilindro Para Descargador Motores MEGA FC 20C 2000	1		180	180		180	180		180	180		180	\$ 180.000	
Presma Hidráulica/Presma Hidráulica Maza 15 TONS KCS 15	1		180	180		120	120		120	120		120	\$ 120.000	
Recogedor de aceite/Recogedor De Aceite	2		110	220		120	240		110	220		110	\$ 220.000	
Valvulina	1		30	30		30	30		30	30		30	\$ 30.000	
TRANSPORTE Y VIATICOS	1		180	180		1.800.000	1.800.000		341,1	341,1		341,1	\$ 350.000	
Subtotal del negocio				\$ 1.440.000,00			\$ 3.870.000,00			\$ 1.782.500,00		\$ 1.450.000,00		
Valor del IVA				\$ 236.000,00			\$ 697.300,00			\$ 334.875,00		\$ 275.500,00		
<b>Total del negocio</b>				<b>\$ 1.736.000,00</b>			<b>\$ 4.567.300,00</b>			<b>\$ 2.097.375,00</b>		<b>\$ 1.725.500,00</b>		
Diferencia en pagos (Fuente a Mínimo)				\$ 150.300,00			\$ 2.641.000,00			\$ 370.875,00		\$ 150.300,00		
Diferencia porcentual (Fuente a Mínimo)				7%			69%			18%		7%		
Descuento Comercial Porcentaje														
Descuento por pronto pago o financiero														
Condiciones de pago/reducción factura														
Tiempo de entrega de productos en días				45 días			45 días			45 días				
Ciudad de entrega de productos				8 días hábiles			8 días hábiles			8 días hábiles				
Garantía de los productos				LA DORADA			LA DORADA			LA DORADA				
Vigencia de los precios				6 meses			6 meses			6 meses				
				30 días			30 días			30 días				

*Nota: la figura representa las cotizaciones de mantenimiento por proveedores externos. Fuente (Autores,2021)*

Tomando como base los datos para el año 2020, se establece los costos del mantenimiento preventivo y correctivo de los activos vs los ingresos de la producción en el área de taller.

**Figura 26**  
*Costos de mantenimientos e ingresos de la producción 2020*

PERIODO EN MESES DEL AÑO 2020	ingreso mensual	cmt		flujo neto
		preventivo	correctivo	
1	\$ 10.500.000	\$ 1.736.000	\$ -	\$ 8.764.000
2	\$ 5.800.000	\$ -	\$ 974.680	\$ 5.800.000
3	\$ 8.500.000	\$ -	\$ -	\$ 8.500.000
4	-	\$ -	\$ -	\$ -
5	\$ 2.900.000	\$ -	\$ -	\$ 2.900.000
6	\$ 7.200.000	\$ -	\$ -	\$ 7.200.000
7	\$ 7.200.000	\$ 1.736.000	\$ -	\$ 5.464.000
8	\$ 8.300.000	\$ -	\$ -	\$ 8.300.000
9	\$ 8.200.000	\$ -	\$ -	\$ 8.200.000
10	\$ 9.200.000	\$ -	\$ -	\$ 9.200.000
11	\$ 8.800.000	\$ -	\$ 1.085.360	\$ 8.800.000
12	\$ 6.500.000	\$ -	\$ 349.900	\$ 6.500.000
<b>TOTALES</b>	\$ 83.100.000,00	\$ 3.472.000,00	\$ 2.409.940,00	\$ 79.628.000,00
<b>promedio anual</b>	\$ 6.925.000	\$ 289.333,33	\$ 200.828,33	

*Nota: la figura representa los costos del mantenimiento preventivo y correctivo de los activos vs los ingresos de la producción en el área de taller. Fuente (Autores, 2021)*

### **Figura 27**

*Costo de mantenimiento correctivo elevador de 2 columnas*

mantenimiento correctivo a los elevadores				
mantenimiento correctivo	Cantidad	INGENIERIA Y SERVICIOS MARIN		
		Marca / Re	Vr. Unitario	Vr. Total
Elevador 2 columnas Elevador No. 1 Ravaglioli cambio correas, cauchos brazos, revision fallas y calibracion del equipo, limpieza y lubricacion	2		120000	240000
sumistro pad de cuachos, par brazos elevadores	8		21000	168000
correas para elevador	12		28000	336000
Subtotal del negocio				\$ 744.000
Valor del IVA		19%		\$ 141.360
TRANSPORTE Y VIATICOS	2	0	60000	\$ 120.000
<b>total del negocio annua</b>				<b>\$ 1.005.360</b>

*Nota: la figura representa el costo del mantenimiento correctivo del elevador de dos columnas. Fuente (Autores, 2021)*

De lo anterior, se concluye que la gestión actual del mantenimiento invierte anualmente la cifra de alrededor de seis millones de pesos en un proveedor para el mantenimiento de los activos, adicional a esto el costo de no disponibilidad de los activos es un factor importante, puesto que el proveedor debe desplazarse desde la ciudad de Bogotá al Municipio de La Dorada por lo que el tiempo de no disponibilidad por la falla y el mantenimiento para el año 2020 superan los tres millones de pesos. Estos están relacionaos en la figura siguiente.

**Figura 28***Ingresos diarios vs el costo de no disponibilidad*

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	prom	totales
<b>TOTAL ENTRADAS</b>	86	53	72	-	19	64	64	59	70	80	52	46	\$ 55,42	\$ 665
entradas diarias	3	2	3	-	1	2	2	2	3	3	2	2	\$ 2,07	\$ 25
facturacion de entradas	\$ 10.500.000	\$ 5.800.000	\$ 8.500.000	-	\$ 2.900.000	\$ 7.200.000	\$ 7.200.000	\$ 8.300.000	\$ 8.200.000	\$ 9.200.000	\$ 8.800.000	\$ 6.500.000	\$ 6.925.000,00	\$ 83.100.000
ingreso por cada entrada	\$ 122.093	\$ 109.434	\$ 118.056	-	\$ 152.632	\$ 112.500	\$ 112.500	\$ 140.678	\$ 117.143	\$ 115.000	\$ 169.231	\$ 141.304	\$ 117.547,51	\$ 1.410.570
ingresos diarios	\$ 388.889	\$ 232.000	\$ 314.816	-	\$ 107.407	\$ 266.667	\$ 266.667	\$ 307.407	\$ 303.704	\$ 340.741	\$ 325.926	\$ 240.741	\$ 257.913,58	\$ 3.094.963
ingresos por hora	\$ 48.611	\$ 29.000	\$ 38.352	\$ 0	\$ 13.426	\$ 33.333	\$ 33.333	\$ 38.426	\$ 37.963	\$ 42.593	\$ 40.741	\$ 30.093	\$ 32.239	\$ 386.870
annual														\$ 3.094.963

*Nota: la figura representa los ingresos diarios vs el costo de no disponibilidad. Fuente (Autores, 2021)*

Por lo que actualmente la empresa deja de recibir anualmente nueve millones aproximadamente con la actual gestión de activos. En este punto la implementación de la propuesta de mantenimiento tendrá validez, puesto que al realizar un mantenimiento interno se obtendrá mayores beneficios.

Para lograr una reducción de costos se establece un programa de mantenimiento interno, en donde se tendrá a disposición personal capacitado, repuestos a disposición y un control más efectivo del mantenimiento de los activos.

Dicho programa consta de capacitar al personal técnico de la empresa, en habilidades de mantenimiento industrial para que efectúen las diferentes actividades de mantenimiento descritas en el capítulo 6, estos cursos son virtuales y complementarios puesto que los técnicos ya tienen bases de mecánica, electricidad e hidráulica básica. Adicional a esto se cuenta con un jefe de taller es decir un Técnico Líder quien estará encargado de mantener actualizada la información de las actividades desarrolladas por los técnicos, las cuales se plasmarán en los formatos diseñados en este proyecto.

**Figura 29**  
*Costo de capacitación*

capacitacion				
nombre del curso	entidad	tiempo	costo	modalidad
Gestion del mantenimiento industrial	sena	160 h	0	virtual
Mantenimiento de motores de corriente alterna	Sena	80h	0	virtual
				virtual
Hidraulica basica	sena	80h	0	virtual
Neumatica e hidraulica basica	Politecnico de suramerica	120 h	70000	virtual
Gestion basica del almacen	Politecnico de suramerica	160h	140000	virtual

*Nota: la figura representa el costo de capacitación del personal. Fuente (Autores, 2021)*

La empresa asumirá el costo de las capacitaciones, adicional se incentivará al personal técnico mediante comisiones de servicio por las actividades de mantenimiento desarrolladas, estas comisiones serán iguales a las establecidas en sus contratos por vehículos reparados. Para ello se debe establecer un tempario por actividad de mantenimiento para cada activo, es decir un conjunto de operaciones estandarizadas con tiempos determinados estadísticamente bajo ciertas condiciones de trabajo.

**Figura 30**  
*Comisión de mantenimiento por el personal interno*

Activos	Cantidad	Mantenimiento costo interno	
		tempario	Vr. Total
Elevador 2 columnas Elevador No. 1 Ravaglioli	2	8	12000
Compresor de AireCompresor piston	1	1	
Grua- para transmision	1	2	
Grua - MotoresGrúa Para Descargar Motores MEGA FC 20C 200	1	1	
Prensa HidráulicaPrensa Hidraulica Mega 15 TONS KCS 15	1	1	
Recolector de aceiteRecolector De Aceite	1	1	
<b>Total comisión de servicio</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	

*Nota: la figura representa el costo de mantenimiento por el personal interno. Fuente (Autores, 2021)*

Dado que el objetivo principal de la propuesta del mantenimiento, es aumentar la disponibilidad del activo, es recomendable, tener a disposición repuestos para desarrollar las actividades de intervención en las diferentes máquinas del área de taller. Por lo que el



concesionario Solo Toyota aprovechará su bodega de almacenamiento de repuestos para albergar un nuevo inventario para los activos.

**Figura 31**  
*Stock de repuestos*

Activos	Insumos	Cantidad	Valor	
			Vr. Unitario	Vr. Total
Elevador 2 columnas Elevador No. 1 Ravaglioli	Cuachos, par brazos elevadores	8	21000	168000
	correas para elevador	12	28000	336000
	Aceite 80W			
Compresor de Aire Compresor piston	Filtro de aire	2	35000	70000
	Aceite mineral	1	32000	32000
	Correa en V	1	40000	40000
Grúa para transmisión	Aceite hidráulico	2	34000	68000
Grúa - Motores Grúa Para Descargar Motores MEGA FC 20C 2000	Aceite hidráulico	2	34000	68000
Prensa Hidráulica Prensa Hidráulica Mega 15 TONS KCS 15	Aceite hidráulico	2	34000	68000
Recolector de aceite Recolector De Aceite	Limpiador	1	22000	22000
<b>Total servicio</b>				<b>872000</b>

*Nota: la figura representa el stock de repuestos y su valor. Fuente (Autores, 2021)*

Para el cumplimiento de este objetivo, la implementación de la propuesta se debe realizar la siguiente inversión:

**Figura 32**  
*Inversión de la propuesta de mantenimiento*

Actividad	monto 2022
Capacitación	\$ 300.000,00
Comisión de servicio	\$ 336.000,00
Stock de repuestos	\$ 872.000,00
<b>Total</b>	<b>\$ 1.508.000,00</b>

*Nota: la figura representa la inversión inicial de la propuesta de solución. Fuente (Autores, 2021)*

Para llevar el control de los indicadores de gestión de los activos, se realiza una plantilla en Excel para dar seguimiento y trazabilidad en el tiempo.

**Figura 33**  
*Plantilla de indicadores de gestión de activos*

Plantilla de gestión de activos																										
Activos	Cantidad	horas laborales	horas por mantenimiento correctivo	horas por mantenimiento preventivo	Mantenimientos correctivos	mantenimientos preventivos	OT terminadas	OT pendientes	Costo materiales mantenimiento preventivo	costo materiales mantenimiento correctivo	temporío por equipos	Costo de hora de mantenimiento por interno	Costo total del mantenimiento	Indicador												
														Disponibilidad por Avarías	MTBF	MTTR	Total de OT generadas	Proporción OT terminadas	Proporción OT pendientes	Costo promedio de hora total de	IMC	IMP				
Elevador 2 columnas Elevador No. 1 Ravaglioli N01																										
Elevador 2 columnas Elevador No. 2 Ravaglioli N02																										
Compresor de Aire Compresor piston																										
Grúa para transmisión																										
Grúa - Motores Grúa Para Descargar Motores MEGA FC 20C 2000																										
Prensa Hidráulica Prensa Hidráulica Mega 15 TONS KCS 15																										

*Nota: la figura representa la plantilla de indicadores de gestión de activos realizada en Excel. Fuente*

*(Autores, 2021)*

## 8.1 Calculo de ROI

Durante el año 2020 los costos aproximados para el mantenimiento oscilaban entre los seis millones de pesos anuales según datos suministrados por la compañía.

**\$6.000.000= anuales para el mantenimiento 2020**

Con la propuesta actual del mantenimiento se pretende reducir los costos a

**\$1.508.000= anuales para el mantenimiento 2022 (ver figura 32)**

Los beneficios económicos se verán reflejados en la medida que las estrategias propuestas se establezcan gradualmente, es importante mantener un control de los activos para ver los resultados en los indicadores de confiabilidad y disponibilidad. Se pretende aumentar la disponibilidad en un 5% equivalente a \$4.150.000 incrementando al 97% para el año 2022.

Con la propuesta se reduce el costo de mantenimiento en un 74,8666 % lo que indica un ahorro en capital de \$ 4.492.000.

**Figura 35**

*Disponibilidad 2020*

Mantenimientos realizados 2020			
	valor unitrio	total	unidad
días de operacion		317	dias
Mtto preventivos anuales internos LILA		12	cantidad
mtto preventivos anuales externos		2	cantidad
Mtto correctivos		3	cantidad
T de mantenimiento total internos LILA	4	48	horas
T de mantenimiento total externos	24	72	horas
T de mantenimiento total CORREC	24	72	horas
Vvalor de produccion por hora			pesos
horas de trabajo		8	horas
A= disponibilidad		92,42902208	
Indisponibilidad		-91,42902208	

**Figura 34**

*Disponibilidad 2022*

mantenimientos propuestos para 2022			
Salario basico del tecnico en cargado		680000	pesos
Comision de servicio por interno		12000	pesos
días de operacion		317	dias
Mtto preventivos anuales internos LILA		12	cantidad
mtto preventivos anuales por interno		2	cantidad
T de mantenimiento total internos LILA	4	48	horas
T de mantenimiento total por interno	8	16	horas
horas de trabajo		8	horas
A= disponibilidad		97,47634069	
Indisponibilidad		-96,47634069	

*Nota: la figura 34 y 35 representa la comparación de disponibilidad de los activos respecto al año 2020 y*

*2022. Fuente (Autores, 2021)*

### Datos

Costo Implementación Planes de Mejora = 1.508.000

Beneficio obtenido = 4.592.000

$$ROI = \frac{\text{Beneficio obtenido} - \text{Costo de implementación}}{\text{Costo de implementación}}$$

$$ROI = \frac{4.492.000 - 1.508.000}{1.508.000} = 1,98\%$$

## 9 Conclusiones y Recomendaciones

### 9.1 Conclusiones

Se identificaron las condiciones de mantenimiento del área de taller de la empresa Solo Toyota del concesionario de La Dorada – Caldas, con el fin de observar el estado actual y así mejorar la gestión de mantenimiento.

Se recopiló información para estructurar la propuesta de gestión de mantenimiento para los activos del área de taller de la empresa Solo-Toyota, en total se analizó la información de 6 equipos.

Se realizó una propuesta de solución donde se tuvo en cuenta el objetivo, la misión y visión de mantenimiento para encaminar de la mejor manera nuestra propuesta, donde se observa un organigrama de mantenimiento, taxonomía de equipos y posterior a esto, se obtuvo una matriz de criticidad de los activos analizando los modos de falla, con lo cual se hace un plan de mantenimiento preventivo para cada activo.

Se estableció una serie de indicadores de mantenimiento, lo que permite hacer trazabilidad a la disponibilidad y confiabilidad de los activos, también el tiempo medio entre falla y tiempo medio de reparación entre otros.

Se realizó un plan de mantenimiento preventivo para los activos de taller dejando los formatos donde se indica la prioridad de cada actividad a realizar.

## 9.2 Recomendaciones

Para mejorar la gestión de mantenimiento es de vital importancia la compra de un módulo de software de mantenimiento.

Para que se maneje el mismo lenguaje en la empresa, se sugiere implementar esta metodología de mejora de gestión de mantenimiento, a las demás áreas para unificar criterios.

Se recomienda estar en constante adquisición de información y actualización, sobre la gestión de mantenimiento para incluir nuevas técnicas y fomentar así mejoras en la organización

## 10 Bibliografía

*BSG INSTITUTE*. (2020). Recuperado el 9 de Noviembre de 2021, de

<https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/los-8-pilares-del-tpm-1134>

Agreda Girón, P. (2008). *Implementación del programa de mantenimiento preventivo, en la*

*empresa plastiglas de Guatemala*. Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala.

Alarcón Quiñonez, B., & Romero Montenegro, D. M. (2020). *Diseño de un plan de*

*mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y*

*aceite de pescado ubicada en la ciudad de Santa Elena*. Guayaquil: Universidad

Politécnica Salesiana.

Borja, T. (8 de Enero de 2020). *Indicadores de gestión de mantenimiento industrial, para*

*alcanzar tus objetivos*. Recuperado el 7 de Octubre de 2021, de

<https://www.datadec.es/blog/indicadores-gestion-mantenimiento-industrial>

Cárdenas Omaña, R., Dias García, J., & Zambrano, H. (2018). Estado de la gestión de

mantenimiento en las ladrilleras de la zona metropolitana de cúcuta- colombia.

*cientificaunet*, 12.

- Castillo, R., Prieto, A. T., & Zambrano, E. (2015). Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas. *Revista e estudios interdisciplinarios en ciencias sociales* , 17.
- Cerón Pacheco, R., & Rojas Mora, J. D. (2014). *Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento basado en RCM para las instalaciones de producción de la estación COHEMB en el activo suroriente*. bucaramanga: universidad de santander .
- Gallego Valencia, S., & Arbeloa Urrea, Y. (2019). *Implementación del mantenimiento autónomo a las herramientas neumáticas de la línea de ensamble de la empresa AUTEKO MOBILITY SAS*. Medellín: Instituto tecnológico metropolitano .
- González Pacheco, E. A. (2017). Una estrategia de gestión de activos para equipo rotativo en los procesos de operación y mantenimiento para las empresas del sector petrolero. *I+D Revista de Investigaciones*, 22.
- Heintzelman, J. E. (1987). *Manual de la administración del mantenimiento* . Shaumberg Ill, Lineal c1987.
- (2010). Metodología de la investigación 5ta edición . En S. Hernández, & Roberto.
- Iglesias Rojas, J., & Ortiz Pérez, J. (2017). *Sistema de planeación, programación y control de la prestación de servicios de mantenimiento preventivo en la empresa RENAULTRS*. Bogotá: Universidad libre .
- Mago Ramos, M., Perea Lozano, B., & López Suárez, H. (2020). Implementación de mantenimiento preventivo y predictivo a los equipos del proceso de producción en la empresa EQUIACEROS SAS. *Revista unilibre* , 10.
- Milagros, E. (19 de Marzo de 2013). *mantenimiento industrial de equipos* . Recuperado el 7 de Octubre de 2021, de <https://es.slideshare.net/eszami/phva-o-ciclo-de-deming>

- Moreno Rojo, C. (2016). *Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013*. Chimbote: Universidad Nacional del Santa .
- Omar Campos López, G. T.-V. ( 28 de 11 de 2018). *científica*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html>
- PEMEX. (2019). *Metodología análisis de criticidad (AC)*. Recuperado el 7 de Octubre de 2021, de <https://docplayer.es/48701629-Metodologia-analisis-de-criticidad-ac.html>
- Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Bucaramanga: Ediciones USTA.
- Piedra Peladines, M. F. (2018). *Gerencia estratégica de mantenimiento de la empresa plásticos del litoral – plastlit*. Guayaquil: Repositorio Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Ramírez, J. C., & Moreno, H. F. (2017). *Elaboración de un análisis de criticidad y disponibilidad para la atracción x-treme del parque mundo aventura, tomando como referencia las normas, sae ja1011 y sae ja1012*. Bogotá: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS.
- Romero Carranza, J. L. (2013). *Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón*. Sevilla: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA.
- solex. (4 de Noviembre de 2020). *En qué consiste la taxonomía para la gestión de activos*. Recuperado el 7 de octubre de 2021, de <https://www.solex.biz/noticias/taxonomia-para-la-gestion-de-activos/>

Torres Coronado, J. J. (2016). *Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la elaboración de productos de limpieza*. . Cautitlán: Universidad Nacional Autónoma de México.

Viveros, P., Stegmair, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Chilena de ingeniería* , 14.