



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
TALANQUERAS HIDRÁULICAS DE SISTEMAS DE ACCESO VEHÍCULAR EN LA CIUDAD
DE GUATEMALA**

German Antonio Puluc Pérez

Asesorado por el Mtro. Ing. Walter Gioveny Orellana Barrera

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
TALANQUERAS HIDRÁULICAS DE SISTEMAS DE ACCESO VEHÍCULAR EN LA CIUDAD
DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GERMAN ANTONIO PULUC PÉREZ

ASESORADO POR MTRO. ING. WALTER GIOVENY ORELLANA BARRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2023

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 Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

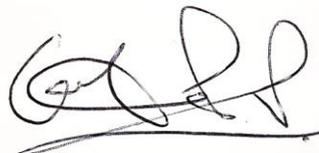
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Marco Vinicio Monzón Arriola
EXAMINADOR	Ing. Walter Leonel Ávila Echeverría
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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
TALANQUERAS HIDRÁULICAS DE SISTEMAS DE ACCESO VEHÍCULAR EN LA CIUDAD
DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 6 de noviembre de 2022.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'GAP', with a horizontal line underneath.

German Antonio Puluc Pérez



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 28 de octubre de 2022.

Ingeniero M.Sc.
Edgar Álvarez Cofí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12

Distinguido Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor del estudiante **German Antonio Puluc Pérez**, carné número **999006703**, he procedido a la revisión del protocolo cuyo título es "**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TALANQUERAS HIDRÁULICAS DE SISTEMAS DE ACCESO VEHÍCULAR EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**", para optar al grado académico de Maestro en Ingeniería de Mantenimiento, he procedido a la revisión del mismo.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que el estudiante **German Antonio Puluc Pérez**, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,

Walter Gioveny Orellana Barrera
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 17,166

MA. Ing. Mec. Ind. Walter Gioveny Orellana Barrera
Maestro en Ingeniería de Mantenimiento
Asesor



EEPFI-PP-1534-2022

Guatemala, 6 de noviembre de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

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

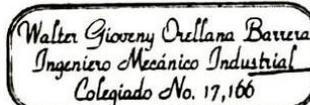
El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TALANQUERAS HIDRÁULICAS DE SISTEMAS DE ACCESO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión del Mantenimiento - Control de efectividad de mantenimiento basado en indicadores (disponibilidad, tiempo entre fallas, criticidad, tiempo medio entre fallas, entre otros)**, presentado por el estudiante **German Antonio Puluc Pérez** carné número **9516000**, 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"


Mtro. Walter Gioveny Orellana Barrera
Asesor(a)


Walter Gioveny Orellana Barrera
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 17,166


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




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





EEP-EIMI-1307-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería 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 TALANQUERAS HIDRÁULICAS DE SISTEMAS DE ACCESO VEHÍCULAR EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario German Antonio Puluc Pérez, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 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 Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TALANQUERAS HIDRÁULICAS DE SISTEMAS DE ACCESO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **German Antonio Puluc Pérez**, 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, enero de 2023

AACE/gaac

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi guía y acompañante y por darme la oportunidad de alcanzar una meta más en mi vida.
- Mis padres** Ismael Puluc (q.e.p.d) y María Pérez por los valores y principios que me inculcaron y por su apoyo para brindarme siempre las enseñanzas y herramientas necesarias para desenvolverme en la vida.
- Mi esposa** Aleyda Castillo, por ser mi compañía, mi consejera y mi apoyo para lograr cumplir cada uno de mis objetivos.
- Mis hijos** Marco Alexander, German Eduardo y María Alejandra Puluc Castillo por ser ese ingrediente especial y esencial en mi vida y el motor que me impulsa día con día.
- Mis amigos** Por todas las alegrías y apoyo incondicional en este camino de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la *alma mater* que me permitió enriquecerme en conocimientos.

Facultad de Ingeniería

Por proporcionarme los conocimientos que me permitieron realizar este trabajo de graduación.

La empresa

Por brindarme la información necesaria para realizar este diseño de investigación.

Mi asesor

Mtro. Ing. Walter Gioveny Orellana Barrera, por guiarme durante el trabajo de graduación.

**Familia y amigos
en general**

Gracias por todas y cada una de las convivencias y aprendizajes que hasta el momento hemos compartido.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	15
7. MARCO TEÓRICO.....	19
7.1. Mantenimiento	19
7.2. Objetivos del mantenimiento	19
7.3. Funciones del mantenimiento.....	20
7.4. Tipos de mantenimiento	21
7.4.1. Mantenimiento correctivo.....	21
7.4.2. Ventajas del mantenimiento correctivo	21

7.4.3.	Desventajas de un mantenimiento correctivo.....	22
7.4.4.	Mantenimiento preventivo	22
7.4.5.	Ventajas del mantenimiento preventivo.....	22
7.4.6.	Desventajas del mantenimiento preventivo	23
7.4.7.	Mantenimiento diferido	23
7.4.8.	Ventajas del mantenimiento diferido	23
7.4.9.	Desventajas del mantenimiento diferido.....	24
7.4.10.	Mantenimiento basado en condición	24
7.4.11.	Ventajas del mantenimiento basado en condición ..	24
7.4.12.	Desventajas del mantenimiento basado en condición	25
7.4.13.	Mantenimiento predictivo.....	25
7.4.14.	Ventajas del mantenimiento predictivo	25
7.4.15.	Desventajas del mantenimiento predictivo	26
7.4.16.	Mantenimiento de campo	26
7.5.	Indicadores de gestión para mantenimiento.....	26
7.5.1.	Tiempo medio entre averías (<i>MTBF - Mean Time Between Failures</i>)	27
7.5.2.	Tiempo medio para reparar (<i>MTTR - Mean Time To Repair</i>).....	28
7.5.3.	Disponibilidad	29
7.5.3.1.	Identificación de fallas	31
7.5.3.2.	Reducción del tiempo de inactividad	31
7.5.3.3.	Diseñar un proceso de mantenimiento predictivo	31
7.5.4.	Confiabilidad.....	31
7.5.5.	Relación entre disponibilidad y confiabilidad	33
7.6.	Sistemas de control de acceso vehicular	34

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35
9.	METODOLOGÍA.....	37
9.1.	Tipo de estudio	37
9.2.	Fases del estudio	38
9.2.1.	Fase 1: exploración bibliográfica	38
9.2.2.	Fase 2: trabajo de campo	38
9.2.3.	Fase 3: trabajo de gabinete	39
9.2.4.	Fase 4: redacción del documento.....	39
9.3.	Resultados esperados	39
9.4.	Selección de la muestra	40
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS	41
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	43
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	45
12.1.	Recursos humanos.....	45
12.2.	Materiales y equipos.....	45
12.3.	Recursos financieros	46
	REFERENCIAS	47
	APÉNDICES	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	17
----	---------------------------	----

TABLAS

I.	Variables e indicadores	37
II.	Cronograma de actividades	43
III.	Recursos financieros para el estudio	46

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°	Grados
°C	Grados Celsius
Hz	Hercio
h	Horas
=	Igual que
Km	Kilómetro
>	Mayor que
<	Menor que
m	Metro
mm	Milímetro
'	Pies o minutos
%	Porcentaje
"	Pulgadas o segundos
Q	Quetzales
RPM	Revoluciones por minuto
V	Voltaje

GLOSARIO

Correctivo	Acción o cosa que sirve para corregir, contrarrestar o mejorar.
Diferido	Adjetivo. Postergado, aplazado
Hidráulica	Parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos.
ISO	<i>Internacional Organization for Standardization</i>
Mantenimiento	Combinación de todas las acciones técnicas y de gestión que tienen la intención de retener un elemento o restaurarlo a un estado en que pueda realizar lo requerido.
MTBF	<i>Mean time between failures</i>
MTTR	<i>Mean time to repair</i>
Predictivo	Que predice o sirve para predecir
Preventivo	Adjetivo. Con la intención de prevenir un suceso futuro.

Talanquera	Valla, pared u otro artículo que funciona como medida de defensa o reparo
Tensión	Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, medida en Voltios.
TMEF	Tiempo medio entre fallas
TMPR	Tiempo medio para reparar.
Transformador	Dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.
Vatio	Unidad de medida de potencia

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo constituye una sistematización debido a que se propone el diseño de un plan de mantenimiento que permita mantener la operatividad continua de las talanqueras o barreras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular de la ciudad de Guatemala.

El problema que presenta es la falla recurrente en el funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala. Esto provoca que los equipos no se encuentren en operación continua o que tengan baja disponibilidad de operación lo que afecta la movilidad de los usuarios o clientes.

La propuesta es importante debido a que esto beneficiará a los propietarios y usuarios de los sistemas de acceso vehicular. Ello se debe a que se tendrá mayor disponibilidad de las talanqueras hidráulicas, lo que permite la continuidad del funcionamiento y el control adecuado de la operación sin afectar los ingresos estimados para el negocio. También se brindará una mejor experiencia a los usuarios, lo cual mejorará la imagen del negocio ante los clientes potenciales.

El aporte de la investigación pretende cubrir las necesidades de cumplir con la continuidad de la operación de estos equipos, al realizar de manera programada las actividades de mantenimiento preventivo para obtener la mayor disponibilidad de los equipos y reducir el gasto al tener el menor costo posible en cuanto a piezas de recambio o remplazo derivado del correcto ajuste y funcionamiento de los equipos.

El diseño del plan de mantenimiento pretende que este sirva para incrementar la disponibilidad y permitir la continuidad de operación de las barreras o talanqueras hidráulicas. Al desarrollar el monitoreo se identificará las condiciones de operación y la frecuencia de utilización lo cual servirá para establecer la frecuencia con que se debe realizar el mantenimiento preventivo para cada uno de estos equipos.

El esquema de solución propone inicialmente definir los causales de falla de funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas. Además, clasificar los modos de falla en el funcionamiento de estos equipos. Por último, realizar el comparativo entre la ocurrencia de fallas en el funcionamiento posterior a la implementación del plan de monitoreo y reparación de las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular analizados.

La elaboración de la investigación es factible debido a que se dispone de los recursos necesarios para realizar la investigación en cada una de las fases. La empresa permitirá el acceso a la información necesaria para determinar el estado de los equipos y lo que se estime como adicional o complementario para la investigación, con el acuerdo de respetar la confidencialidad de los datos que la empresa determine de carácter sensible o de carácter privado. También se tendrá acceso a los equipos de una manera controlada para garantizar que estos no sean alterados o para minimizar la manipulación de estos por el personal operativo o de personas ajenas sin los conocimientos técnicos necesarios acerca de la funcionalidad u operatividad del equipo.

El capítulo I marco teórico se fundamenta en los análisis de la información correspondiente a los conceptos básicos del mantenimiento. Además, se muestra información para conocer los tipos de mantenimiento, las ventajas y desventajas de cada uno de estos. Adicional, comprender cuales son los índices

o indicadores de gestión esenciales para evaluar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos. Así como también se explica sobre los principios de funcionamiento y los componentes básicos de los sistemas de acceso vehicular utilizados en la ciudad de Guatemala.

En el capítulo II del índice propuesto se realizará el desarrollo de la investigación.

En el capítulo III del índice propuesto se hará la presentación de resultados.

En el capítulo IV del índice propuesto se llevará a cabo la discusión de resultados.

2. ANTECEDENTES

Corredor (2018) determinó en su investigación que la implementación de un adecuado plan de mantenimiento preventivo permite administrar los recursos de la empresa de manera eficaz y efectiva. Ello proporciona una respuesta oportuna a los problemas que surgen en el uso regular de los equipos y las máquinas en los procesos de producción. Las ventajas que se obtienen con un correcto plan de mantenimiento son: mayor disponibilidad, se incrementa la vida útil de las máquinas o los equipos, regularmente llamados activos, disminuyen los tiempos muertos, aumenta la confiabilidad, entre otros.

Además, explicó con base en los resultados obtenidos en la investigación que el implementar un plan de mantenimiento no significa necesariamente que el equipo no vaya a fallar o que se eliminen las paradas que no fueron programadas, las paradas emergentes de la maquinaria o de los equipos. Entonces, el aporte práctico es entender que el plan de mantenimiento proporciona varias ventajas que mejoran las condiciones de operación y trabajo; con el entendido de que el plan de mantenimiento no es infalible, pero que es importante para la mantenibilidad de los activos y para que estos estén en buen estado y que funcionen de la mejor manera.

Huari (2017) realizó una investigación con la finalidad de bosquejar un programa de mantenimiento enfocado en la confiabilidad de los equipos, con el objetivo de garantizar la operatividad y el funcionamiento de los equipos o máquinas de la empresa. Toma como base el hecho de que las empresas dedicadas a la generación y distribución de la energía solar no cuentan con un programa de reparación y mantenimiento que permitan la operatividad óptima de

los equipos. Se utilizó una metodología descriptiva con un método sistémico y de diseño experimental, con lo que se logró demostrar que regularmente los equipos no se encontraban con la disponibilidad requerida derivado, principalmente, de la falta de algún plan de mantenimiento para los equipos. El aporte práctico es la comprensión de que la implementación y ejecución de un adecuado programa de mantenimiento preventivo para los equipos o máquinas incrementará la disponibilidad de estos y permitirá la continuidad de la operación.

Chávez y Espinoza (2016) realizaron una investigación a través del estudio documental en conjunto con la recolección de datos en campo, esto con la finalidad de utilizar esta información para diseñar el plan de mantenimiento preventivo para los equipos de una planta de alimentos. Posterior a la ejecución del programa de mantenimiento se obtuvo un aumento en la confiabilidad de los activos, se disminuyó el indicador de *MTTR* y se incrementó el *MTBF*. El aporte metodológico es entender los elementos e indicadores que regularmente se deben de considerar para diseñar un plan de mantenimiento preventivo.

Villacrez (2016) investigó la situación de una empresa que no contaba con un programa de mantenimiento para los equipos y realizó el diseño y, además, puso en funcionamiento las rutinas programadas de mantenimiento preventivo. La finalidad principal de este plan era el de reducir las fallas continuas e iterativas de los equipos de las distintas instalaciones o ubicaciones del cliente. Para obtener la información base para diseñar el programa de mantenimiento, se realizó durante diez meses un estudio que incluyó la documentación e información necesaria acerca de las distintas fallas y necesidades del equipo y con esto se logró establecer y esquematizar el plan de mantenimiento preventivo.

El aporte práctico es el de establecer que al implementar las actividades del plan adecuado de mantenimiento preventivo para los equipos se obtendrá

una reducción de las quejas de los usuarios o clientes derivado del incremento en la disponibilidad de los equipos.

Rey (2014) realizó una investigación en la que estableció que lo habitual y no correcto es que se realice un mantenimiento en exceso para los equipos, esto principalmente porque no se efectúa una adecuada evaluación de los componentes de los equipos para determinar cuáles son críticos y cuales no son críticos.

También, determinó en su investigación que es necesario implantar un programa de seguimiento y optimización a través del conocimiento adquirido, esto con la finalidad de no seguir con la práctica no adecuada de realizar el mantenimiento únicamente basados en la recomendación del fabricante. Esto principalmente porque el comportamiento de los equipos, en general, será diferente en cada una de las aplicaciones.

El aporte metodológico es tomar en cuenta los análisis necesarios para establecer estos componentes críticos y los que no son críticos regularmente dejarlos en operación hasta que fallen y en ese momento aplicar un mantenimiento correctivo para remplazarlos. Además, se debe tener en consideración la experiencia y el historial de fallas para esquematizar el plan de mantenimiento predictivo que permita mejorar la disponibilidad del sistema, lo cual reduce los costes de mantenimiento asociados.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema es la falla recurrente en el funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala. Esto provoca que los equipos no se encuentren en operación continua o que tengan baja disponibilidad de operación lo que afecta la movilidad de los usuarios o clientes.

Las posibles causas del problema son: la falta de mantenimiento para los equipos o mantenimiento deficiente para estos. Además, de la variación de las condiciones de operación como la fluctuación o sobrecargas en las líneas de alimentación eléctrica. También, se ha observado en algunas ocasiones que la manipulación incorrecta por parte del usuario o del personal operativo provoca falla de funcionamiento y en algunos casos daños severos para las barreras o talanqueras.

En los casos de que la falla no pueda resolverse la administración de los sitios o ubicaciones opta por deshabilitar completamente el equipo y derivado de la falta de disponibilidad del equipo esto provoca pérdidas económicas al no poder realizar las operaciones de cobro de manera automática y no tener un control de los pagos de los usuarios o clientes. También, se pierde el control de los ingresos y salidas de vehículos. Adicional, a la mala imagen comercial / empresarial que conlleva el no tener el equipo en operación.

La pregunta central de la investigación es ¿qué plan de mantenimiento preventivo se puede diseñar para las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala?

Las preguntas auxiliares son:

- ¿Cuáles son los causales de falla de funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala?
- ¿Cuáles son los modos de falla en el funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas de acuerdo con el tipo de falla, frecuencia de ocurrencia e impacto en la operación?
- ¿Cuál es la diferencia en la frecuencia y tipo de fallas en el funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas antes y después de la implementación del plan de monitoreo y reparación?

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo pertenece a la línea de investigación del área de monitorización y corrección de la maestría. La propuesta es importante para los propietarios de los distintos lugares con sistemas de acceso vehicular debido a que se tienen constantes reportes de la inoperatividad de las talanqueras. Esto provoca que en algunos casos los propietarios dejen de captar ingresos y no cuenten con el control de lo que ocurre en sus áreas de estacionamiento, derivado de que tienen que deshabilitar completamente sus equipos para permitir el flujo vehicular de los usuarios.

Además, se tiene el malestar e inconformidad por parte de los usuarios (inquilinos, clientes y visitantes) debido a que la falta de disponibilidad de los equipos les causa retrasos recurrentes en sus procesos y, en algunos casos, mayores gastos operativos. También, los propietarios de los sistemas de acceso vehicular indican que se ven afectados por las quejas y los comentarios negativos de las publicaciones en redes sociales de estos usuarios, lo cual provoca una mala imagen para el negocio o empresa.

El desarrollo de la investigación pretende realizar un monitoreo e inspección del funcionamiento de las talanqueras hidráulicas de la ciudad de Guatemala para establecer un plan de mantenimiento preventivo para estos equipos. Esto beneficiará a los propietarios y usuarios de los sistemas de acceso vehicular. Ello se debe a que se tendrá mayor disponibilidad de las talanqueras hidráulicas, lo que permite la continuidad del funcionamiento y el control adecuado de la operación sin afectar los ingresos estimados para el negocio.

También se brindará una mejor experiencia a los usuarios, lo cual mejorará la imagen del negocio ante los clientes potenciales.

Un adecuado y continuo monitoreo de las talanqueras hidráulicas de estos sistemas de accesos vehicular puede brindar una mayor confianza en los servicios tercerizados de mantenimiento (*outsourcing*), lo cual a la fecha es una fuente de ingresos importante para la empresa. Además, permitirá mantener una adecuada continuidad y participación del mercado al captar la fidelidad de los clientes propietarios de los sistemas de acceso vehicular de la ciudad de Guatemala.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala.

5.2. Específicos

- Definir los causales de falla de funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala.
- Clasificar los modos de falla en el funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas de acuerdo con el tipo de falla, frecuencia de ocurrencia e impacto en la operación.
- Comparar la ocurrencia de fallas en el funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas posterior a la implementación del plan de monitoreo y reparación.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En distintas ubicaciones de la ciudad de Guatemala se encuentran instaladas talanqueras o barreras hidráulicas las cuales delimitan las áreas asignadas para estacionamiento de vehículos y las que permiten tener el control de los ingresos y las salidas de los usuarios, inquilinos o visitantes, que utilizan estas áreas asignadas para estacionar o parquear los vehículos. El mecanismo hidráulico interno de estas barreras hidráulicas debe ser sometido a procesos de mantenimiento preventivo con la finalidad de garantizar de alguna manera la continuidad de la operación y utilización de los equipos. La falta de mantenimiento puede provocar la inutilización del equipo y esto se traduce en una pérdida del control sobre los ingresos y las salidas de los vehículos en estas áreas destinadas al estacionamiento.

Es por ello que la investigación propuesta denominada “Diseño de investigación de un plan de mantenimiento preventivo para talanqueras hidráulicas de sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala” pretende cubrir las necesidades de cumplir con la continuidad de la operación de estos equipos, al realizar de manera programada las actividades de mantenimiento preventivo para obtener la mayor disponibilidad de los equipos y reducir el gasto al tener el menor costo posible en cuanto a piezas de recambio o remplazo derivado del correcto ajuste y funcionamiento de los equipos.

Al identificar los tipos de falla y los elementos o componentes afectados por estas fallas que afectarán el funcionamiento de los equipos se podrá diseñar un plan de mantenimiento preventivo que reduzca la ocurrencia de estas fallas y

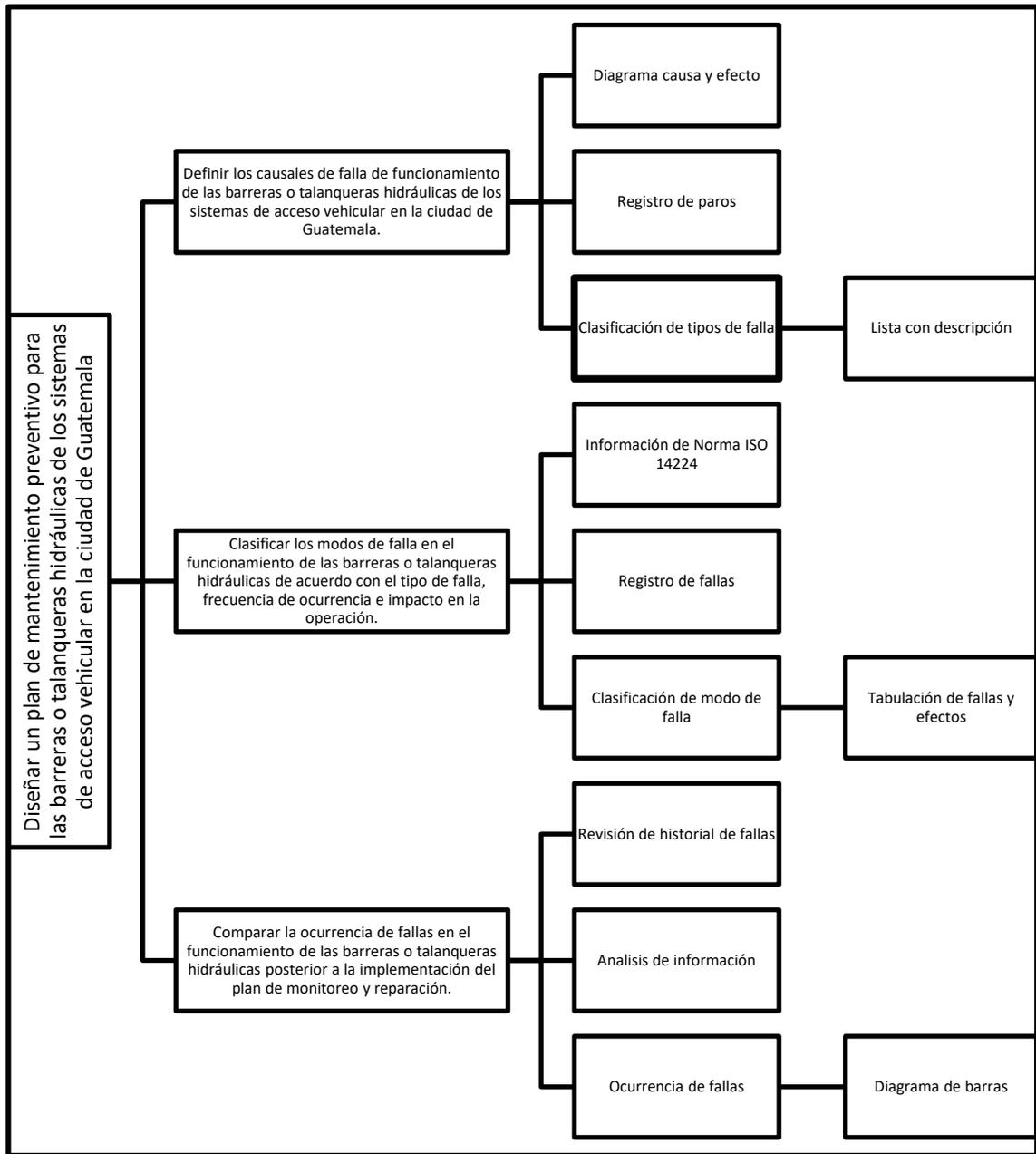
que minimice los tiempos de paro del equipo. Lo cual permitirá que los usuarios o visitantes puedan hacer uso del equipo en el momento que así lo requieran.

Con la finalidad de evaluación y mejora continua de la operación, se estima que posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo para las talanqueras o barreras hidráulicas se realizará la verificación y análisis de la ocurrencia de fallas en el equipo. Esta información se utilizará para evaluar la existencia de necesidades de ajustes o cambios en el plan de mantenimiento propuesto que minimicen la ocurrencia de estas fallas inherentes al equipo.

La investigación es factible debido a que se cuenta con acceso a la información necesaria para establecer el estado actual de la operación de los equipos, el registro de las fallas que se han hecho presentes en el equipo y la frecuencia de aparición de estas. También se podrá tener acceso a los equipos de una manera controlada, para garantizar que los ajustes de mecanismos, componentes y conexiones que se realicen durante las actividades de mantenimiento preventivo no sean afectados por manipulación de personas ajenas o con desconocimiento de la funcionalidad del equipo.

La validez técnica de esta investigación se pretende obtener a través de la utilización de la información preestablecida en las normas internacionales enfocadas en actividades de mantenimiento. También, se utilizará la información de otras investigaciones similares enfocadas a actividades o diseño de planes de mantenimiento. Además, se contará con la documentación provista directamente por el fabricante de los equipos. Con toda esta información y las metodologías utilizadas por otros investigadores se propone diseñar el plan de mantenimiento preventivo para las talanqueras o barreras hidráulicas.

Figura 1. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Mantenimiento

Existen varias definiciones del mantenimiento, entre las que podemos encontrar algunas como las que se describen a continuación:

García (2003) Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

Según lo describe Cañon *et al.*, (2010) el mantenimiento es el conjunto de actividades que se deben realizar con la finalidad de garantizar el funcionamiento correcto de las máquinas o equipos y prolongar la vida útil de estos.

La Organización Internacional de Normalización (2016) en su Norma ISO 14224 define el mantenimiento como la combinación de todas las acciones técnicas y de gestión que tienen la intención de retener un elemento o restaurarlo a un estado en que pueda realizar lo requerido.

7.2. Objetivos del mantenimiento

El objetivo principal del mantenimiento es garantizar la funcionalidad u operatividad de las máquinas o equipos en el momento oportuno y con el mínimo costo integral. Entre otros objetivos cabe mencionar los siguientes:

- Producir al máximo contando la disponibilidad necesaria de los equipos para cumplir con las aspiraciones propuestas.
- Reducir al máximo las averías para obtener un mínimo costo generado en las tareas de mantenimiento.
- Disminuir el consumo energético al tener los equipos o máquinas funcionando correctamente.
- En el caso de procesos con alimentos se logrará mantener en un mínimo la contaminación derivada de agentes externos y la inocuidad de los productos.
- Garantizar que los componentes de los equipos funcionen correctamente para evitar la ocurrencia de incidentes o accidentes con los operarios o el personal asignado al área.

7.3. Funciones del mantenimiento

En cuanto a las funciones relacionadas con las actividades de mantenimiento se pueden mencionar las siguientes:

- Planear, gestionar y ejecutar las tareas de mantenimiento para los equipos o las máquinas de los procesos existentes.
- Analizar información resultante de los indicadores del mantenimiento para realizar una correcta toma de decisiones al momento de planificar una reposición o una actualización de los equipos en uso.
- Seleccionar y reclutar al personal con las capacidades y cualidades acordes a las tareas a realizar en las actividades de mantenimiento.
- Velar porque el personal cuente con las herramientas y los insumos necesarios para el mantenimiento de los equipos.
- Obtener información acerca del consumo de repuestos con la cual se podrá proyectar y planificar las gestiones de adquisición de los repuestos necesarios para que estos se encuentren disponibles en el almacén o

bodega al momento de que sea requerido para las actividades del mantenimiento correctivo de los equipos.

- Establecer los controles necesarios para garantizar que las tareas de mantenimiento se realicen en el momento adecuado.
- Planificar y calendarizar las capacitaciones que se deben impartir para el personal a cargo de las actividades del mantenimiento. Esto principalmente con el objetivo de que el personal refuerce las habilidades aprendidas o para que aprendan nuevas habilidades.

7.4. Tipos de mantenimiento

Existen diversos tipos y estrategias de mantenimiento los cuales dependerán de elementos o factores tales como la frecuencia de ejecución o realización, la presencia o ausencia de falla en el equipo o maquinaria, la estrategia de la gerencia, entre otros.

7.4.1. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento se ejecuta cuando sucede una avería y su finalidad es restaurar la maquinaria o el equipo para que estas puedan funcionar de la manera para la cual fue hecho.

7.4.2. Ventajas del mantenimiento correctivo

- No requiere que infraestructura técnica sea tan grande como otros tipos de mantenimiento
- Tampoco se requiere una elevada capacidad de análisis.
- Maximiza el uso de los componentes internos y de los equipos hacia el límite de su vida útil

7.4.3. Desventajas de un mantenimiento correctivo

- Las averías se presentan de forma imprevista y afectan a la operación.
- Riesgos de fallos de elementos difíciles de conseguir.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.
- Tiempos altos de reparación o resolución, en el caso de no contar con existencia de los repuestos necesarios.

7.4.4. Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento programado que se realiza a intervalos determinados de manera sistemática de acuerdo con criterios prescritos. Esta es una manera proactiva para evitar averías o fallas del equipo derivadas del desgaste normal por el uso o por el paso del tiempo.

7.4.5. Ventajas del mantenimiento preventivo

- En el mejor de los casos, se reduce el número de paros del equipo, aprovechando para realizar varias reparaciones en el momento que el equipo o máquina es detenido para realizar la tarea de mantenimiento.
- Se estima que el mantenimiento se realizará en el momento oportuno, sin afectar la operación o, en otras palabras, el plan de producción.
- Se puede contar con los implementos y repuestos necesarios de una manera planificada u ordenada, disminuyendo la indisponibilidad de la máquina.
- Se espera que este evitará mayores fallas o averías lo que se traduce en minimizar el riesgo de pérdidas por daños mayores a los componentes de los equipos.

7.4.6. Desventajas del mantenimiento preventivo

- Las recomendaciones del fabricante y la experiencia del personal que realiza las tareas de mantenimiento son elementos indispensables para definir el programa de mantenimiento.
- No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

7.4.7. Mantenimiento diferido

Este reúne las actividades del mantenimiento preventivo y del mantenimiento correctivo que no es ejecutado inmediatamente después de la ocurrencia de la falla o avería, sino que es aplazado para realizar en un futuro próximo. El aplazamiento se deriva regularmente por temas de falta de presupuesto o por las directrices que se tengan dadas.

7.4.8. Ventajas del mantenimiento diferido

- Permite enfocar o utilizar los recursos en áreas que la empresa considere más importantes. Por supuesto, se debe evaluar si la avería o falla del equipo no representa un riesgo para el operario o personal del área y para el medioambiente.
- En algunos casos se justifica el retraso o planificación posterior si lo que se busca es realizar un paro para realizar al mismo tiempo trabajos adicionales en otras áreas o en otros componentes del equipo.
- Permite planificar la inversión de recursos humanos y económicos para realizar las reparaciones críticas que para otros periodos o escenarios pudiesen estar o ser limitados.

7.4.9. Desventajas del mantenimiento diferido

- Se aumentan los gastos de capital y no se podría tener una planificación presupuestaria.
- No es posible garantizar la disponibilidad del equipo
- La planificación del departamento de producción se verá afectada en los casos de los paros no programados derivados de las fallas en los equipos.
- Alta probabilidad de generar condiciones peligrosas o inseguras para el personal u operarios del área.
- Requiere una mayor asignación de recursos humanos, recursos económicos, tiempo, entre otros.
- Se puede afectar o dañar la reputación o imagen de la empresa.

7.4.10. Mantenimiento basado en condición

Este tipo de mantenimiento se enfoca en la evaluación de los equipos independientemente si estas se presentarán de manera aleatoria o conforme el tiempo de uso del equipo. Utilizando distintas técnicas se realiza monitoreo de los equipos en busca de indicadores de fallas potenciales, lo que permite obtener una advertencia antes de que ocurra la falla.

7.4.11. Ventajas del mantenimiento basado en condición

- Mayor seguridad laboral en el centro/nave/planta
- Se obtiene equipos con una mayor vida útil
- Reducción del número de accidentes
- Disminución del tiempo de reparaciones
- Menor impacto medioambiental
- Nos permite optimizar mejor los recursos de los que disponemos

7.4.12. Desventajas del mantenimiento basado en condición

- Para algunas de las técnicas el equipo de monitoreo es caro.
- El costo para capacitar al personal en las técnicas específicas es alto.
- Se necesita un profesional capacitado para analizar los datos y realizar el trabajo.
- Algunos sensores de condición pueden fallar en el entorno operativo.
- Puede requerir modificaciones de los activos para adaptar el sistema con sensores.
- Períodos de mantenimiento impredecibles.
- No se puede realizar una planificación estándar para las actividades del mantenimiento de los equipos o máquinas.

7.4.13. Mantenimiento predictivo

Este corresponde al mantenimiento que se programa a través del análisis de información y evaluación de los elementos o componentes que se degradan de los equipos o máquinas. Siguiendo una previsión intenta aprender del rendimiento del equipo para predecir fallas.

7.4.14. Ventajas del mantenimiento predictivo

- Se incrementa la vida útil de la maquinaria y sus componentes.
- Reducción de costes en el mantenimiento tanto por las horas de trabajo como por las piezas adquiridas para la reparación.
- Maximiza la productividad de los componentes y la maquinaria para incrementar el rendimiento a menor coste.
- Mejora la seguridad de maquinaria y trabajadores.

7.4.15. Desventajas del mantenimiento predictivo

- Se requiere una mayor cualificación laboral para analizar los datos.
- Implica una gran inversión inicial para el diagnóstico.
- Requiere alineación en la empresa para realizar la gestión y análisis.

7.4.16. Mantenimiento de campo

Este tipo de mantenimiento regularmente se encuentra en el mercado como un servicio del tipo *outsourcing*. Este corresponde al conjunto de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo que se realiza a equipos o máquinas que se encuentran fuera del entorno de la empresa, regularmente en ubicaciones o instalaciones ajenas a la empresa. Este tipo de mantenimiento requiere una organización y planificación operativa más compleja.

7.5. Indicadores de gestión para mantenimiento

Tomando en cuenta que en la gestión del departamento de mantenimiento se tiene como lo más importante o como objetivo principal lograr índices altos de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad para los equipos o máquinas. Es indispensable evaluar de manera continua estos indicadores ya que esto permitirá determinar la efectividad de las labores del Departamento de Mantenimiento. Así también, se obtendrá información necesaria para realizar la correcta planificación y programación de las tareas de mantenimiento para los equipos. Entre estos indicadores se pueden mencionar los que se describen a continuación:

7.5.1. Tiempo medio entre averías (*MTBF - Mean Time Between Failures*)

El *MTBF* (*mean time between failures*) o tiempo medio entre fallas o averías, es uno de los indicadores de mayor importancia para el área de mantenimiento. Consiste en establecer el cociente resultante de la suma de horas de trabajo o de las horas que el equipo estuvo en operación dividido entre la cantidad de averías o fallas ocurridas durante el periodo correspondiente al análisis o estudio. Esto lo convierte en una de las herramientas básicas y específicas para establecer o medir la confiabilidad de los equipos o máquinas.

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$

La forma más eficiente de administrar ese indicador es aplicarlo a cada equipo. Así, como las acciones pueden ser aplicadas de forma individual se facilitan las intervenciones, si se tiene en cuenta también que cada equipo presentará un ciclo de vida diferente.

Una vez identificado el tiempo medio entre un fallo y otro, se puede definir la frecuencia con la que se deben programar las actividades de mantenimiento preventivo y las inspecciones dentro de la planificación y control del mantenimiento. Lo recomendado es calcular el 70 % del tiempo medio de fallos para realizar esa inspección. Por ejemplo, si un motor eléctrico presenta un *MTBF* de 137,4 horas, cada 96,2 horas (137,4 x 0,7) se debe realizar una inspección en este equipo.

Lógicamente, cuanto mayor sea el *MTBF* mejor, ya que los equipos están demorando más para fallar, o sea, usted consigue obtener una frecuencia de menor en averías.

Entre los errores que regularmente se cometen al utilizar este se pueden mencionar los siguientes:

- Sumar el *MTBF* de todos los equipos para encontrar la media global.
- Calcular el *MTBF* en equipos irreparables.
- Poner a cero el *MTBF* cada mes (se debe sumar).

7.5.2. Tiempo medio para reparar (*MTTR - Mean Time To Repair*)

Este indicador está asociado mayormente a la mantenibilidad de los equipos o máquinas. En otras palabras, que tan pronto se realizan las actividades de mantenimiento para restablecer el funcionamiento de un equipo después de que una falla se hace presente. Como su nombre lo indica el *MTTR* (*mean time to repair*) significa el tiempo medio para reparar o para realizar una reparación.

$$MTTR = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$

Entonces de manera contraria al *MTBF*, el *MTTR* es un indicador que su interpretación debe ser que es mejor cuando más bajo sea el valor resultante de su cálculo, es decir, las tareas de deben enforzar en que este se mantenga en un nivel bajo. Por supuesto, las actividades de mantenimiento se deben encausar de tal manera que se busque evitar la aparición de fallas o averías

Como lo indica Lameirinhas (2022) la labor del gestor de mantenimiento deberá ser el incentivar a sus equipos de trabajo a utilizar técnicas de mantenimiento predictivo e intensivo que diagnostiquen el estado de salud de las máquinas identificando los síntomas en tiempo real, para que el activo no pierda su desempeño a punto de llegar a una situación crítica de avería.

7.5.3. Disponibilidad

Es el porcentaje de probabilidad en el que un activo puede estar operando de manera correcta en el momento que este sea requerido después del inicio de las operaciones productivas. Por supuesto, cuando el equipo es utilizado bajo condiciones estables, hay que considerar el tiempo total de operación como la suma del tiempo utilizado para la reparación del equipo, el tiempo de operación, el tiempo inactivo por no ser necesario su uso, en los casos en que se haya realizado mantenimiento preventivo durante el periodo de análisis también se deberá agregar este y cualquier otro factor que involucre inactividad de operación del equipo.

También, cabe mencionar que la disponibilidad constituye uno de los indicadores más importantes para indicar la efectividad de las actividades y de la gestión administrativa y operativa del departamento de mantenimiento. La forma de calcularla es bastante simple: es la razón porcentual resultante de dividir la cantidad de horas que el equipo está en operación entre la cantidad de horas del periodo del análisis. Se puede representar de la siguiente forma:

$$\%Disponibilidad = \frac{\textit{Tiempo de operación}}{\textit{Tiempo de trabajo}} * 100$$

Donde:

- Tiempo de operación: es la resta del Tiempo de producción menos el Tiempo de paradas planificadas
- Tiempo de trabajo: es la resta del Tiempo de operación menos el Tiempo de paradas no planificadas.

También se puede establecer la disponibilidad de las maquinarias o equipos de la siguiente manera:

$$\%Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

Donde:

- *MTBF (mean time between failures)*: que al traducirlo sería tiempo medio entre fallas
- *MTTR (mean time to repair)*: que al traducirlo sería tiempo medio para reparar.

Con la información obtenida de estos indicadores se puede establecer la confiabilidad de las máquinas o equipos. Tanto el *MTBF* como el *MTTR*, son indicadores esenciales para la correcta gestión y para la toma de decisiones del departamento de mantenimiento y de los departamentos involucrados en la operación o el uso de los equipos o máquinas. Las actividades de mantenimiento deben enfocarse en incrementar el *MTBF (mean time between failures)* y en reducir el *MTTR (mean time to repair)*. Al entender y conocer estos indicadores se comprenderá de mejor manera los procesos u operación de la empresa y una vez que se haya determinado la mejor frecuencia con la que se deben llevar a cabo las actividades de mantenimiento se podrá obtener información indispensable para la gestión, como lo es:

7.5.3.1. Identificación de fallas

Con esto se llevará el registro de los tipos de falla, los modos de falla, los causales de falla y de cómo afectan estos a los tiempos de inoperatividad de los equipos o máquinas. El objetivo principal es establecer posibles tipos de fallas para cada elemento o componente del equipo.

7.5.3.2. Reducción del tiempo de inactividad

Ahora que se ha identificado el componente que está causando más problemas, se puede enfocar y dirigir los esfuerzos de tal manera que esto se pueda solucionar.

7.5.3.3. Diseñar un proceso de mantenimiento predictivo

No cometa el error de realizar siempre un mantenimiento correctivo sin intentar comprender la causa del problema, el definir y entender la causa del problema permitirá tener un sistema eficiente de mantenimiento predictivo, con mayor disponibilidad de los equipos o máquinas y con el menor costo de operación posible al realizar cambios únicamente cuando estos son necesarios o al anticiparse a fallas o averías mayores.

7.5.4. Confiabilidad

Es el porcentaje de probabilidad de que un equipo o máquina opere correctamente realizando las funciones para las que fue diseñado y creado. Esto evaluado durante un periodo específico de tiempo y al velar por que las condiciones de operación sean las adecuadas o las permisibles para el equipo.

El análisis de los indicadores de mantenimiento enfocados en las fallas de los equipos constituye una medida del desempeño de estos. Para esto regularmente se utiliza lo que comúnmente se le da el nombre de la tasa de fallas o el tiempo promedio entre fallas (*MTBF – Mean Time Between Failures*) este representa o indica la fiabilidad de la máquina. En otras palabras, el tiempo promedio entre fallas nos permite indicar el tiempo promedio en que el equipo opera sin alguna interrupción derivada específicamente de alguna falla o problema directamente del equipo en cuestión.

El estudio de la confiabilidad del equipo se enfoca principalmente en las fallas del equipo o de algún componente de este. Si se logra establecer un equipo sin fallo para algún periodo de análisis específico se puede decir que se tiene un equipo con confiabilidad al cien por ciento. Cuando se realiza el análisis de confiabilidad para un equipo o maquina se obtiene información importante acerca de las siguientes variables: tiempo medio entre fallas y probabilidad estimada de falla.

También, se puede decir que la confiabilidad corresponde a la probabilidad de que un equipo que ha presentado un fallo o avería se pueda reparar para restablecer su funcionamiento en un tiempo específico. Por eso regularmente se suele indicar que el promedio de tiempos para reparación de un equipo (*MTTR – mean time to repair*) representa la mantenibilidad del equipo.

El tiempo medio para reparación (*MTTR*) es la razón obtenida de dividir el tiempo invertido para corregir o reparar el quipo entre la cantidad de fallas detectadas para el periodo en análisis. Ambos indicadores, el tiempo medio entre fallas *MTBF (mean time between failures)* y el tiempo medio para reparar *MTTR (mean time to repair)* tienen una relación directa.

La confiabilidad de los equipos es un indicador decisivo para la toma de decisiones de la empresa, tanto para el área de producción como para la planificación de las actividades de mantenimiento.

Entre los factores que se deben de tomar en cuenta para determinar la confiabilidad de un equipo se tienen los siguientes: la naturaleza o causal de la falla, el modo de falla, la frecuencia de la falla, la cantidad de ciclos en que el equipo está disponible para operación, tiempo promedio para reparación y restablecimiento del funcionamiento del equipo, entre otros.

Adicional a los elementos mencionados en el párrafo anterior, también se deben de tomar en cuenta las condiciones de operación, las condiciones climáticas o ambientales, principalmente cuando estas últimas representen un riesgo para el funcionamiento del equipo o cuando estas provoquen un sobre esfuerzo o una demanda adicional para los componentes de los equipos.

Cabe mencionar que como ocurre para todo equipo o activo con componentes eléctricos y electrónicos, no se debe tomar en cuenta para el cálculo o estimación cualquier daño, falla o avería o paro del equipo resultante de algún evento de índole natural, como pudieran ser desastres naturales, descargas electro atmosféricas, cortes generales de suministro eléctrico y cualquier otra causa ajena a la operación normal del equipo.

7.5.5. Relación entre disponibilidad y confiabilidad

Con la finalidad de incrementar la disponibilidad de un equipo o máquina se debe tomar en cuenta que es necesario que la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad estén relacionadas entre sí y se encuentren enfocadas de la siguiente manera:

- Incrementar la confiabilidad, indicada específicamente por un aumento del índice TMEF (tiempo medio entre fallas) del inglés *MTBF (mean time between failures)*.
- Incrementar la disponibilidad, relacionada con la disminución en el TMPR del inglés *MTTR (mean time to repair)*

7.6. Sistemas de control de acceso vehicular

Con la finalidad de controlar cuales vehículos pueden ingresar en las áreas públicas o privadas se utilizan los sistemas de control de accesos vehicular. Estos permiten tener el control y asegurar que únicamente los vehículos autorizados pueden ingresar a ciertas áreas específicas de circulación limitada o para áreas de estacionamiento o de parqueadero de vehículos.

En los sistemas de control de acceso vehicular se utilizan barreras o talanqueras las cuales se utilizan para hacer la apertura y el cierre a través de componentes mecánicos e hidráulicos manejados eléctrica y electrónicamente. El elemento directo del bloqueo del paso vehicular es un brazo o asta cuya longitud puede llegar a ser de hasta 3.80 metros, dependiendo del modelo y de las especificaciones del fabricante. Además, el brazo presenta en su sección inferior una goma amortiguadora de impacto y, depende de las limitantes de la altura de la edificación se puede instalar elementos para que se articule. Los tiempos de operación tanto para el ciclo de apertura, es decir cuando el brazo sube hasta llegar a una posición casi vertical permitiendo el paso vehicular; así como para el ciclo de cierre, es decir cuando el brazo baja y llega de nuevo a posición horizontal para bloquear nuevamente el paso vehicular; es de aproximadamente 3.5 segundos. Esto permite mínimos tiempos de espera para los usuarios durante la operación.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1. Mantenimiento

1.2. Objetivos del Mantenimiento

1.3. Funciones del Mantenimiento

1.4. Tipos de mantenimiento

1.4.1. Mantenimiento correctivo

1.4.1.1. Ventajas del mantenimiento correctivo

1.4.1.2. Desventajas del mantenimiento correctivo

1.4.2. Mantenimiento preventivo

1.4.2.1. Ventajas del mantenimiento preventivo

1.4.2.2. Desventajas del mantenimiento preventivo

1.4.3. Mantenimiento diferido

1.4.3.1. Ventajas del mantenimiento diferido

1.4.3.2. Desventajas del mantenimiento diferido

- 1.4.4. Mantenimiento basado en condición
 - 1.4.4.1. Ventajas del mantenimiento basado en condición
 - 1.4.4.2. Desventajas del mantenimiento basado en condición
- 1.4.5. Mantenimiento predictivo
 - 1.4.5.1. Ventajas del mantenimiento predictivo
 - 1.4.5.2. Desventajas del mantenimiento predictivo
- 1.4.6. Mantenimiento de campo
- 1.5. Indicadores de gestión para mantenimiento
 - 1.5.1. Tiempo medio entre fallas
 - 1.5.2. Tiempo medio para reparar
 - 1.5.3. Disponibilidad
 - 1.5.3.1. Identificación de fallas
 - 1.5.3.2. Reducción del tiempo de inactividad
 - 1.5.3.3. Diseñar un proceso de mantenimiento predictivo
 - 1.5.3.4. Clasificación o tipos de disponibilidad
 - 1.5.4. Confiabilidad
 - 1.5.5. Relación entre disponibilidad y confiabilidad
- 1.6. Sistemas de control de acceso vehicular

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de estudio

La investigación se propone bajo un tipo de estudio cuantitativo, en un diseño no experimental, de alcance descriptivo. El diseño es preexperimental de una sola medición debido a que se realizará la medición de los indicadores descritos que servirán de base para elaborar el diseño del plan de mantenimiento sugerido para los sistemas en cuestión. El alcance es descriptivo porque pretende abordar los temas correspondientes a las ventajas que se obtienen al implementar un plan de mantenimiento preventivo para las talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala.

Las variables e indicadores se muestran en la tabla I:

Tabla I. **Variables e indicadores**

No.	Variable	Indicadores
1	Causales de fallas	Tipos de fallas
2	Frecuencia de fallas	MTBF
3	Impacto de la falla	MTTR
4	Voltaje	110 a 120 V
5	Temperatura de operación	20 a 40 °C
6	Disponibilidad del equipo	90 a 100 %

Fuente: elaboración propia.

9.2. Fases del estudio

Se describirán a continuación las fases del estudio.

9.2.1. Fase 1: exploración bibliográfica

Inicialmente se realizará la revisión de documentos escritos sobre la temática. Entre ellos se encuentran tesis, trabajos de graduación, documentos académicos, artículos científicos, normas, fichas técnicas, historial de datos y manuales de instalación, operación y mantenimiento de equipos.

9.2.2. Fase 2: trabajo de campo

Se recopilará información sobre el estado de funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas. En campo se determinará el voltaje y temperatura de trabajo de cada barrera hidráulica por medio del uso de multímetro y se recolectará la información conforme al apéndice III.

Por medio de inspección visual se verificará el estado de condición, al identificar estado de los anclajes, funcionamiento de finales de carrera (interruptores de límite), funcionamiento del ventilador, estado de conexiones eléctricas y de líneas de interconexión de pulsos.

También, se revisará el estado de los cables de los bucles sensores de piso (cables pelados, fisuras o grietas en el piso, existencia de sellador de juntas). Además, se verificarán niveles de aceite y se realizará inspección visual de presencia de fugas en mecanismo interno de la barrera o talanquera hidráulica.

9.2.3. Fase 3: trabajo de gabinete

Se tomará como base la información recopilada, se tabulará y se graficarán las tendencias identificadas. Se utilizará software para la actividad y continuamente se tendrá revisión documental de soporte. Se establecerá la frecuencia de fallas y el tiempo de reparación (*MTTR* y *MTBF*).

En función de las frecuencias y tiempos de reparación se establecerá la criticidad de fallas en las barreras o talanqueras hidráulicas. Además, se tomará en cuenta la cantidad de horas de uso que se evidencie en cada ubicación, para proponer la frecuencia y periodicidad en que debe realizarse el mantenimiento para cada barrera o talanquera hidráulica.

9.2.4. Fase 4: redacción del documento

Con base en la información recopilada y las tendencias mostradas, se procederá a la redacción final del documento de trabajo de graduación.

9.3. Resultados esperados

El diseño del plan de mantenimiento pretende que este sirva para incrementar la disponibilidad y permitir la continuidad de operación de las barreras o talanqueras hidráulicas. Al desarrollar el monitoreo se identificará las condiciones de operación y la frecuencia de utilización lo cual servirá para establecer la frecuencia con que se debe realizar el mantenimiento preventivo para cada uno de estos equipos.

9.4. Selección de la muestra

La selección de la muestra será no probabilística. Esto derivado a que la Gerencia de la empresa permitió realizar un plan piloto únicamente en cinco de los equipos actualmente instalados y en operación.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

El análisis de datos es el proceso de exploración, transformación y examinación de datos para identificar tendencias y patrones que revelen tendencias o perspectivas importantes y aumenten la eficiencia para respaldar la toma de decisiones.

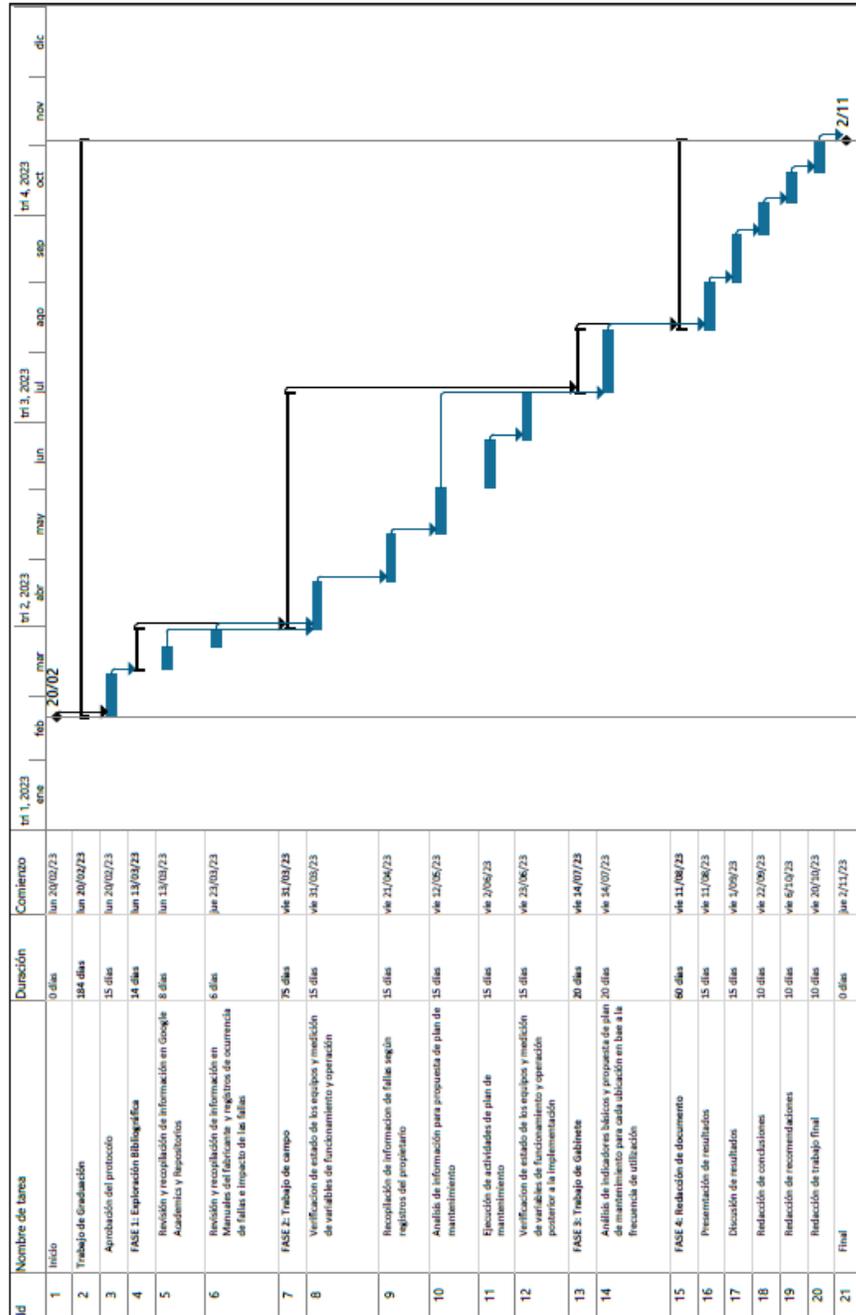
Para analizar la variable causal de falla se procederá a realizar un diagrama de causa y efecto, para esto será necesario realizar la revisión e inspección de la documentación de los registros de paros de las barreras o talanqueras hidráulicas. Con esta información se podrá establecer el listado de fallas los cuales serán analizados con medidas de tendencia central representados en un gráfico de barras.

Por otra parte, para la variable modos de falla se realizará una evaluación con base en la Norma ISO 14224 en conjunto con la revisión de la información existente de los registros de fallas de los equipos, esto se utilizará para encontrar los efectos de las fallas y se analizarán a través de medidas de tendencia central representados en un gráfico circular.

Por último, para la variable frecuencia de falla se realizará la revisión del historial de fallas del equipo para extraer información anterior y posterior a la implementación del mantenimiento preventivo para determinar si el paro de equipos tuvo una reducción. La información será analizada a través de medidas de tendencia central y será representado en un gráfico comparativo de barras.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla II. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación es factible debido a que se dispone de los recursos necesarios para realizar la investigación en cada una de las fases. La empresa permitirá el acceso a la información necesaria para determinar el estado de los equipos y lo que se estime como adicional o complementario para la investigación, con el acuerdo de respetar la confidencialidad de los datos que la empresa determine de carácter sensible o de carácter privado. También se tendrá acceso a los equipos de una manera controlada para garantizar que estos no sean alterados o para minimizar la manipulación de estos por el personal operativo o de personas ajenas sin los conocimientos técnicos necesarios acerca de la funcionalidad u operatividad del equipo.

12.1. Recursos humanos

Personal del área, supervisor y personal técnico a cargo de las actividades de mantenimiento de campo. También, se cuenta con el profesional a cargo de asesorar para que el trabajo de investigación se desarrolle de la mejor manera.

12.2. Materiales y equipos

Acceso a equipo de cómputo, intranet e internet provisto por la empresa. También se utilizará hojas de papel, impresora teléfono de línea, vehículo y combustible para movilizarse hacia los puntos o ubicaciones donde están actualmente instaladas las talanqueras o barreras hidráulicas. Todos estos se utilizarán para realizar la documentación del estudio.

12.3. Recursos financieros

En la tabla II se indica el recurso que se estima invertir para realizar el estudio, todos estos gastos serán absorbidos por el investigador.

Tabla III. Recursos financieros para el estudio

No.	Variable	Indicadores
1	Asesor	Q. 2,500.00
2	Papelería	Q. 300.00
3	Tiempo para documentar, investigar y realizar trabajo de gabinete (Estimado 120 horas)	Q. 6,500.00
4	Combustible y depreciación de vehículo del investigador	Q. 7,500.00
5	Imprevistos (8 %)	Q. 1,344.00
	TOTAL	Q.18,144.00

Fuente: elaboración propia.

REFERENCIAS

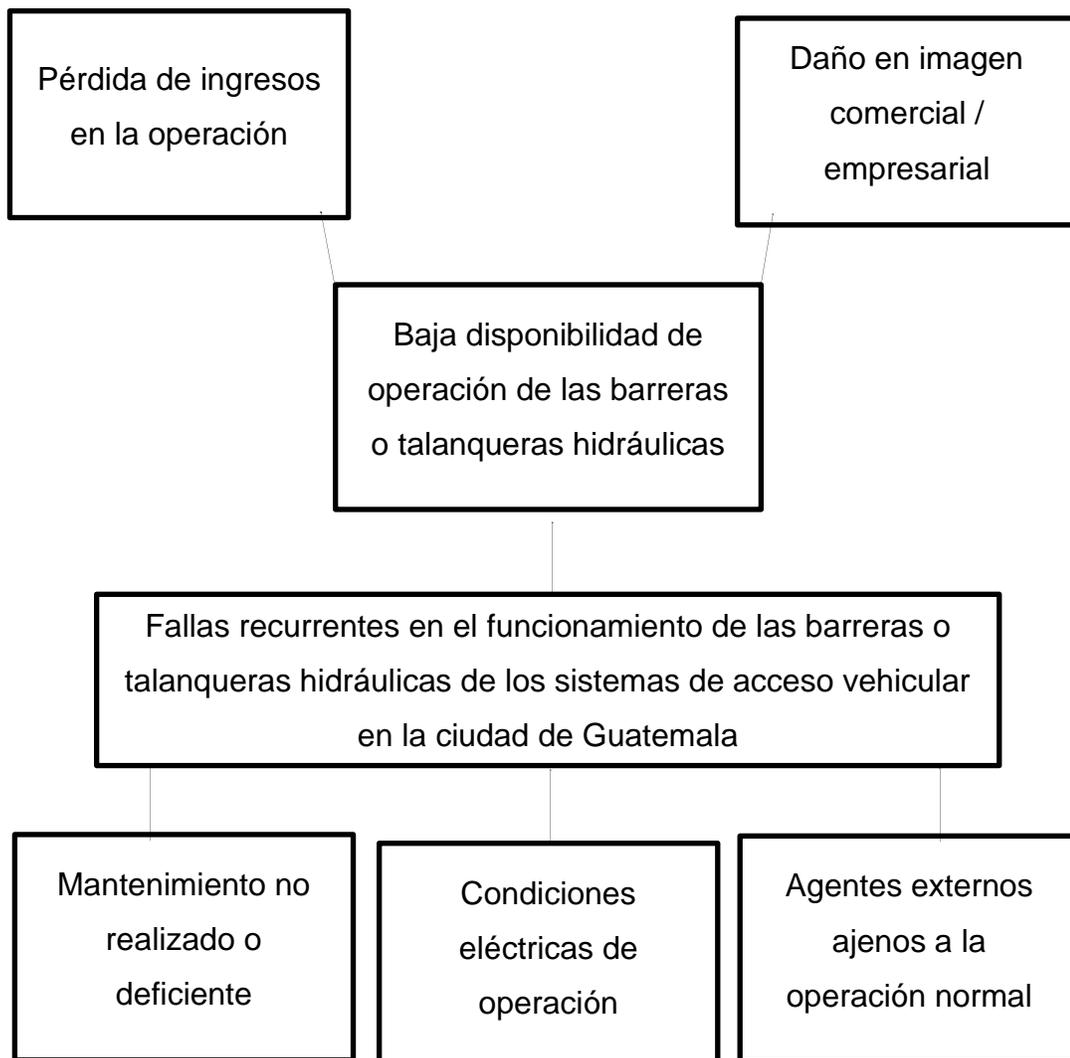
1. Bravo, H., y Castro, L. (2012). *Plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada de la empresa Inser S. A. S.* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Bolívar. Colombia. Recuperado de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0063129.pdf>
2. Cañon, B., Botero, M., y Olarte, W. (junio 2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia Et Technica*, XVI(44), 354-356. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316066>
3. Chávez, H., y Espinoza, R. (2016). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa Minera la Zanja S.R.L.*, (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte. Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7661>
4. Corredor, D. (2018). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Frigotún S. A. S.* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/4462f8c1-8be4-48bb-93f3-0ba0196ac0eb/content>

5. D'Addario, M. (2015). *Gestión del mantenimiento preventivo - correctivo* (13ª edición). Argentina: SafeCreative.
6. Dounce, E. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial* (1ª edición). México: Grupo Editorial Patria.
7. Duffuaa, S., Raouf, A., y Campbell, J. (2000). *Sistemas de mantenimiento: planeación y control* (1ª edición.). México: Limusa Wiley.
8. García, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento* (Primera ed.). México: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
9. Gross, J. (2002). *Fundamentals of preventive maintenance*. Estados Unidos: Amacon - American Management Association.
10. Huari, N. (2017). *Programa de Mantenimiento basado en la Confiabilidad para mejorar la Disponibilidad de un Colector Parabólico Cilíndrico Solar*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú. Recuperado de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3932/Huari%20Guerra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. Lameirinhas, G. (5 de enero de 2022). *8 indicadores indispensables para la gestión del mantenimiento*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://traction.com/es/blog/8-indicadores-indispensables-para-la-gestion-del-mantenimiento>

12. Medrano, J., González, V., y Díaz, V. (2017). *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales* (1ª edición). México: Grupo Editorial Patria.
13. Mora, L. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control* (1ª edición). México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
14. Navarro, L., Partor, A., y Mugaburu, J. (1997). *Gestión integral de mantenimiento* (2ª edición). Barcelona, España: Marcombo Boixareu Editores.
15. Organización Internacional de Normalización. (2016). *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (ISO 14224:2016)*. Ginebra: Comité Europeo para la Estandarización.
16. Rey, F. (agosto 2014). Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo. *Técnica Industrial*. 1(308), 30-41. Recuperado de <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/98/3064/a3064.pdf>
17. Villacrez, R. (2016). *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Cineplanet S. A.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Callao. Perú. Recuperado de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/2057>

APÉNDICES

Apéndice 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

No.	Objetivo	Pregunta	Variable
1	Definir los causales de falla de funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala.	¿Cuáles son los causales de falla de funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala?	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de fallas.
2	Clasificar los modos de falla en el funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas de acuerdo con el tipo de falla, frecuencia de ocurrencia e impacto en la operación.	¿Cuáles son los modos de falla en el funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas de acuerdo con el tipo de falla, frecuencia de ocurrencia e impacto en la operación?	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de fallas • Importancia o impacto en la operación • Modos de falla
3	Comparar la ocurrencia de fallas en el funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas posterior a la implementación del plan de monitoreo y reparación.	¿Cuál es la diferencia en la frecuencia de fallas en el funcionamiento de las barreras o talanqueras hidráulicas antes y después de la implementación del plan de monitoreo y reparación?	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de fallas • Condiciones de operación (Voltaje, temperatura ambiente)
G	Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala.	¿Qué plan de mantenimiento preventivo se puede diseñar para las barreras o talanqueras hidráulicas de los sistemas de acceso vehicular en la ciudad de Guatemala?	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de condición

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Toma de datos en campo

Operador: _____

Multímetro: _____

Temperatura ambiente: _____

Humedad ambiente: _____

Fecha	ID de equipo	Voltaje de alimentación	Temperatura °C	Estado de condición
-------	--------------	-------------------------	----------------	---------------------

Observaciones: _____

Fuente: elaboración propia.