



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA  
ELEVADOR DE DOS PLAZAS PARA AUTOMÓVILES UBICADO EN UN  
ESTACIONAMIENTO EN CIUDAD DE GUATEMALA**

**Romeo Isaí Cabrera Bekker**

Asesorado por el M.A. Ing. Alan Manolo López Gálvez

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA  
ELEVADOR DE DOS PLAZAS PARA AUTOMÓVILES UBICADO EN UN  
ESTACIONAMIENTO EN CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ROMEO ISAÍ CABRERA BEKKER**

ASESORADO POR EL M.A. ING. ALAN MANOLO LÓPEZ GÁLVEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                       |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA     | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I    | Ing. José Francisco Gómez Rivera      |
| VOCAL II   | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez   |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran         |
| VOCAL IV   | Br. Kevin Armando Cruz Lorente        |
| VOCAL V    | Br. Fernando José Paz González        |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez       |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |                                       |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA     | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADOR | Ing. José Guillermo Bedoya Barrios    |
| EXAMINADOR | Ing. Julio Rolando Barrios Archila    |
| EXAMINADOR | Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández     |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez       |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA ELEVADOR DE DOS PLAZAS PARA AUTOMÓVILES UBICADO EN UN ESTACIONAMIENTO EN CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 7 de agosto de 2021.

**Romeo Isaí Cabrera Bekker**



EEPFI-PP-0138-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director  
Armando Alonso Rivera Carrillo  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica  
Presente.

Estimado Ing. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA ELEVADOR DE DOS PLAZAS PARA AUTOMÓVILES UBICADO EN UN ESTACIONAMIENTO EN CIUDAD DE GUATEMALA.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión del Mantenimiento - Aseguramiento del cumplimiento del programa de mantenimiento**, presentado por el estudiante **Romeo Isai Cabrera Bekker** carné número **200413675**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería De Mantenimiento.

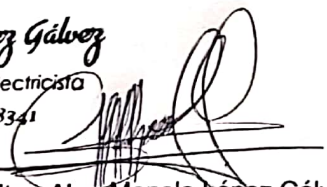
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

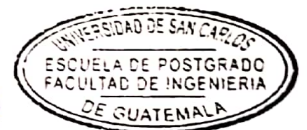
*Alan Manolo López Gálvez*

Ingeniero Mecánico Electricista  
Colegiado No. 18341

  
Mtro. Alan Manolo López Gálvez  
Asesor(a)



Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo  
Coordinador(a) de Maestría





Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-0138-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA ELEVADOR DE DOS PLAZAS PARA AUTOMÓVILES UBICADO EN UN ESTACIONAMIENTO EN CIUDAD DE GUATEMALA.**, presentado por el estudiante universitario **Romeo Isaí Cabrera Bekker**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, followed by a circular official stamp. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA", and "FACULTAD DE INGENIERIA".

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, enero de 2022

Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101- 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.288.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA ELEVADOR DE DOS PLAZAS PARA AUTOMÓVILES UBICADO EN UN ESTACIONAMIENTO EN CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Romeo Isai Cabrera Bekker**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaac

## **ACTO QUE DEDICO A:**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Dios</b>             | Por haberme permitido realizar una más de mis metas.   |
| <b>Mis padres</b>       | Por haberme traído al mundo y guiado a través de él, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño. |
| <b>Mi esposa e hijo</b> | Karla Yanes y Elías Cabrera, por su apoyo y compañía durante mi vida, por ser mi más grande motivación.                    |
| <b>Mis hermanas</b>     | Vicky, Miriam, Dina, Nelly Cabrera por su apoyo y ánimo en todo momento.   |



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser la *alma mater* que me permitió nutrirme de conocimientos.

**Facultad de Ingeniería** Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.

**Mis amigos** Por haberme acompañado durante la carrera.

## ÍNDICE GENERAL

|   |     |
|---|-----|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....                        | V   |
| LISTA DE SÍMBOLOS.....                              | VII |
| GLOSARIO.....                                       | IX  |
| RESUMEN.....  | XI  |
| <br>  |     |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                               | 1   |
| <br>  |     |
| 2. ANTECEDENTES .....                               | 3   |
| <br>  |     |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                  | 7   |
| 3.1. Descripción y delimitación del problema .....  | 7   |
| 3.2. Pregunta central de investigación .....        | 8   |
| 3.3. Preguntas orientadoras .....                   | 8   |
| <br>  |     |
| 4. JUSTIFICACIÓN .....                              | 9   |
| <br>  |     |
| 5. OBJETIVOS.....                                   | 11  |
| 5.1. General.....                                   | 11  |
| 5.2. Específicos .....                              | 11  |
| <br>  |     |
| 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN ..... | 13  |
| <br>  |     |
| 7. MARCO TEÓRICO.....                               | 15  |
| 7.1. Mantenimiento .....                            | 15  |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 7.1.1.   | Tipos de mantenimiento .....               | 16 |
| 7.1.1.1. | Mantenimiento preventivo .....             | 18 |
| 7.2.     | Plan de mantenimiento.....                 | 20 |
| 7.2.1.   | Componentes del plan de mantenimiento..... | 20 |
| 7.3.     | Elevador de automóviles para parqueo ..... | 22 |
| 7.3.1.   | Tipos de elevador de automóviles .....     | 23 |
| 7.3.2.   | Sistema hidráulico .....                   | 26 |
| 7.3.2.1. | Cilindros de pistón .....                  | 27 |
| 7.3.2.2. | Bomba hidráulica .....                     | 30 |
| 7.3.3.   | Sistema eléctrico .....                    | 32 |
| 7.3.3.1. | Sistema de control .....                   | 33 |
| 7.3.3.2. | Dispositivos de seguridad .....            | 35 |
| 7.3.4.   | Sistema mecánico .....                     | 37 |
| 7.3.4.1. | Sistema de anclaje .....                   | 39 |
| 7.3.5.   | Normativas .....                           | 40 |
| 7.4.     | Seguridad y medio ambiente.....            | 41 |
| 7.4.1.   | Montaje y desmontaje .....                 | 44 |
| 7.4.2.   | Disposición adecuada de residuos .....     | 46 |
| 7.4.2.1. | Repuestos .....                            | 47 |
| 7.4.2.2. | Lubricantes .....                          | 47 |
| 8.       | PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....    | 49 |
| 9.       | METODOLOGÍA.....                           | 51 |
| 9.1.     | Diseño de investigación .....              | 51 |
| 9.2.     | Tipo de estudio.....                       | 51 |
| 9.3.     | Alcance de investigación.....              | 51 |
| 9.4.     | Variables e indicadores .....              | 51 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 9.5. | Fases de investigación .....                | 52 |
| 9.6. | Muestreo .....                              | 53 |
| 9.7. | Resultados esperados .....                  | 53 |
| 10.  | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN..... | 55 |
| 11.  | CRONOGRAMA.....                             | 57 |
| 12.  | FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....              | 59 |
| 13.  | REFERENCIAS.....                            | 61 |
| 14.  | APÉNDICES .....                             | 65 |



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Esquema de solución.....   | 13 |
| 2.  | Estrategias de mantenimiento.....                                | 17 |
| 3.  | Distribución del trabajo.....                                    | 19 |
| 4.  | Niveles de activos.....  | 21 |
| 5.  | Estructura principal elevador de rotación vertical.....          | 24 |
| 6.  | Elevadores tipo torre de 3 y 4 niveles de estacionamientos.....  | 25 |
| 7.  | Elevador de dos plazas para automóviles KQL-2-2700.....          | 26 |
| 8.  | Esquema de componentes de sistema hidráulico.....                | 27 |
| 9.  | Cilindro de simple efecto.....                                   | 28 |
| 10. | Cilindro de doble efecto.....                                    | 28 |
| 11. | Cilindro de doble efecto.....                                    | 29 |
| 12. | Bomba hidráulica de elevador de dos plazas para automóviles..... | 30 |
| 13. | Válvula de liberación manual.....                                | 31 |
| 14. | Válvula de liberación manual.....                                | 31 |
| 15. | Sistema de lazo abierto.....                                     | 32 |
| 16. | Sistema de lazo cerrado.....                                     | 33 |
| 17. | Interruptor de límite para final de carrera.....                 | 34 |
| 18. | Bloqueo mecánico de plataforma.....                              | 36 |
| 19. | Solenoides de bloqueos mecánicos.....                            | 36 |
| 20. | Cadenas de nivelación.....                                       | 37 |
| 21. | Tornillo de ajuste de cadena.....                                | 38 |
| 22. | Polea de paso de cadenas.....                                    | 38 |
| 23. | Dimensiones a considerar en el elevador.....                     | 39 |

|     |                                 |    |
|-----|---------------------------------|----|
| 24. | Advertencias de seguridad ..... | 42 |
| 25. | Advertencias de seguridad ..... | 43 |
| 26. | Advertencias de seguridad ..... | 44 |

## **TABLAS**

|      |  |    |
|------|--|----|
| I.   | Método de transporte por peso de piezas.....               | 45 |
| II.  | Límites máximos de pesos para manipulación de cargas ..... | 46 |
| III. | Variables e indicadores .....                              | 52 |
| IV.  | Cronograma.....  | 57 |
| V.   | Presupuesto de la investigación .....                      | 60 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b>       | <b>Significado</b>          |
|----------------------|-----------------------------|
| <b>cm</b>            | Centímetros                 |
| <b>°C</b>            | Grados Celsius              |
| <b>Hz</b>            | Hercio                      |
| <b>kg</b>            | Kilogramo                   |
| <b>kW</b>            | Kilovatio                   |
| <b>PSI</b>           | Libras por pulgada cuadrada |
| <b>m<sup>2</sup></b> | Metros cuadrados            |
| <b>%</b>             | Porcentaje                  |
| <b>rpm</b>           | Revoluciones por minuto     |
| <b>W</b>             | Vatio                       |





## GLOSARIO

|               |  |
|---------------|--|
| <b>Activo</b> | Son bienes materiales, como máquinas, vehículos, equipos, edificios.   |
| <b>AMFE</b>   | Análisis Modal de Fallos y Efectos, es un método de análisis de fallas en donde se hace una clasificación por los efectos de la falla y su gravedad.   |
| <b>EN</b>     | Normas Europeas, son normas de estandarización.  |
| <b>EPP</b>    | Equipo de Protección Personal utilizado para reducir los riesgos relacionados a un trabajo en específico.  |
| <b>MBC</b>    | Mantenimiento Basado en Condiciones, es una estrategia de mantenimiento que se basa en monitorear las condiciones de operación de los activos.   |
| <b>MP</b>     | Mantenimiento Preventivo, son trabajos de mantenimiento que se ejecutan de forma programada o previo a una falla, se realizan considerando el tiempo medio de vida de una pieza o por medio de estadísticas de fallas. |

|              |  |
|--------------|--|
| <b>MPP</b>   | Mantenimiento Preventivo Programado, es una programación planificada para realizar las tareas de mantenimiento preventivo.   |
| <b>OEE</b>   | Efectividad Total de los Equipos, ( <i>overall equipment effectiveness</i> ), se refiere a una medición porcentual de la utilización integral de una máquina.  |
| <b>PLC</b>   | Control Lógico Programable, es un equipo utilizado para la automatización de procesos, basados en lógicas de programación utilizando señales de entrega y señales de salida.   |
| <b>RCM</b>   | Mantenimiento Centrado en Confiabilidad ( <i>reliability centred maintenance</i> ), es una metodología de mantenimiento que incluye todo tipo de estrategias para garantizar la confiabilidad de los activos, en esta se clasifica por importancia los componentes de la máquina y detectar oportunidades de mejora. |
| <b>Vatio</b> | Unidad de medida de potencia eléctrica.  |

## **RESUMEN**

Los elevadores de dos plazas para automóviles se han hecho más frecuentes en los estacionamientos dentro de la ciudad, para suplir la necesidad de espacio para parqueo de automóviles, para esto ya existen distintos modelos y marcas de elevadores, haciéndose menester realizar mantenimientos a estos equipos, pero generalmente se realizan de forma correctiva al encontrarse una falla, debido a la escasa información para la realización de un mantenimiento preventivo.

El presente diseño de investigación pretende establecer un plan de mantenimiento preventivo para los elevadores de dos plazas para automóviles, proponiendo guías de rutinas de inspección, medición y lubricación, que permitan mantener las condiciones de operación de los equipos.



# 1. INTRODUCCIÓN

Este diseño de investigación de un plan de mantenimiento preventivo de elevador de dos plazas para automóviles se realiza como una innovación, debido a que a la fecha de la investigación no se cuenta con el mismo, sino que se realizan reparaciones esporádicas cuando se presenta alguna falla. Al carecer de un plan de mantenimiento preventivo pueden encontrarse fallas que al momento de requerir el uso de los elevadores de automóviles se ha detectado que la misma es inadecuada, reduciendo la disponibilidad de espacios de parqueo, ocasionando reparaciones prolongadas.

Entre los efectos detectados tenemos que el elevador no arranca, la elevación del vehículo no alcanza la altura necesaria y la plataforma sube desnivelada. La importancia de la solución radica en mantener la disponibilidad de los parqueos de forma funcional y segura para el usuario final y los técnicos que manipulan el equipo, brindando un procedimiento guía para el personal técnico que realiza las tareas de mantenimiento.

Como resultado de esta investigación se pretende definir una estrategia para mantener los parámetros adecuados de operación. Entre los aportes y beneficios esperados se tiene un procedimiento de mantenimiento preventivo para los elevadores de dos plazas para automóviles aplicando rutinas de inspección, rutina de medición, rutina de lubricación y procedimientos de seguridad ocupacional para el personal técnico que realiza las tareas de mantenimiento.

Para el desarrollo inicial de este documento se realizará una revisión documental de investigaciones previas para ampliar los conocimientos y conceptos de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. Como siguiente paso recopilará información realizando una visita de campo para recabar la información necesaria para establecer la condición de operación del elevador de automóviles a la fecha de la investigación. Dichas mediciones se realizarán de forma visual y con herramientas de medición para parámetros eléctricos y físicos, validando el estado de los componentes del elevador, en su sistema eléctrico, sistema hidráulico y sistema mecánico. Con dicha información se realizará un análisis de las variables para establecer un plan de mantenimiento preventivo que cumpla con los parámetros de operación del equipo.

Se desarrollará el marco teórico, en donde se definirán los conceptos de mantenimiento y tipos de mantenimiento, haciendo énfasis en el mantenimiento preventivo, se desarrollará información de los elevadores de automóviles, tipos de elevadores y los sistemas que los componen, siendo estos, el sistema hidráulico, eléctrico y mecánico, se ampliarán los temas de normativas aplicables a los elevadores de automóviles y temas de seguridad y medio ambiente.

## 2. ANTECEDENTES

Martínez y Planagumá (2021) realizaron un caso práctico con el fin de identificar el estado de los activos mediante herramientas de mantenimiento en una central hidroeléctrica. En la investigación muestran que al conocer a detalle el sistema industrial se puede analizar la prioridad del mantenimiento en cada parte del sistema, optimizando el mantenimiento y de ser necesario, el rediseño de los activos, a lo cual le llaman remantenimiento. El aporte metodológico de la investigación es el uso de estrategias de mantenimiento centrado en fiabilidad (RCM por su abreviatura en inglés) y el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) para optimizar estrategias de Mantenimiento Preventivo (MP), permitiendo reducir el costo dedicado a mantenimiento y tener una base para justificar las nuevas inversiones y mejoras.

Sarmiento, Catarino, Velázquez y González (2018) realizaron un proyecto para la realización de un plan de trabajos de mantenimiento en una empresa de confección de ropa. En la investigación muestran cómo desarrollar la ejecución de un plan de mantenimiento de tipo preventivo para reducir el tiempo de interrupción de la maquinaria atribuido a fallas, identificando el tipo de mantenimiento, fuentes de fallas y llevando la correcta recolección de información de las fallas encontradas. Tras su implementación obtuvieron una reducción en tiempo de paradas en las máquinas, reducción en fallas debido a averías y de costo en reparaciones, proponiendo tener máquinas de respaldo para organizar la producción mientras se hacen tareas de mantenimiento. El aporte metodológico de la investigación es el proceso, comenzando con la identificación de los activos para el inventario de máquinas a la ejecución del plan de mantenimiento.



Becerril, Gutiérrez y Hurtado (2018) elaboraron una investigación implementando un método de mantenimiento preventivo para aumentar la eficiencia de la maquinaria de una planta de fundición de acero. En la investigación muestran la importancia de la ejecución del mantenimiento preventivo programado (MPP) y cómo impacta la efectividad total de los equipos (OEE por su abreviatura en inglés). Tras la implementación del sistema de mantenimiento preventivo se observó un incremento en la productividad debido a que los tiempos muertos fueron eliminados. El aporte metodológico de la investigación es la utilización de factores a considerar y las actividades para desarrollar la implementación del MPP.

Colmenares y Villalobos (2014) realizaron una investigación con el fin de establecer una metodología que pudiera simplificar el programa de mantenimiento preventivo utilizando subconjuntos funcionales con enfoque al ciclo Deming. La metodología por subconjuntos clasifica la función de los sistemas de cada uno de los componentes por su operación en disposición de desarmado y armado. En el informe se muestra el proceso de la metodología de subconjuntos y los lineamientos recomendados para auditar dicho esquema de mantenimiento. El aporte metodológico de la investigación es el uso del análisis de subconjuntos funcionales del activo para clasificar los componentes y elaborar el plan de mantenimiento.

Hernández, Carro, Montes y Fernández (2008b) realizaron una investigación con afán de optimizar el mantenimiento preventivo mediante las técnicas de diagnóstico integral en una turbina de una planta generadora de electricidad. En la investigación se muestra como patrón fundamental que aquellos resultados que no se lleven en bitácora no son útiles; además que su recopilación se debe llevar mediante técnicas de diagnóstico tal cual: análisis y modelación de criticidad, análisis estadístico mediante las fallas - diagrama de

Lorenz y relaciones causa – efecto de Ishikawa. El desarrollo de matrices de falla se constituye como la herramienta de optimización del mantenimiento centrado en confiabilidad y el Mantenimiento Basado en Condiciones (MBC) en búsqueda de un MPP, además de los diagnósticos y muestreos de todas las fases. El aporte metodológico de la investigación es el uso de las técnicas de diagnóstico integral como base de información en búsqueda del MPP.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Descripción y delimitación del problema**

En un área de parqueo de oficinas existen 16 plazas de parqueos distribuidas en 8 elevadores de automóviles. Los elevadores de automóviles cuentan con dos niveles de parqueo. Para ser utilizados, se requiere que ingrese un vehículo y posteriormente sea elevado dejando así libre el espacio para un segundo vehículo en un nivel inferior. Dicho accionamiento se realiza con una llave de seguridad tipo interruptor para iniciar el proceso de elevado. Al momento de realizar la operación de elevado se ha detectado que la misma es inadecuada, reduciendo así la disponibilidad de parqueos. Los eventos inadecuados son: que el elevador no arranca, el elevado del automóvil no alcanza la altura necesaria, y la plataforma sube desnivelada.

El problema será abordado en el sistema eléctrico, hidráulico y mecánico del elevador. Se ha detectado como raíz del problema la falla o degradación del motor de la bomba hidráulica, fugas de aceite hidráulico, fallas en el circuito de relés de control, y desajustes mecánicos en las cadenas de tracción. Estas causas generan los siguientes efectos en el funcionamiento del elevador: pérdida de fuerza del elevador, la plataforma de carga del vehículo no sube o sube desnivelada, y no acciona el mecanismo de operación cuando es requerido.

### **3.2. Pregunta central de investigación**

¿Qué plan de mantenimiento preventivo se puede establecer para la adecuada operación de los elevadores de dos plazas para automóviles utilizados en un estacionamiento?

### **3.3. Preguntas orientadoras**

- ¿Cómo podríamos conocer las condiciones de operación de los elevadores de dos plazas para automóviles a la fecha de investigación?
- ¿Cómo podría conocerse las condiciones actuales de operación de los elevadores de dos plazas para automóviles?
- ¿Qué estrategia de mantenimiento puede diseñarse para mantener las adecuadas condiciones de operación del elevador de dos plazas para automóviles?

## 4. JUSTIFICACIÓN

Entre los aportes y productos que se esperan de esta investigación se tiene un procedimiento de mantenimiento preventivo para los elevadores de dos plazas para automóviles, lo cual implicará rutinas de inspección, rutina de medición, rutina de lubricación y procedimientos de seguridad industrial para el personal técnico que realiza el mantenimiento, para mantener los equipos en condiciones de operación adecuadas.

Los posibles beneficiarios de la investigación en el ámbito comercial, son las empresas distribuidoras, empresas de adquisición, empresas que prestan servicios de mantenimiento de elevadores de dos plazas para automóviles, teniendo una guía para la implementación del mantenimiento preventivo y conservando los equipos operando de forma adecuada, entregando, a los técnicos que realizan las tareas de mantenimiento, herramientas para realizar las tareas en el equipo de forma segura con buenas prácticas operativas.

En el enfoque de usuarios finales, encontramos beneficios para los usuarios que utilizan los elevadores de automóviles en los estacionamientos públicos y privados utilizando el equipo de forma segura y con el funcionamiento correcto, evitando automóviles atascados, incidentes que impliquen pérdidas materiales o hasta incidentes que atenten contra la integridad del individuo.

La línea de investigación a la que corresponde el trabajo es el aseguramiento del cumplimiento del programa de mantenimiento, perteneciente al área de gestión del mantenimiento, aportando a esta rama información del mantenimiento preventivo de este tipo de elevadores.



## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Establecer un plan de mantenimiento preventivo para elevadores de dos plazas para automóviles ubicado en un estacionamiento de ciudad de Guatemala.

### **5.2. Específico**

- Determinar las condiciones de operación de los elevadores de dos plazas para automóviles a la fecha de investigación.
- Establecer las condiciones adecuadas de operación y funcionamiento del elevador de dos plazas para automóviles.
- Determinar la estrategia de mantenimiento para mantener el elevador de dos plazas para automóviles en condiciones adecuadas de operación.

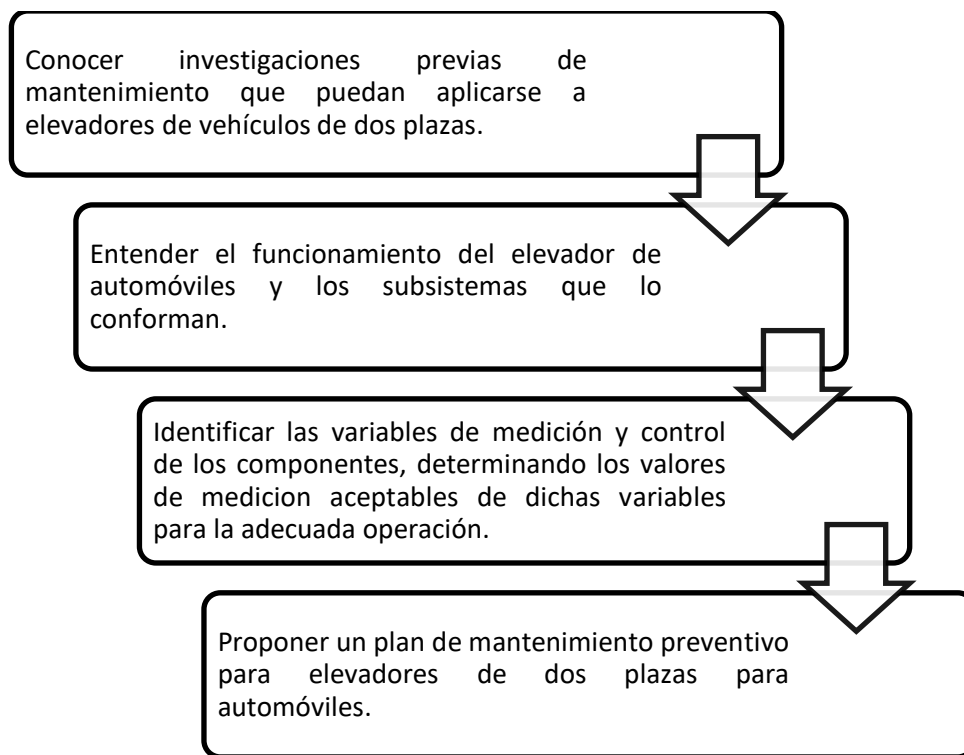




## 6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

A continuación, se muestra un esquema describiendo la solución que se propone en esta investigación, esta se divide en cuatro secciones que se desarrollan de forma secuencial como se muestra en la dirección del esquema.

Figura 1. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

En la ciudad de Guatemala la cantidad de automóviles se incrementa cada año, este incremento crea la demanda de parqueos públicos y privados. Dando apertura a un mercado innovador en el país, aplicando tecnología que permita

optimizar los espacios destinados a parqueos utilizando elevadores de automóviles, entre los más comunes los elevadores de dos plazas para automóviles.

Estos elevadores son generalmente importados de países asiáticos, por lo que se tiene información limitada de manuales en nuestro idioma, con poca información técnica referente a la operación y el mantenimiento, por tal razón se busca información de técnicas de mantenimiento que se pueden aplicar a estos elevadores según sus componentes de funcionamiento. Haciendo uso de investigaciones previas de mantenimiento para comprender cuál es la práctica adecuada que podemos aplicar a los elevadores de automóviles.

Para esto se procederá a entender el funcionamiento del elevador y los subsistemas que lo componen, y así trabajar el sistema eléctrico, mecánico e hidráulico, y cómo se relacionan entre sí. Identificando las funciones y subfunciones de los componentes y listándolos para poder identificar cuáles son las piezas fundamentales de cada sistema.

Al tener identificados los componentes de cada sistema del elevador de automóviles, se enlistan las variables que sea necesario medir y se determinan los valores y rangos de medición que proporcionen información útil del estado de condición de los componentes, que permitan un funcionamiento adecuado del elevador.

Con los parámetros definidos se propondrá un plan de mantenimiento preventivo que proporcione una guía de inspección, medición y lubricación para mantener el elevador en parámetros adecuados de operación.

## **7. MARCO TEÓRICO**

La industria evoluciona constantemente, existen equipos, mejoras y actualizaciones en las máquinas que se utilizan y que ayudan a automatizar o mejorar la forma en que se realizan las cosas. Esta evolución en la industria exige que se implementen métodos de mantenimiento acorde a los activos, con el propósito de brindar alta disponibilidad y prolongar la vida útil de.

Hernández *et. al.* (2008a) plantean que el mantenimiento, en las últimas décadas, ha exigido cambios acelerados debido a las exigencias de la industria. Estas exigencias han desatado la aparición de distintos factores, entre estos, el enfoque a la calidad y a los procesos, niveles de confiabilidad, disponibilidad, reducción de costos, nuevas técnicas de mantenimiento y mejores condiciones de salud y seguridad ocupacional.

### **7.1. Mantenimiento**

El mantenimiento ha progresado significativamente a raíz de aparición de la calidad como un elemento significativo a contemplar en la producción, esto requiere una reducción de tiempos muertos de operación por reparaciones, reparación en tiempos oportunos y garantías de funcionamiento. En épocas de la Primera Guerra Mundial y la introducción a la manufactura en serie, la necesidad del mantenimiento comenzó a florecer, iniciando como mantenimiento correctivo, ya para la Segunda Guerra Mundial, las exigencias de producción aumentaron y así mismo fue necesario que la estrategia de mantenimiento no solo se enfocara en corregir las fallas sino en prevenirlas.

Esto creó la necesidad de realizar diagnósticos adecuados, formando equipos de trabajo con especialistas dando apertura a los inicios de la ingeniería de mantenimiento para analizar, planificar y controlar las tareas del mantenimiento preventivo.

Es importante conocer esta evolución que ha desarrollado el concepto de mantenimiento porque nos permite entender que el mantenimiento es una respuesta para saciar una necesidad creciente en la industria y a medida que la industria exige mayores estándares, el mantenimiento tendrá que evolucionar, extenderse y hasta reinventarse para poder cubrir dicha demanda.

“El mantenimiento, es un proceso donde se aplica un conjunto de acciones y operaciones orientadas a la conservación de un bien material y que nace desde el momento mismo que se concibe el proyecto, para luego prolongar su vida útil.” (Sarmiento *et. al.*, 2018, p. 211). Este proceso involucra distintos métodos de aplicación según el activo al que se le realiza el mantenimiento considerando aspectos de criticidad del activo y los niveles de disponibilidad deseados. El proceso variará en frecuencia y ejecución de acuerdo con el tipo de mantenimiento que se desee desarrollar e implementar.

### **7.1.1. Tipos de mantenimiento**

El mantenimiento se ha desarrollado y especializado conforme ha evolucionado la industria, las exigencias del mercado han incrementado la necesidad de nuevas y mejores prácticas para ejecutar el mantenimiento de los equipos, basado en distintas técnicas y métodos. En la figura 2 se contempla un esquema de distintas estrategias de mantenimiento. Esta tendencia ha marcado distintos tipos de mantenimiento, entre estos:

- Mantenimiento correctivo emergente
- Mantenimiento correctivo programado
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

El tipo de mantenimiento a elegir dependerá de la naturaleza del equipo y la criticidad del mismo en el proceso de la organización. Dentro de los parámetros que se evalúan, es un análisis de costo-beneficio para justificar la inversión y la necesidad de confiabilidad del equipo según su impacto en producción, seguridad y medio ambiente, entre otros criterios de valor que serán propios de cada organización.

Figura 2. Estrategias de mantenimiento



Fuente: Duffua *et. al.* (2000). *Sistemas de mantenimiento, planeación y control.*

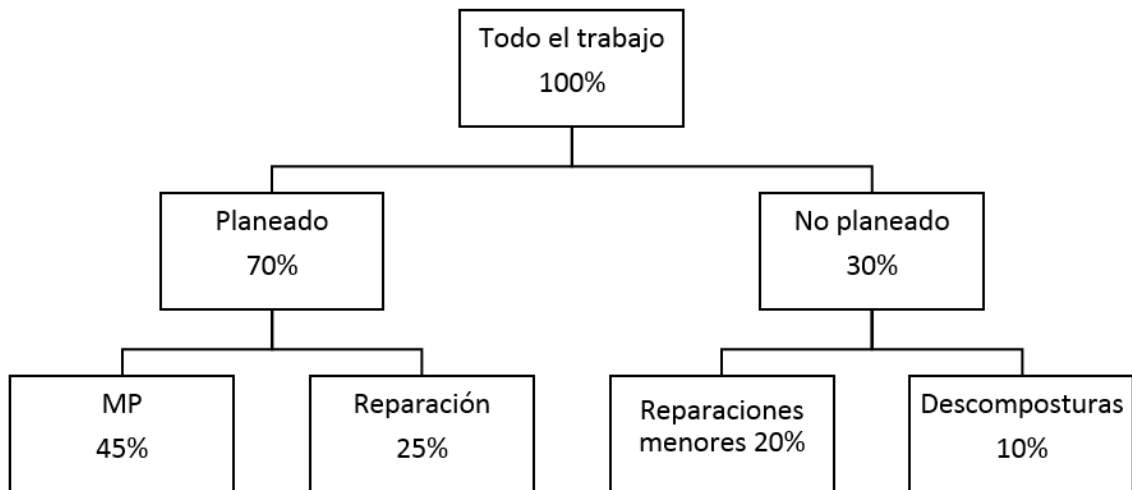
### **7.1.1.1. Mantenimiento preventivo**

Se refiere a la ejecución planificada del mantenimiento o previo a una falla. Considerando el tiempo medio de vida de una pieza o por medio de estadísticas de fallas, también se puede tomar en cuenta inspecciones periódicas para validar el estado de una pieza. Tareas que se realizan de forma programada anticipando una falla para evitar paros de producción o reparaciones con tiempo extendido por no contar con el personal técnico disponible o repuesto necesario.

La ventaja del mantenimiento preventivo es que al ser planificado, se puede ejecutar cuando se tiene una ventana de tiempo que no afecte a producción, se tendrán los repuestos necesarios, herramientas adecuadas a la mano y personal capacitado disponible para realizar las tareas, resultando en un tiempo menor para realizar la tarea, sin impacto en costos por pérdidas de producción, obteniendo un mantenimiento efectivo con un costo menor, ventajas que superan por mucho el mantenimiento no planeado por reparaciones.

Duffua, Raouf y Dixon (2000), plasman la distribución del trabajo de mantenimiento clasificándolos en porcentajes, como se modela en la figura 3, donde podemos encontrar un criterio de aceptación de 45 % para tareas de mantenimiento de tipo preventivo, 25 % de mantenimiento tipo correctivo o reparaciones, para sumar un 70 % de trabajo planeado. Para la distribución del trabajo no planeado, vemos una distribución del 20 % para reparaciones menores y un 10 % por descomposturas, para sumar un 30 % de trabajo no planeado.

Figura 3. **Distribución del trabajo**



Fuente: Duffua *et. al.* (2000). *Sistemas de mantenimiento, planeación y control.*

Cuando se decide realizar mantenimiento preventivo, podrá utilizar distintos criterios para su programación, de estos, se basarán las decisiones para establecer los trabajos de mantenimiento y la periodicidad de estos.

Duffua *et. al.* (2000) plantea como una meta del mantenimiento preventivo aumentar la confiabilidad y la disponibilidad del activo, definiendo la disponibilidad como la posibilidad de que el activo funcione cuando se le requiera, y la confiabilidad como la probabilidad de que el equipo funcione durante el tiempo esperado, para esto clasifica el mantenimiento de tipo preventivo en dos categorías principales, la primera basado en las condiciones de funcionamiento y la segunda basada en estadística y confiabilidad, la cual se apoya en los registros históricos de los mantenimientos realizados y fallas de los componentes, lo cual se puede observar en el esquema de la figura 2 en la rama del mantenimiento preventivo.



## **7.2. Plan de mantenimiento**

Cuando se propone un plan de mantenimiento genera la idea de un instructivo que se pueda seguir para cumplir con la meta deseada, en nuestro caso, un plan de mantenimiento deberá contener información de importancia que nos indique cómo se procederá con los trabajos de mantenimiento referidos a un activo.

García (2003) define un plan de mantenimiento como un documento que contiene las distintas tareas que se realizarán a un activo para mantener la disponibilidad deseada, pero enfatiza que este documento debe caracterizarse por ser dinámico, ya que debe ser rediseñado conforme al análisis posterior a las fallas y al comportamiento de los activos en cuestión.

Dentro de la elaboración del plan debemos de considerar varias etapas, entre estas la clasificación del activo, haciendo un análisis de grupos y subgrupos de cada sistema.

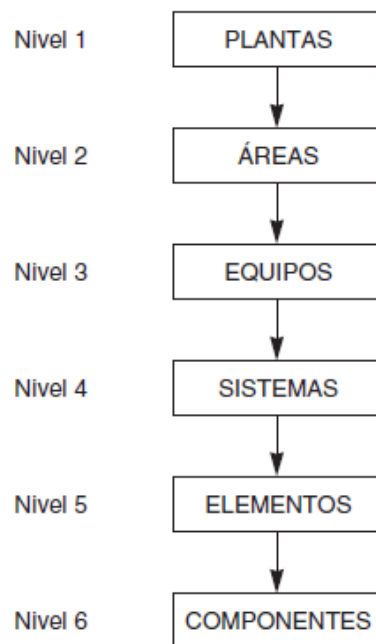
### **7.2.1. Componentes del plan de mantenimiento**

Para iniciar con la construcción del plan de mantenimiento se procederá con la identificación del activo, esto involucra ubicar el activo en un área de la planta y codificarlo para simplificar el registro de su historial. En la figura 4 se desglosan los niveles que pueden considerarse para identificar el activo, y posteriormente crear un código eficaz con el que se haga referencia a él.

Cada activo que se estudie deberá ser desglosado en sistemas, estos sistemas en elementos y estos en componentes, como por ejemplo podríamos indicar un sistema hidráulico, el cual tiene como elementos una bomba hidráulica, un cilindro de estado simple, depósito de aceite, mangueras de conducción de

líquido hidráulico, y como componentes de la bomba podríamos mencionar los cojinetes del eje.

Figura 4. **Niveles de activos**



Fuente: García (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*.

García (2003) clasifica la codificación de los activos en dos tipos, la codificación no significativa, que implica un número correlativo que no nos proporciona ninguna información específica del activo, y la codificación significativa, en la que el código asignado proporciona información del activo por los valores que tiene en cada posición del código.

Utilizando la clasificación propuesta en la figura 4, se puede construir una serie de números que relacionen a cada nivel del activo, como ejemplo,

asignando 2 dígitos para identificar la planta en la que está el activo, 2 dígitos que hagan referencia al área, 2 dígitos para identificar el tipo de equipo, y así consecutivamente según sea necesario y definiendo la cantidad de dígitos que puedan categorizar cada apartado.

González (2005) plantea que es necesario tener un amplio conocimiento del activo, sus sistemas y estos tenerlos desglosados en subconjuntos funcionales según su naturaleza de trabajo. Colmenares y Villalobos (2014) propone que la estrategia de mantenimiento debe estructurarse basado en la formación de subconjuntos de acuerdo a los componentes clasificados conservando el orden de armado y desarmado del equipo.

### **7.3. Elevador de automóviles para parqueo**

En la ciudad de Guatemala, vemos una creciente en la cantidad de automóviles que circulan por las ciudades principales, esto genera una necesidad en la población, para el uso de parqueos públicos y privados, esto ha permitido que aparezca un nuevo mercado que permita hacer más competitivo y tener un mejor aprovechamiento de dichos parqueos. Generalmente importando equipos con tecnologías innovadoras que presenten soluciones eficaces para dicho mercado.

Es común escuchar de elevadores de automóviles en talleres mecánicos, utilizados para la inspección y trabajos en la parte inferior del vehículo, pero partiendo de este tipo de elevador, se ha evolucionado a utilizar elevadores con plataformas para la elevación de automóviles con el objetivo principal de aprovechar el espacio físico de los parqueos, pudiendo maximizar el número de automóviles que podemos estacionar en un área determinada.

### **7.3.1. Tipos de elevador de automóviles**

Existe gran diversidad de posibilidades en los diseños de los tipos de elevadores que podemos encontrar, desde diseños simples de dos automóviles hasta torres o ruletas para una gran cantidad de automóviles, la decisión de utilizar cada uno dependerá del espacio disponible para el equipo, la cantidad de automóviles que se requiera estacionar y su peso. Estos puntos son decisivos al momento de diseñar un estacionamiento que tenga este tipo de tecnología. En los párrafos subsiguientes se detallan los principales tipos de elevadores distribuidos por distintos fabricantes.

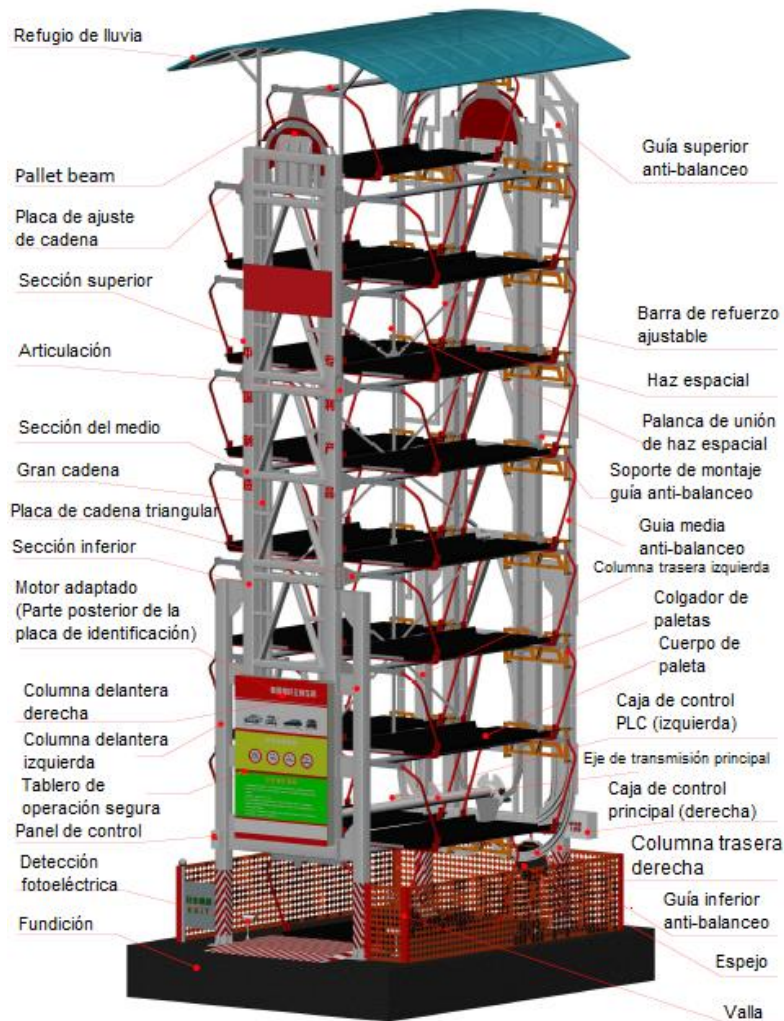
En la marca Mutrade, de origen chino, se encuentran elevadores de tipo ruleta o de rotación vertical, los cuales permiten la rotación de las plataformas para automóviles, para facilitar el ingreso y salida del automóvil, de las rampas de la estructura. En la figura 5 se representa dicho elevador, con capacidad para 16 automóviles.

Este tipo de elevadores se encuentra en diseños de 8 a 16 automóviles, en donde la variante es la altura de la torre y las características de la potencia eléctrica del motor que varía entre 7.5 a 18 kW, con capacidades en peso de automóviles desde 1800 kg hasta 2500 kg. Con estas características se puede elegir el modelo que se necesita en el diseño del estacionamiento. Estos equipos se comercian para activación con botón o tarjeta, nivel de ruido  $\leq 50$  db, rango de temperatura de trabajo de  $-40$  °C a  $+ 40$  °C, protección IP55, para parqueo de frente y retroceso, y con sistema de control por PLC. Requiriendo un área mínima de  $51.62$  m<sup>2</sup> ( $5.9 \times 8.75$  m) para operación.

El mismo fabricante también comercia sistemas de estacionamiento tipo torre, de 3 y 4 niveles, para que el vehículo pueda ingresar o salir de las plataformas es necesario acomodar el ingreso conforme se elevan las

plataformas, es decir que para que el vehículo superior pueda salir, es necesario que previamente salgan los automóviles en ubicaciones inferiores. En la figura 6 se observa un elevador de 3 y 4 niveles de estacionamientos.

Figura 5. Estructura principal elevador de rotación vertical



Fuente: Shandong Jiuroad Parking Equipment Co.Ltd (s.f). *Automatic rotary system installation manual.*

Figura 6. **Elevadores tipo torre de 3 y 4 niveles de estacionamientos**

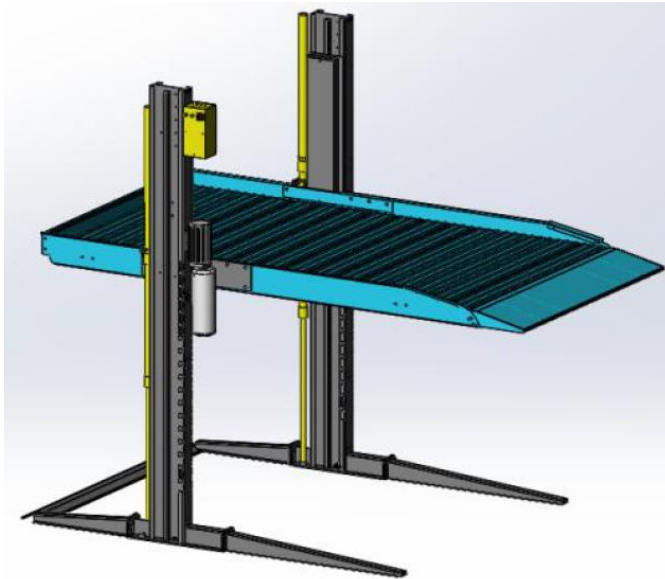


Fuente: Mutrade Industrial Corp (s.f). *Vehicle parking lifts & systems catalog*.

También se encuentran elevadores más compactos, como el elevador de dos plazas, comercializado por distintos fabricantes, como, Mutrade y Kaiqian de origen chino, y Omer de origen italiano. Estos elevadores constan de una sola plataforma de elevación, la cual eleva el vehículo hasta una altura suficiente que permita estacionar otro vehículo en la parte inferior.

Aunque correspondan a distintos fabricantes, este tipo de elevadores tiene un diseño muy similar entre productores, son elevadores de tipo electrohidráulicos, que, al accionar su mecanismo de elevación, acciona una bomba hidráulica la cual impulsa aceite hacia dos cilindros telescópicos de efecto simple, estos ejecutan el movimiento ascendente de la plataforma hasta llegar a la altura deseada. En la figura 7 se representa un elevador de dos plazas para automóviles de la marca Kaiqian.

Figura 7. **Elevador de dos plazas para automóviles KQL-2-2700.**



Fuente: Shandong Kaiqian. (2018). *Installation manual & operation instructions, two post car parking lift, model KQHL-2-2700.*

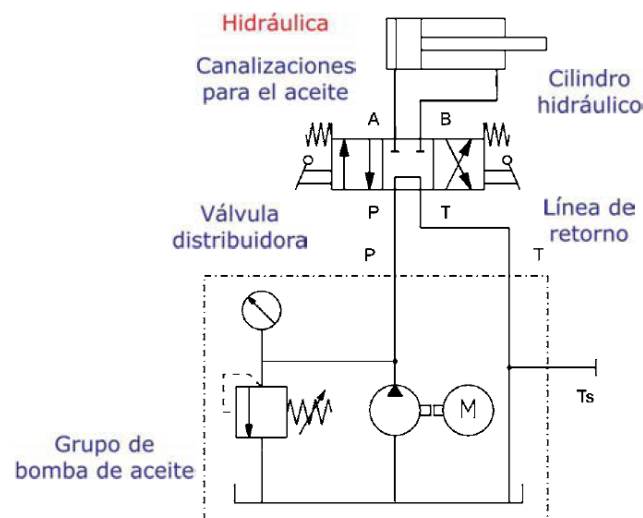
Estos elementos de los sistemas del elevador de dos plazas se desarrollan en los siguientes apartados.

### **7.3.2. Sistema hidráulico**

Un sistema hidráulico es el que utiliza la presión de un fluido para realizar un trabajo. El sistema está integrado básicamente por un depósito de fluido, una bomba hidráulica, un medio de transporte del fluido, tuberías o mangueras y un dispositivo actuador, generalmente un cilindro de pistón. El fluido se toma del depósito y se hace circular por medio de la bomba hidráulica por las tuberías o mangueras para accionar un cilindro de pistón, el cual traslada la fuerza de trabajo para realizar la tarea deseada.

Al finalizar el trabajo, dicho fluido se regresa al tanque, en este escenario el fluido es reutilizado en los distintos ciclos de trabajo. La figura 8 presenta un esquema de componentes de un sistema hidráulico.

Figura 8. **Esquema de componentes de sistema hidráulico**



Fuente: Cerdá (2018). *Automatismos neumáticos e hidráulicos*.

### 7.3.2.1. Cilindros de pistón

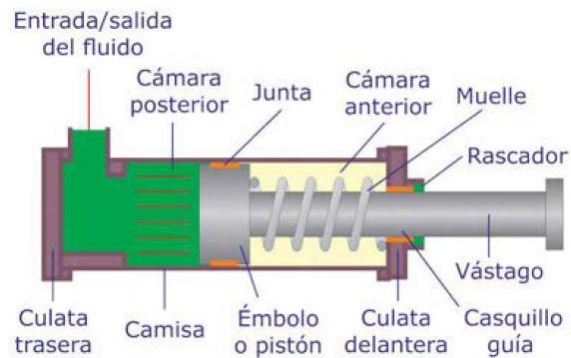
Cerdá (2018) define que un cilindro hidráulico es un dispositivo el cual posee un pistón que se alberga dentro de una cámara con la capacidad de soportar la presión necesaria para mover el pistón de forma longitudinal. Este dispositivo transforma la energía hidráulica en energía mecánica provocando el movimiento del pistón. Estos son similares a los pistones neumáticos con la diferencia de ser más robustos por la presión que soportan.

Existen distintos tipos de cilindros hidráulicos, entre estos los principales son los cilindros de efecto simple, en los que el fluido ingresa y egresa de la



cámara cilíndrica por un mismo punto, ejerciendo la presión que hará mover el pistón. En la figura 9 se presenta un esquema de su funcionamiento.

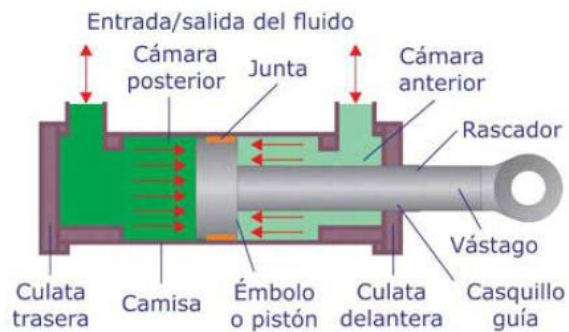
Figura 9. **Cilindro de simple efecto**



Fuente: Cerdá (2018). *Automatismos neumáticos e hidráulicos*.

Los cilindros de doble efecto constan de dos puntos de ingreso y salida de fluido, por lo que el movimiento se genera dependiendo de la recámara donde se inyecta el fluido. La figura 10 representa el esquema de su funcionamiento.

Figura 10. **Cilindro de doble efecto**



Fuente: Cerdá (2018). *Automatismos neumáticos e hidráulicos*.

También se encuentran los cilindros telescópicos, estos se pueden hallar de simple efecto y de doble efecto. Su peculiaridad es que dentro del pistón principal tienen un segundo pistón, esto hace que cuando se inyecta fluido dentro de la recámara, el primer pistón comienza su movimiento longitudinal, al llegar a su final de carrera, el segundo pistón comienza su movimiento, alcanzando una mayor distancia de final de carrera.

Este tipo de cilindros son muy utilizados en grúas y en el caso práctico de esta investigación son los utilizados principalmente en los elevadores de dos plazas para automóviles para elevar la plataforma. En la figura 11 se observa, en la parte izquierda, un cilindro telescópico retraído mientras que, en la parte derecha, se encuentra el pistón telescópico completamente extendido, haciendo el trabajo de elevar la plataforma del vehículo.

Figura 11. **Cilindro de doble efecto**



Fuente: [Fotografía de Romeo Cabrera]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

### 7.3.2.2. Bomba hidráulica

La bomba hidráulica consta de un motor eléctrico y un acoplamiento mecánica que impulsará el fluido, de esta forma transforma la energía mecánica que genera el motor eléctrico, en energía de presión hidráulica (Creus, 2007).

La figura 12 representa una bomba hidráulica utilizada para los elevadores de automóviles, la cual toma el aceite del depósito que se encuentra debajo de ella, consta de la válvula por la cual inyecta el fluido a la manguera de distribución. Posee una válvula para liberación manual (figura 13), para liberar la presión y hacer descender la plataforma en caso de ausencia del suministro eléctrico. En la figura 14 se observan tres conectores, en el lado izquierdo un conector de tubo de aceite de repuesto, en el centro un tornillo de ajuste de velocidad del aceite y en la parte derecha, en color rojo, una válvula de seguridad de desbordamiento.

Figura 12. **Bomba hidráulica de elevador de dos plazas para automóviles**



Fuente: Shandong Kaiqian. (2018). *Installation manual & operation instructions, two post car parking lift, model KQHL-2-2700.*

Figura 13. **Válvula de liberación manual**



Fuente: Shandong Kaiqian. (2018). *Installation manual & operation instructions, two post car parking lift, model KQHL-2-2700.*

Figura 14. **Válvula de liberación manual**



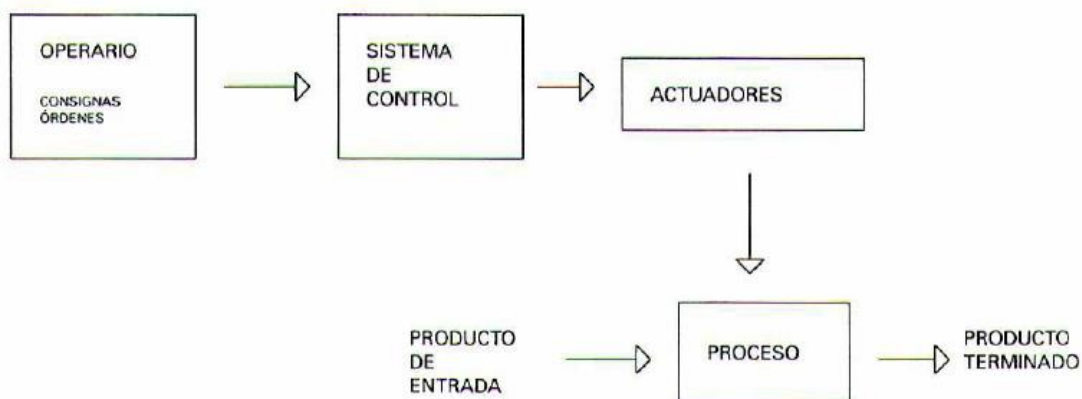
Fuente: [Fotografía de Romeo Cabrera]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

### 7.3.3. Sistema eléctrico

Cuando hablamos del sistema eléctrico del elevador de automóviles, nos referimos a una automatización eléctrica, la cual estará comprendida por un sistema de control y dispositivos de seguridad, los cuales interactúan para el funcionamiento de arranque o paro del equipo.

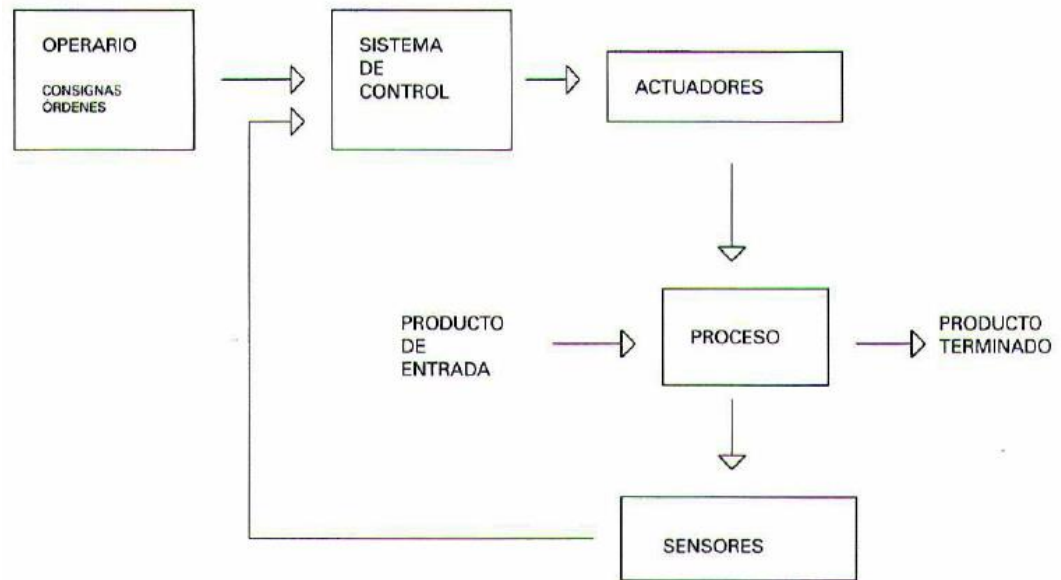
Cembranos (2002) plantea que, al tratar de sistema de automatización, se puede hacer referencia a sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado. Los sistemas de lazo abierto tienen como cualidad que las variables que se están controlando comunican en una sola dirección, es decir que no proporcionan ninguna retroalimentación que indique si el proceso fue realizado correctamente. Al contrario, en los sistemas de lazo cerrado se tiene la cualidad que las variables en cuestión proporcionan una retroalimentación al sistema de control indicando cual es el estado del proceso y si las acciones fueron realizadas correctamente. En la figura 15 se detalla el proceso de lazo abierto y la figura 16 el proceso de lazo cerrado.

Figura 15. Sistema de lazo abierto



Fuente: Cembranos, F. (2002). *Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos*.

Figura 16. **Sistema de lazo cerrado**



Fuente: Cembranos, F. (2002). *Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos*.

Para el caso de los elevadores de dos plazas para automóviles, estos tienen un sistema de lazo cerrado, en el que los sensores de final de carrera y de presencia indican al sistema de control si el proceso ha finalizado correctamente.

### 7.3.3.1. **Sistema de control**

Los relevadores y contactores que controlan el sistema se resguardan en dos gabinetes plásticos IP66, en uno se albergan los dispositivos de control y en otro los dispositivos de fuerza.

El circuito de control utiliza un interruptor de llave de dos posiciones para subir o bajar el elevador, este cuadro de mando tiene un botón con enclavamiento para un paro de emergencia, este se utiliza regularmente para dejar el sistema bloqueado y así evitar que sea accionado accidentalmente.

Este interruptor de llave provoca que el sistema de control accione un contactor que realiza la alimentación eléctrica de la bomba hidráulica para accionar el mecanismo que eleva la plataforma, está al llegar a la altura necesaria activa un interruptor de límite que hace la función de un final de carrera, indicando al sistema de control que la plataforma ha llegado a la posición superior y desconecta el suministro de energía de la bomba hidráulica. En la figura 17 se presenta el interruptor de límite, el cual se ubica en la parte superior de una de las columnas del elevador.

Para hacer descender la plataforma el sistema de control acciona una electroválvula que libera el paso del aceite de regreso al depósito, este descenso se realiza por gravedad utilizando el peso de la plataforma y el vehículo para hacer salir el aceite de los pistones.

Figura 17. **Interruptor de límite para final de carrera**



Fuente: [Fotografía de Romeo Cabrera]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

### **7.3.3.2. Dispositivos de seguridad**

Como parte de la automatización el sistema tiene dispositivos que funcionan directamente para seguridad del usuario.

Como se ha mencionado, el cuadro de mando posee un botón de enclavamiento para paro de emergencia, al presionarlo, este se queda enclavado y no permite el movimiento de la plataforma en ninguna dirección, para liberarlo es necesario girarlo para que salte nuevamente y el sistema vuelva a modo operacional.

También posee un sensor fotoeléctrico, el cual funciona detectando proximidad, este se coloca en uno de los postes del elevador a unos 30 cm del nivel del suelo, éste al identificar presencia de un objeto o vehículo detiene el movimiento descendente de la plataforma.

Adicionalmente, se tienen bloqueos mecánicos en la plataforma que encajan en las columnas del elevador, la función de estos es que al intentar bajar la plataforma bloquean el movimiento de esta para impedir que descienda, estos dispositivos están dirigidos a evitar descensos de la plataforma accidentales por pérdida de presión en los pistones. La figura 18 detalla el bloqueo mecánico mencionado.

Cuando se acciona el sistema para descender la plataforma, el sistema de control activa dos solenoides que retiran el bloqueo mecánico permitiendo bajar la plataforma, los cuales se muestran en la figura 19.



Figura 18. **Bloqueo mecánico de plataforma**



Fuente: [Fotografía de Romeo Cabrera]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

Figura 19. **Solenoide de bloqueos mecánicos**

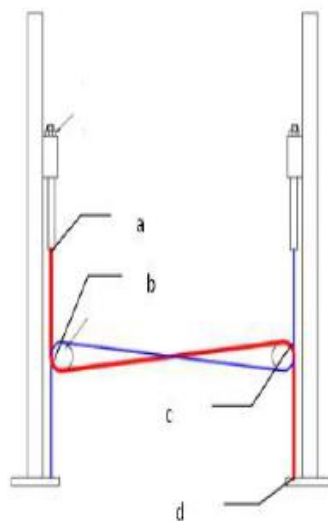


Fuente: [Fotografía de Romeo Cabrera]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

### 7.3.4. Sistema mecánico

Como parte del sistema mecánico del elevador, tenemos dos cadenas que hacen la función de nivelación de la plataforma, estas se instalan de forma cruzada, en la parte superior de cada columna del elevador se tiene un tornillo, el cual se utiliza para graduar la tensión de cada cadena (figura 21) en la parte inferior de cada columna está el anclaje de las cadenas. Estas se ajustan hasta lograr que la plataforma tomé un nivel horizontal, para evitar que suba o baje desproporcionadamente. En la figura 20 se muestra el esquema de instalación de las cadenas de nivelación, en color rojo está representada la primera cadena y en color azul la segunda, la posición a, es el anclaje superior de la cadena, donde se ubica el tornillo de ajuste, la posición b y c, son poleas de paso para direccionar la cadena por debajo de la plataforma y la posición d, es el anclaje inferior de la cadena. En la figura 22 se visualiza la polea de paso de las cadenas.

Figura 20. Cadenas de nivelación



Fuente: Shandong Kaiqian. (2018). *Installation manual & operation instructions, two post car parking lift, model KQHL-2-2700.*

Figura 21. **Tornillo de ajuste de cadena**



Fuente: [Fotografía de Romeo Cabrera]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

Figura 22. **Polea de paso de cadenas**



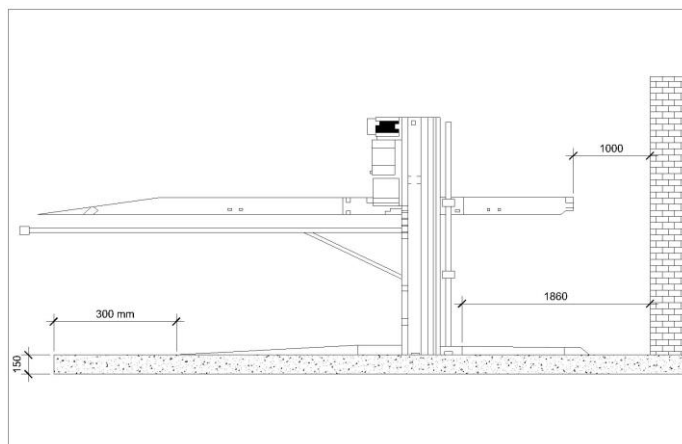
Fuente: [Fotografía de Romeo Cabrera]. (Guatemala, Guatemala. 2021). Colección particular. Guatemala.

### 7.3.4.1. Sistema de anclaje

La superficie y el anclaje del equipo es un factor muy importante para los elevadores de dos plazas para automóviles ya que el equipo debe de estar instalado horizontalmente para que el vehículo no suba desnivelado ni produzca inclinaciones, la cimentación sobre la que se instalan las columnas del elevador deben de cumplir con un espesor mínimo de 15 cm con una resistencia de 3000 PSI (Shandong Kaiqian, 2018).

Al anclar el equipo se debe de tener en cuenta dimensiones que se deben respetar para la maniobrabilidad del vehículo al estacionarse, estas se representan en la figura 23. Las columnas principales del elevador y las patas laterales se anclan con 11 pernos, por cada pata del elevador, cada pata tiene las perforaciones realizadas en las ubicaciones donde se debe colocar cada perno, al instalar el técnico deberá validar las ubicaciones para que éstas respeten las distancias indicadas en la figura 23.

Figura 23. Dimensiones a considerar en el elevador



Fuente: Shandong Kaiqian. (2018). *Installation manual & operation instructions, two post car parking lift, model KQHL-2-2700.*

### **7.3.5. Normativas**

Los elevadores de automóviles, por ser generalmente de fabricación asiática y europea, se rigen con las normas EN1493:2010 y la referencia a la directiva 2006/42/EC.

La norma EN1493:2010 para elevadores de vehículos, comprende dentro de sus alcances factores de diseño y seguridad a considerar para los elevadores de medios de transporte terrestre, tanto en temas estructurales, eléctricos y mecánicos.

La directiva 2006/42/EC regula los aspectos desde la fase de diseño, fabricación, instalación y mantenimiento de maquinarias y equipos, con el fin de reducir accidentes, buscando la seguridad de los usuarios y personal técnico. En el apartado 1.6 se tocan los puntos referentes al mantenimiento. Separándolo en estos puntos principales:

- Mantenimiento de la máquina: establece que los trabajos que se realicen deben de poder realizarse fuera de zonas de peligro y con la máquina detenida.
- Acceso a los puntos de trabajo: indica que la máquina debe de ser diseñada de tal forma que se tengan completo acceso a las áreas que se necesite intervenir.
- División de las fuentes de energía: el equipo debe de ser capaz de ser aislado de su fuente de energía, contando con un método de descarga de energía residual y un sistema de bloqueo para evitar accionamientos accidentales.

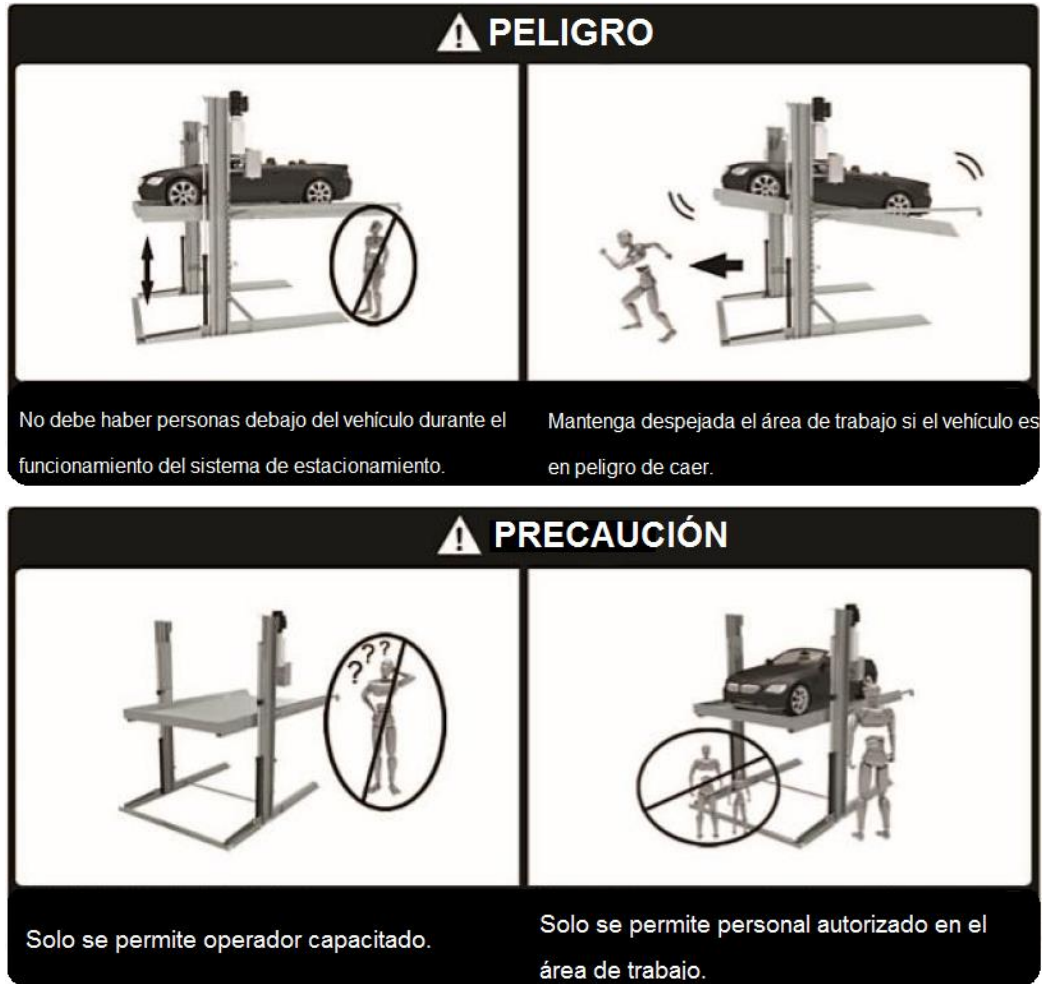
- Participación del operador: deben de ser diseñadas de manera que la participación del operador pueda efectuarse con facilidad y seguridad.
- Limpieza: se debe diseñar y fabricar de tal modo que se pueda realizar la limpieza de cada pieza de forma segura.

#### **7.4. Seguridad y medio ambiente**

Tratando del tema de seguridad, debemos considerar tanto la seguridad del técnico como del usuario que utiliza el equipo, este tipo de elevadores manejan cargas considerables, las cuales podrían poner en riesgo al personal que esté cerca del mismo si no se consideran medidas adecuadas.

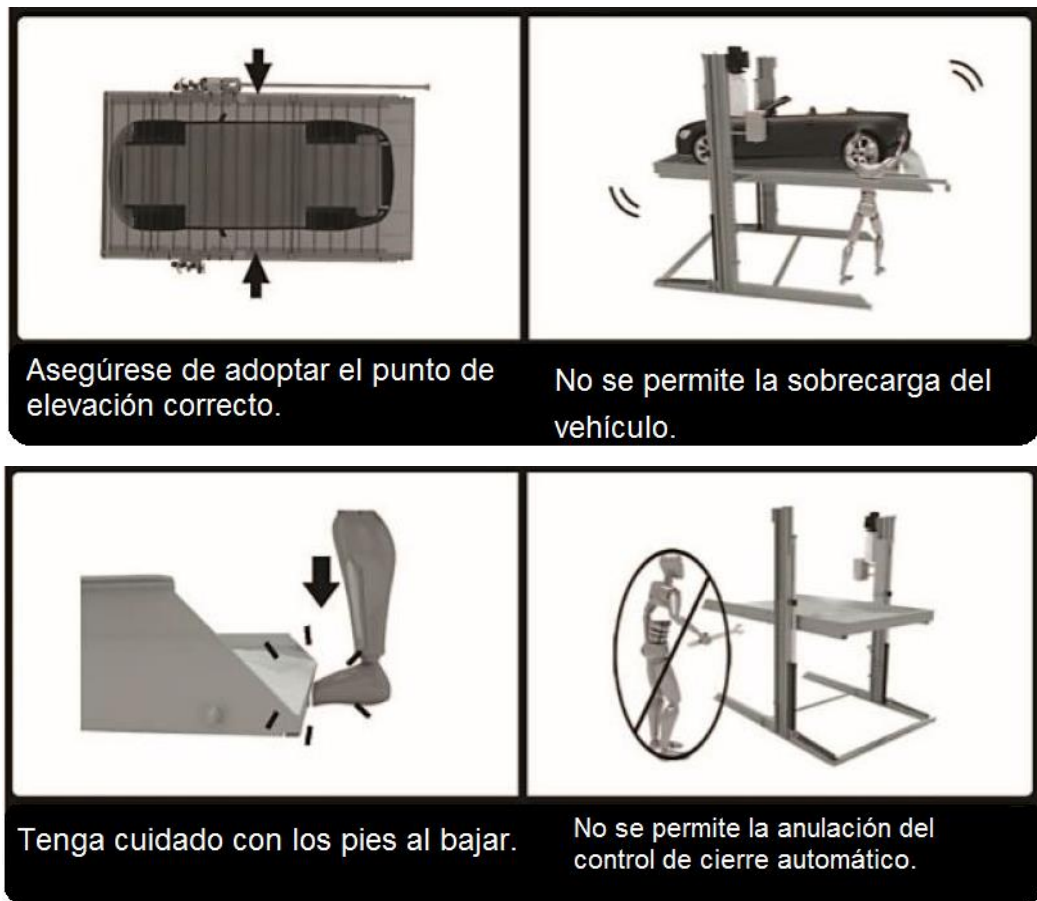
En la figura 24, 25 y 26 se muestran algunas advertencias en cuando al estacionamiento del vehículo, las cuales se centran en el correcto estacionamiento, tomando en cuenta el sistema de elevación, ubicando de forma adecuada el vehículo dentro de la rampa, sin olvidar colocar los medios seguridad propios del vehículo, como el freno de mano, así mismo se presentan advertencias al usuario para el ascenso y descenso de la plataforma y advertencias de operación al técnico cuando está realizando tareas de mantenimiento o reparación.

Figura 24. Advertencias de seguridad



Fuente: Shandong Kaiqian. (2018). *Installation manual & operation instructions, two post car parking lift, model KQHL-2-2700.*

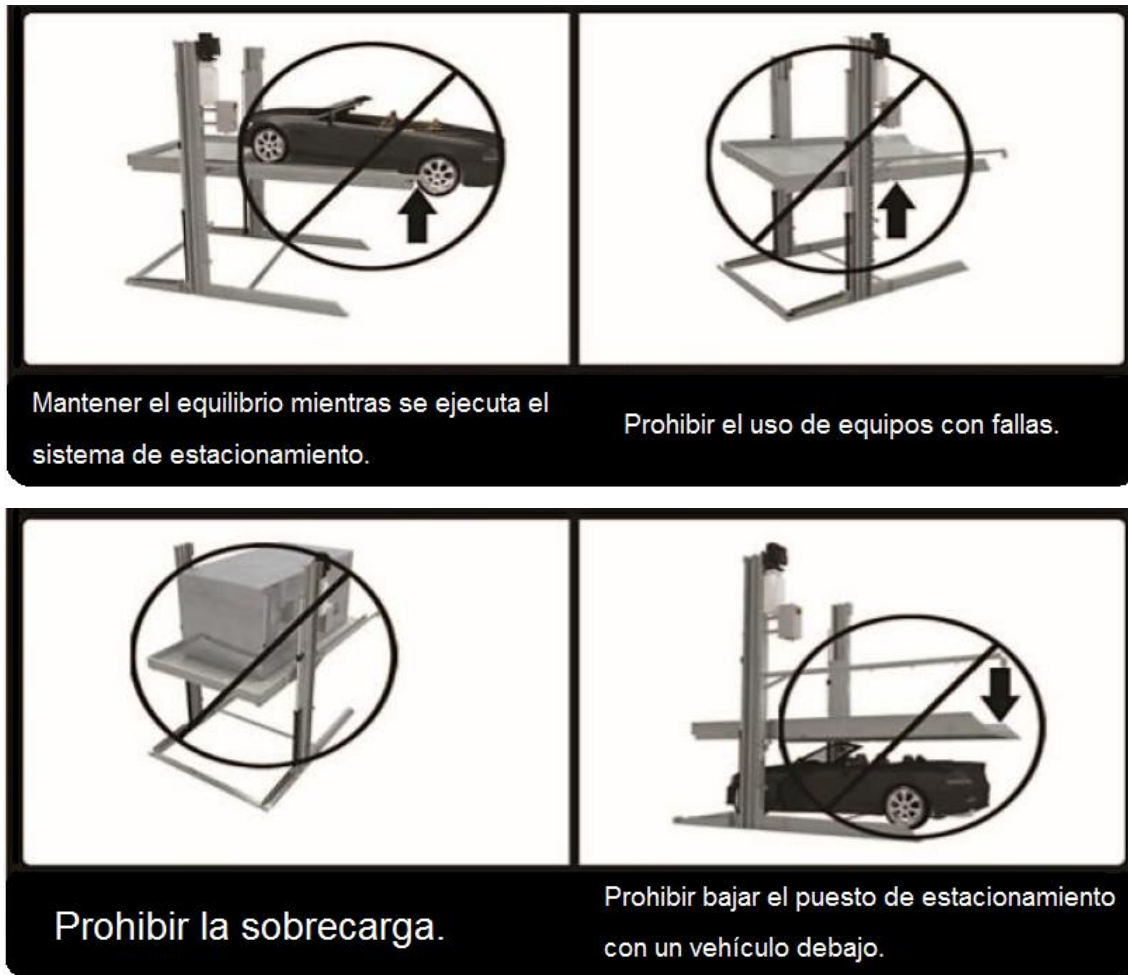
Figura 25. Advertencias de seguridad



Fuente: Shandong Kaiqian. (2018). *Installation manual & operation instructions, two post car parking lift, model KQHL-2-2700.*



Figura 26. **Advertencias de seguridad**



Fuente: Shandong Kaiqian. (2018). *Installation manual & operation instructions, two post car parking lift, model KQHL-2-2700.*

#### 7.4.1. **Montaje y desmontaje**

Para las maniobras de montaje y desmontaje de piezas durante las tareas de mantenimiento se debe de tener en consideración el tipo de tarea a realizar según su complejidad, cuando estas puedan afectar la estabilidad de la rampa se debe de considerar deshabilitar los elevadores aledaños para evitar el riesgo

algún accidente y señalar debidamente las áreas a trabajar. Todos los trabajos de mantenimiento deben de realizarse, considerando la seguridad del personal, deben desconectarse los suministros de energía realizando los bloqueos y etiquetados correspondientes.

Se debe considerar que el elevador consta de piezas de peso elevado, por lo que algunas no deberían de ser cargadas por el personal directamente, sino utilizar polipastos o grúas según sea el caso. En la tabla I se muestra el peso de las piezas principales y la recomendación del método de carga según el fabricante.

Tabla I. **Método de transporte por peso de piezas**

| <b>Descripción</b>                               | <b>Peso (kilogramo)</b> | <b>Método de transporte</b> |
|--|-------------------------|-----------------------------|
| 1 Cilindro                                       | 40                      | Por grúa o polipasto        |
| 2 Correo   | 120                     |                             |
| 3 Unidad de potencia con carro                   | 23                      |                             |
| 4 de bastidor                                    | 36                      |                             |
| 5 Pies delanteros                                | 30                      |                             |
| 6 Pies traseros                                  | 50                      |                             |
| 7 Rampa  | 40                      |                             |
| <b>Piezas con peso inferior a 20 Kg</b>          |                         |                             |
| 1 Placas onduladas                               |                         | Manejo humano               |
| 2 Placa de soporte                               |                         |                             |
| 3 Panel de control eléctrico / caja de operación |                         |                             |

Fuente: Shandong Kaiqian. (2018). *Installation manual & operation instructions, two post car parking lift, model KQHL-2-2700.*

El reglamento de salud y seguridad ocupacional (Decreto 229-2014) en el artículo 89 indica que la manipulación de las cargas no debe de exceder el peso señalado en el reglamento. En el artículo 90 describe los pesos establecidos

para hombres y mujeres según el rango de edad, información que se presenta en la tabla II.

Tabla II. **Límites máximos de pesos para manipulación de cargas**

|                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| Varones de 16 a menos de 18 años | 15 Kilogramos |
| Varones de 18 a 21 años          | 20 Kilogramos |
| Mujeres de 16 a menos de 18 años | 10 kilogramos |
| Mujeres de 18 a 21 años          | 15 Kilogramos |
| Varones adultos                  | 55 Kilogramos |

Fuente: Ministerio de Trabajo y Previsión Social (2014). *Reglamento de salud y seguridad ocupacional.*

Para trabajos de mantenimiento se debe considerar el uso de equipo adecuado de protección personal, EPP, con el que debe de contar el personal técnico, para disminuir los riesgos propios según la naturaleza del trabajo que se realiza.

#### **7.4.2. Disposición adecuada de residuos**

Departamento de servicios técnicos servicio de medio ambiente (2008) indica que, en los talleres de trabajo, se suele generar distintos tipos de residuos, los cuales podemos clasificar como residuos peligrosos (aceites, baterías), residuos industriales no peligrosos (trapos, repuestos, neumáticos), residuos urbanos (cartones, recipientes plásticos, papel y similares) y residuos voluminosos urbanos (carrocerías, *palets*, entre otros). Cada uno de estos residuos debe desecharse de la manera correcta evitando contaminar el medio ambiente.

#### **7.4.2.1. Repuestos**

Para el manejo de estos desechos se recomienda contar con contenedores apropiados en donde se puedan depositar los residuos acordes a su clasificación, dichos contenedores deben estar en áreas ventiladas y techadas para evitar la exposición al sol y a la lluvia, estos se deben evaluar para ser sometidos a un proceso de reciclaje, para esta tarea es conveniente apoyarse con gestores de residuos autorizados (Departamento de servicios técnicos servicio de medio ambiente, 2008).

#### **7.4.2.2. Lubricantes**

Para evitar la contaminación por lubricantes, en las áreas donde se trabaje y exista el riesgo de derrames debe utilizarse una bandeja de contención, y en caso de no poder evitar el derrame, este debe contenerse con materiales absorbentes como paños y aserrín, estos derrames nunca deben de limpiarse con agua para evitar contaminar los canales de agua residuales (Departamento de servicios técnicos servicio de medio ambiente, 2008).

Los lubricantes que desechen deben de ser recolectados en recipientes según su naturaleza, los aceites hidráulicos y lubricantes en un recipiente, los aceites dieléctricos y solventes en recipientes distintos, no es recomendable mezclar aceites hidráulicos y lubricantes con aceites dieléctricos o solventes. Estos desechos deben depositarse en recipientes debidamente identificados. Para su desecho estos recipientes deben permanecer cerrados para evitar emisiones, estar en un área ventilada, con canales antiderrames, señalizados, contar con extintores adecuados en el área, esperando a ser trasladados a empresas autorizadas para el manejo de este tipo de desechos (Corporación eléctrica del Ecuador, s.f).



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Mantenimiento

##### 1.1.1. Tipos de mantenimiento

##### 1.1.1.1. Mantenimiento preventivo

#### 1.2. Plan de mantenimiento

##### 1.2.1. Componentes del plan de mantenimiento

#### 1.3. Elevador de automóviles para parqueo

##### 1.3.1. Tipos de elevadores de automóviles

##### 1.3.2. Sistema hidráulico

##### 1.2.2.1. Cilindros de pistón

##### 1.2.2.2. Bomba hidráulica

##### 1.3.3. Sistema eléctrico

##### 1.3.3.1. Sistema de control

##### 1.3.3.2. Dispositivos de seguridad

- 1.3.4. Sistema mecánico
  - 1.3.4.1. Sistema de anclaje
- 1.3.5. Normativas
- 1.4. Seguridad y medio ambiente
  - 1.4.1. Montaje y desmontaje
  - 1.4.2. Disposición adecuada de residuos
    - 1.4.2.1. Repuestos
    - 1.4.2.2. Lubricantes

## 2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

## 3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Diseño de investigación**

El estudio a realizar es de tipo no experimental, porque se realizará una observación del proceso actual y basado en lo que se pueda ver y registrar se realizará una propuesta para un plan de mantenimiento preventivo, no se realizarán cambios experimentales para registrar los resultados.

### **9.2. Tipo de estudio**

El tipo de estudio a realizar es cuantitativo, porque dentro de la investigación se tendrán variables cuantitativas dentro del análisis. Dichas variables se registran en campo y en procedimientos de medición para establecer los parámetros iniciales de operación.

### **9.3. Alcance de investigación**

El alcance de investigación es descriptivo ya que se actuará como observador del proceso y se describirá el mismo, en base a lo observado se realizará el plan de mantenimiento preventivo del equipo.

### **9.4. Variables e indicadores**

Las variables y los indicadores de estado se muestran en la tabla siguiente:



Tabla III. **Variables e indicadores**

| <b>Variables</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Tipo</b>                                  |
|---|--|--|
| Tiempo de disponibilidad<br>Elevación desnivelada<br>Arranque de equipo | Elevación de plataforma  | Cuantitativo<br>Cuantitativo<br>Cualitativo  |
| Conexión eléctrica<br>Estado físico<br>Estado de los Relevadores        | Condición de interruptor de arranque<br>Condición de circuito de control | Cualitativo<br>Cualitativo<br>Cuantitativo   |
| Consumo eléctrico<br>Edad de la bomba<br>Temperatura                    | Bomba hidráulica   | Cuantitativo<br>Cuantitativo<br>Cuantitativo |
| Escape de aceite<br>Estado físico<br>Estado de sellos                   | Mangueras  | Cualitativo<br>Cualitativo<br>Cualitativo    |

Fuente: elaboración propia.

## 9.5. Fases de investigación

Fase 1: Revisión documental. Antes de iniciar esta investigación, se procederá a efectuar una investigación de tipo documental sobre las teorías y conceptos en investigaciones previas para enriquecer los conocimientos que están relacionados con la investigación propuesta. En donde se podrá ampliar el concepto de un plan de mantenimiento preventivo y los conceptos de operación y funcionamiento de los elevadores de automóviles con énfasis en elevadores de dos plazas, para poder analizar el estado actual de la operación de los elevadores de automóviles, establecer los parámetros normales de operación y la estrategia que se podrá implementar para mantener los parámetros de operación adecuados.

Fase 2: Recopilación de información. En esta fase se realizará trabajo de campo para recabar información que se tomará como base para elaborar la investigación. Con esta información se obtendrá el diagnóstico del estado del elevador de dos plazas para automóviles en la fecha de investigación, conociendo si los parámetros bajo los cuales está trabajando y los procedimientos que se utilizan. Dichos parámetros se registrarán mediante la tabla indicada en el Apéndice.

Fase 3: Trabajo de gabinete. Tras la obtención de las variables de operación del equipo, la revisión del proceso de desarmado y armado, el diagrama causa – efecto de Ishikawa, se realizará un plan de subconjuntos para establecer un plan de mantenimiento preventivo que cumpla con los parámetros del equipo.

Fase 4: Presentación y discusión de resultados. En esta fase se realizará una síntesis de la información obtenida, con la cual se establecerán las fases del plan de mantenimiento y se establecerán las rutinas de inspección para la obtención de información para monitorear la condición del equipo.

## **9.6. Muestreo**

No se realizará muestreo ya que se utilizará la totalidad de la población de elevadores de dos plazas para automóviles ubicados en un parqueo de la zona 17 de la ciudad capital.

## **9.7. Resultados esperados**

Los resultados esperados después de la investigación son: un plan de mantenimiento preventivo y guías de rutina de inspección, medición y lubricación para el personal técnico.



## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Como parte de las técnicas de análisis de la información, se realizará la síntesis de la información del manual del elevador de dos plazas para automóviles e información del mantenimiento aplicable a dicho elevador, según las recomendaciones de fábrica, derivado de esta información, se listarán las variables críticas de funcionamiento de cada sistema y las tareas de mantenimiento recomendado.

Se identificarán las fuentes de información, como procedimientos empíricos, los criterios de evaluación, los requerimientos de seguridad del usuario y las recomendaciones de mantenimiento para cada sistema. Dicha información se tomará en cuenta para cotejar tablas de los componentes del elevador, variables y tareas de mantenimiento considerando las frecuencias de uso.

En dichas tablas se tomarán como valores de referencias las recomendaciones del fabricante y valores de información de placas de los componentes del elevador y se compararán con los valores obtenidos en el equipo para determinar el estado de operación del mismo y estimar rutinas de inspección, medición y lubricación.



## 11. CRONOGRAMA

Tabla IV. Cronograma

|  | Nov | Ene | Mar | May | Jul | Sep | Nov |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Aprobación de protocolo                                    | ■   |     |     |     |     |     |     |
| <b>Desarrollo de trabajo de graduación</b>                 | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   |     |     |
| <b>Fase 1: Revisión Documental</b>                         | ■   |     |     |     |     |     |     |
| Enriquecer marco teórico                                   | ■   |     |     |     |     |     |     |
| Información de manuales y catálogos                        |     | ■   |     |     |     |     |     |
| <b>Fase 2: Recopilación de información</b>                 |     | ■   | ■   | ■   |     |     |     |
| Revisión del proceso con personal técnico                  |     | ■   |     |     |     |     |     |
| Desglose de sistemas y subsistemas                         |     | ■   |     |     |     |     |     |
| Listado de variables por sistemas                          |     | ■   | ■   |     |     |     |     |
| Toma de datos de campo                                     |     |     | ■   | ■   |     |     |     |
| <b>Fase 3: Trabajo de gabinete</b>                         |     |     |     | ■   |     |     |     |
| Revisión del proceso de arme y desarme, causas y efectos   |     |     |     | ■   |     |     |     |
| Primera propuesta de plan de mantenimiento                 |     |     |     | ■   |     |     |     |
| <b>Fase 4: Presentación y discusión de resultados</b>      |     |     |     | ■   | ■   |     |     |
| Ordenamiento de información y comparación                  |     |     |     | ■   | ■   |     |     |
| Propuesta de rutinas de inspección, lubricación y medición |     |     |     |     | ■   |     |     |
| <b>Preparación de informe preliminar</b>                   |     |     |     |     | ■   |     |     |
| <b>Presentación de resultados</b>                          |     |     |     |     |     | ■   |     |
| <b>Discusión de resultados</b>                             |     |     |     |     |     | ■   |     |
| <b>Redacción de conclusiones</b>                           |     |     |     |     |     | ■   |     |
| <b>Redacción de recomendaciones</b>                        |     |     |     |     |     |     | ■   |
| <b>Redacción de informe final</b>                          |     |     |     |     |     |     | ■   |

Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para el desarrollo de esta investigación, se cuenta con el apoyo de la empresa distribuidora de los elevadores de automóviles, quien también será beneficiada con los resultados de esta investigación, el cual será utilizado como documento guía y soporte para la división de mantenimiento de la empresa. Se consideran los recursos humanos, económicos, materiales y tiempo necesario para su realización.

Para financiar económicamente los costos de la investigación se contempla que los costos de los recursos necesarios serán financiados por parte de la empresa distribuidora de elevadores para automóviles. Y dentro de los recursos humanos, que serán financiados por el investigador, solamente los honorarios del asesor del trabajo de investigación.

Como recurso humano, será necesario contar con un ingeniero de operaciones que conozca el proceso de funcionamiento del elevador de dos plazas para automóviles, que domine el proceso de cada uno de los sistemas que lo conforman, las partes críticas y las variables del proceso, con lo cual se podrá tener información y criterios confiables.

Dentro de los recursos materiales, físicos y tecnológicos, se debe contar con los descritos en la tabla V. Adicionalmente se deberá contar con al menos un elevador de dos plazas de automóviles para poder realizar la investigación.

Para el manejo de la información, la presentación de los resultados y la elaboración del informe final de esta investigación será necesario contar con



equipo, tal como, amperímetro de gancho, multímetro, medidor de nivel, manómetro. Dichos costos serán financiados por la empresa, incluyendo la mano de obra técnica de personal mecánico y electricista.

Tabla V. **Presupuesto de la investigación**

| <b>Recurso material, físico y tecnológico</b> |  |          |              |            |
|---|--|----------|--------------|------------|
| No.   | Descripción                              | Unidad   | Costo        |            |
| 1   | Amperímetro de gancho                    | 1        | Q2,500.00    |            |
| 2   | Multímetro                               | 1        | Q1,000.00    |            |
| 3   | Medidor de nivel                         | 1        | Q50.00       |            |
| 4   | Manómetro                                | 1        | Q1,000.00    |            |
| 5   | Materiales consumibles de mantenimiento  | Global   | Q600.00      |            |
|   |  | Subtotal | Q5,050.00    |            |
| <b>Recurso Humano</b>                         |  |          |              |            |
| No.   | Descripción                              | Horas    | Costo - hora | Costo      |
| 1   | Investigador                             | 50       | Q125.00      | Q6,250.00  |
| 2   | Asesor del trabajo de investigación      | 20       | Q125.00      | Q2,500.00  |
| 3   | Ingeniero de operaciones                 | 6        | Q215.00      | Q1,290.00  |
| 4   | Técnico mecánico                         | 16       | Q145.00      | Q2,320.00  |
| 5   | Técnico electricista                     | 8        | Q145.00      | Q1,160.00  |
| 6   | Monitor de salud y seguridad ocupacional | 4        | Q215.00      | Q860.00    |
|   |  | Subtotal |              | Q14,380.00 |
| <b>Resumen</b>                                |  |          |              |            |
| 1   | Recurso material, físico y tecnológico   |          |              | Q5,050.00  |
| 2   | Recurso Humano                           |          |              | Q14,380.00 |
|   |  | Total    |              | Q19,530.00 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

### 13. REFERENCIAS

1. Acuerdo Gubernativo 229-2014. Reglamento de salud y seguridad ocupacional. Diario de Centroamérica. Guatemala. 8 de agosto de 2014.
2. Becerril, I., Gutiérrez, J. y Hurtado, R. (enero, 2018) Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo para el aumento de la eficiencia de la maquinaria en una planta de fundición. *Revista Ciencia Administrativa*, (3), 588-603. Recuperado de <https://web.s.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=2&sid=67a30984-4cb8-4163-85ca-9792e1df03ae%40redis&bdata=JmxhbmMc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=138598784&db=buh>.
3. Cembranos, F. (2002) *Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos*. España: Editorial International Thompson Editores Spain Paraninfo, S.A. Recuperado de [https://kupdf.net/download/automatismos-electricos-neumaticos\\_5afce8e4e2b6f5e811899e4d\\_pdf](https://kupdf.net/download/automatismos-electricos-neumaticos_5afce8e4e2b6f5e811899e4d_pdf).
4. Cerdá, L. (2018) *Automatismos neumáticos e hidráulicos*. España: Ediciones Paraninfo, SA. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/502342498/Automatismos-Neumaticos-e-Hidraulicos>.

5. Colmenares, O. y Villalobos, D. (abril, 2014). Prospectiva metodológica para el mantenimiento preventivo. *Ingenium*, 15(30), 23-27.
6. Corporación Eléctrica del Ecuador (s.f). *Manejo, prevención y control de derrames de aceites químicos y combustibles*. Ecuador: Autor.
7. Creus, A. (2007) *Neumática e hidráulica*. España: Editorial Marcombo, S.A. Recuperado de [https://www.academia.edu/37145190/Neum%C3%A1tica\\_e\\_Hidr%C3%A1ulica\\_Antonio\\_Creus\\_Sol%C3%A9\\_LIBROSVIRTUAL](https://www.academia.edu/37145190/Neum%C3%A1tica_e_Hidr%C3%A1ulica_Antonio_Creus_Sol%C3%A9_LIBROSVIRTUAL).
8. Departamento de servicios técnicos servicio de medio ambiente (2008). *Guía de buenas prácticas ambientales talleres mecánicos*. España: Autor.
9. Duffuaa, S., Raouf, A. y Dixon, J., (2000) *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. México: Editorial Limusa, S.A. Recuperado de [https://www.academia.edu/15173781/Sistemas\\_de\\_Mantenimiento\\_Duffua\\_1](https://www.academia.edu/15173781/Sistemas_de_Mantenimiento_Duffua_1).
10. Estándar Europeo. (2010). *Elevadores de vehículos*. España: Autor.
11. García, S. (2003) *Organización y gestión integral de mantenimiento*. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A. Recuperado de [https://www.academia.edu/41042547/Organizacion\\_y\\_gestion\\_integral\\_de\\_mante](https://www.academia.edu/41042547/Organizacion_y_gestion_integral_de_mante).
12. González, F (2005) *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. España: Editorial Fundación Confemetal. Recuperado

de

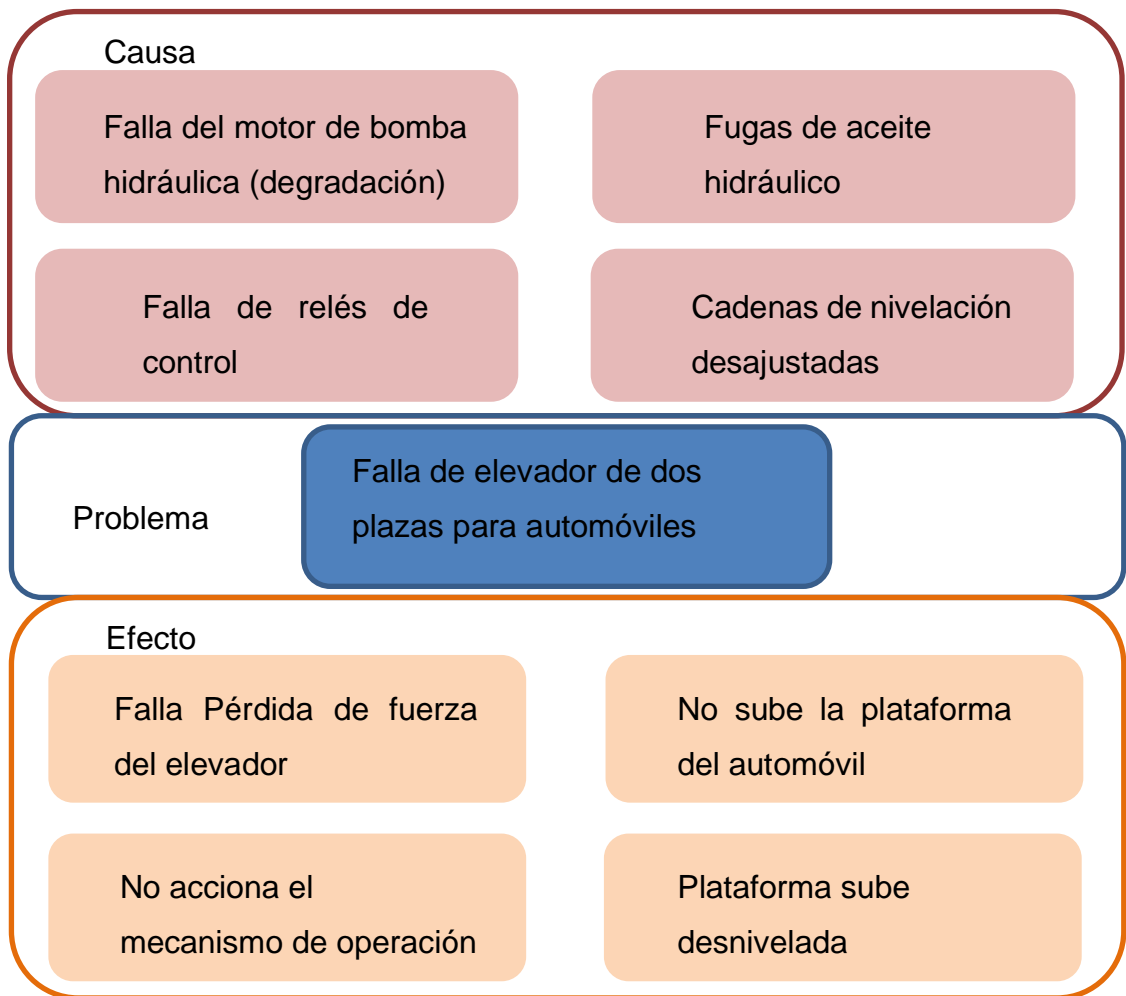
[https://www.academia.edu/42058714/Teor%C3%ADa\\_y\\_Pr%C3%A1ctica\\_del\\_Mantenimiento\\_Industrial\\_Avanzado](https://www.academia.edu/42058714/Teor%C3%ADa_y_Pr%C3%A1ctica_del_Mantenimiento_Industrial_Avanzado).

13. Hernández, P., Montes, J. Fernández, S., Carro, M. y García, L., (marzo, 2008a) Optimización del mantenimiento preventivo, utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Fundamentos teórico-prácticos. *Ingeniería Energética*, 29(2), 14-25. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3291/329127758003.pdf>.
14. Hernández, P., Montes, J. Fernández, S., Carro, M. y García, L., (marzo, 2008b) Optimización del mantenimiento preventivo, utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Resultados parciales teórico-prácticos. *Ingeniería Energética*, 29(2), 26-34. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127758004>.
15. Hernández, P., Montes, J. Fernández, S., Carro, M. y García, L., (marzo, 2008c) Optimización del mantenimiento preventivo, utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Resultados finales y evaluación económica. *Ingeniería Energética*, 29(2), 35-45. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127758005>.
16. Martínez, F. y Planagumá, A. (junio, 2021). Innovando desde la gestión del mantenimiento. El Remantenimiento. caso práctico central hidroeléctrica. *Ingeniería Energética*, 42(2), 1-13. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1815-59012021000200048](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1815-59012021000200048).

17. Mutrade Industrial Corp (s.f). *Vehicle parking lifts & systems catalog*. China: Autor.
18. Sarmiento, D., Catarino, E., Velázquez, G. y González, A. (abril, 2018). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo. *Revista Ciencia Administrativa*, (4), 211-228.
19. Shandong Jiuroad Parking Equipment Co.Ltd (s.f.). *Automatic rotary system installation manual*. China: Autor.
20. Shandong Kaiqian. (2018). *Installation manual & operation instructions, two post car parking lift, model KQHL-2-2700*. China: Autor.
21. Tabares, L. (s.f.). *Administración moderna de mantenimiento*. Brasil: Editorial Novo Polo Publicacoes. Recuperado de <https://soportec.files.wordpress.com/2010/06/administracion-moderna-de-mantenimiento.pdf>.

## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

## Apéndice 2. Matriz de coherencia

| <b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA ELEVADOR DE DOS PLAZAS PARA AUTOMÓVILES UBICADO EN UN ESTACIONAMIENTO EN CIUDAD DE GUATEMALA</b> |  |   |
|---|--|---|
| <b>Objetivo general</b>   |  |   |
| Establecer un plan de mantenimiento preventivo para elevadores de dos plazas para automóviles ubicado en un estacionamiento de ciudad de Guatemala.                     |  |   |
| ¿Qué plan de mantenimiento preventivo se puede establecer para la adecuada operación de los elevadores de dos plazas para automóviles utilizados en un estacionamiento? |  |   |
| <b>Objetivo específico</b>  | <b>Pregunta de investigación</b>   | <b>Indicadores</b>  |
| <b>1</b> Determinar las condiciones de operación de los elevadores de dos plazas para automóviles a la fecha de investigación.  | ¿Cómo podría conocerse las condiciones actuales de operación de los elevadores de dos plazas para automóviles?                                     | Tiempo de disponibilidad, nivel de plataforma, no accionamiento de arranque, nivel del aceite hidráulico.   |
| <b>2</b> Establecer las condiciones adecuadas de operación y funcionamiento del elevador de dos plazas para automóviles.  | ¿Cuáles son las condiciones adecuadas de operación y funcionamiento del elevador de dos plazas para automóviles?                                   | Condición de interruptor de arranque, condición de bomba hidráulica, fugas en sistema hidráulico, condición de relés de control, ajuste de cadenas de nivel |
| <b>3</b> Determinar la estrategia de mantenimiento para mantener el elevador dos plazas para automóviles en condiciones adecuadas de operación.                         | ¿Qué estrategia de mantenimiento puede diseñarse para mantener las adecuadas condiciones de operación del elevador de dos plazas para automóviles? | Rutina de Inspección, rutina de medición, rutina de lubricación.  |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

### Apéndice 3. Formato de revisión inicial

#### Elevador de dos plazas para automóviles

Elevador No. \_\_\_\_\_

Edad del elevador: \_\_\_\_\_

Fecha de revisión: \_\_\_\_\_

| No. | Actividad   | Si | No | Observación |
|-----|---|----|----|-------------|
| 1   | Consultar al usuario de fallos tenidos con el equipo                    |    |    |             |
| 2   | Visualización de dispositivos de seguridad                              |    |    |             |
| 3   | Revisión de anclaje y fijación del equipo                               |    |    |             |
| 4   | Prueba inicial  |    |    |             |
| 5   | Medición de alimentación eléctrica                                      |    |    |             |
| 6   | Revisión de botón de emergencia y accionamiento manual automático       |    |    |             |
| 7   | Revisión de tablero, contactores, relevadores y protecciones eléctricas |    |    |             |
| 8   | Revisión de selector de activación                                      |    |    |             |
| 9   | Revisión de freno mecánico  |    |    |             |
| 10  | Revisión de nivel de aceite   |    |    |             |
| 11  | Revisión de mangueras, acoples y sellos                                 |    |    |             |
| 12  | Revisión de finales de carrera  |    |    |             |
| 13  | Revisión de lubricación de cadena de niveladora y polea                 |    |    |             |
| 16  | Revisión de actuadores telescópicos simples                             |    |    |             |
| 17  | Revisión de cable viajero   |    |    |             |
| 18  | Revisión de conexiones en tarjeta principal por falsos contactos        |    |    |             |
| 19  | Pruebas finales sin vehículo  |    |    |             |
| 20  | Pruebas finales con vehículo  |    |    |             |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.



