



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE ELEVACIÓN DE GRÚA TIPO TORRE
MARCA SHENYANG S100G6**

José Amaury Villatoro Cáceres

Asesorado por Mtro. Ing. William Giovanni Colindres Velasquez

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE ELEVACIÓN DE GRÚA TIPO TORRE
MARCA SHENYANG S100G6**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ AMAURY VILLATORO CÁCERES
ASESORADO POR EL MTRO. ING. WILLIAM GIOVANNI COLINDRES
VELASQUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

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

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
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 PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE ELEVACIÓN DE GRÚA TIPO TORRE
MARCA SHENYANG S100G6**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 20 de noviembre de 2020.

José Amaury Villatoro Cáceres

Ref. EEPFI-0579-2021
Guatemala, 25 de mayo de 2021

Director
Gilberto Morales Baiza
Escuela de Ingeniería Mecánica
Presente.

Estimado Ing. Morales:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE ELEVACIÓN DE GRUA TIPO TORRE MARCA SHENYANG S100G6**, presentado por el estudiante **José Amaury Villatoro Cáceres** carné número **200831431**, 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 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,

Ing. Msc. Ind. William Giovanni Colindres V.
MA. Ingeniería de Mantenimiento
Colegiado 17,542

Mtro. William Giovanni Colindres Velásquez
Asesor

"Id y Enseñad a Todos"


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DE GUATEMALA

Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinador de Maestría
Ingeniería de Mantenimiento


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EEP-EIM-08-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería en Mecánica 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: **PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE ELEVACIÓN DE GRÚA TIPO TORRE MARCA SHENYANG S100G6**, presentado por el estudiante universitario José Amaury Villatoro Cáceres, 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

The block contains a handwritten signature in blue ink and an official circular stamp of the Faculty of Engineering, University of San Carlos of Guatemala.

Ing. Gilberto Morales Baiza
Director

Escuela de Ingeniería en Mecánica

Guatemala, mayo de 2021

DTG. 668.2021

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, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE ELEVACIÓN DE GRÚA TIPO TORRE MARCA SHENYANG S100G6**, presentado por el estudiante universitario: **José Amaury Villatoro Cáceres**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, noviembre de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Fuente de vida y conocimiento sabio.
Mis padres	Donald Villatoro y María Eugenia Cáceres, por ese amor incondicional y por apoyarme en todo momento esperando un mejor futuro.
Mi esposa	Kimberly Fuentes, por su amor, paciencia, apoyo y compañía en todas las noches de desvelo. Gracias por ser parte de este esfuerzo.
Mis hijos	Ignacio y Sara Villatoro, quienes son los motores de mi vida y que este logro les sea de ejemplo en un futuro.
Mi madrina	Miriam Azzari, por el apoyo incondicional, sus sabias enseñanzas y consejos durante mi vida
Mis hermanos	Donald, Alejandro y Luis Villatoro, por el apoyo incondicional y compañía brindada durante mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Grupo de constructoras guatemaltecas	Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.
Mis amigos	Por haberme acompañado durante la carrera.
Mi asesor	Mtro. Ing. William Giovanni Colindres Velasquez, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
Personal de mantenimiento del grupo de constructoras guatemaltecas	Quienes bondadosamente me ayudaron a lo largo de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO	17
7.1. Mantenimiento	17
7.1.1. Tipos de mantenimiento	18
7.1.1.1. Mantenimiento preventivo.....	18
7.1.1.2. Mantenimiento correctivo.....	19
7.1.1.3. Mantenimiento predictivo	19
7.1.1.4. Mantenimiento productivo total TPM ...	20

	7.1.1.5.	Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM	20
7.2.		Sistema hidráulico	20
	7.2.1.	Componentes del sistema hidráulico.....	22
		7.2.1.1. Bomba hidráulica.....	22
		7.2.1.2. Motor hidráulico.....	22
		7.2.1.3. Depósito hidráulico	23
		7.2.1.4. Acondicionadores de aceite	23
		7.2.1.5. Red de distribución.....	23
		7.2.1.6. Elementos de regulación y control	24
		7.2.1.7. Limitador de presión	24
		7.2.1.8. Cilindro hidráulico.....	24
7.3.		Grúa	25
7.4.		Torre	25
7.5.		Grúa tipo torre	26
7.6.		Grúa torre Shenyang S100G6.....	27
7.7.		Plan de mantenimiento.....	28
7.8.		Diseño de plan de mantenimiento preventivo	29
	7.8.1.	Personal encargado	29
		7.8.1.1. Descripción del puesto	30
		7.8.1.2. Estudio requerido	31
	7.8.2.	Procedimiento para efectuar un plan de..... mantenimiento.....	32
	7.8.3.	Recurso técnico.....	33

7.8.3.1.	Recomendaciones del fabricante.....	33
7.8.3.2.	Recomendaciones de grúas torre..... similares	34
7.8.3.3.	Experiencia propia	34
7.8.3.4.	Documentación técnica	35
7.8.4.	Plan de programa de mantenimiento preventivo	35
7.8.4.1.	Mantenimiento según horas.....	35
7.8.4.2.	Mantenimiento según componente.....	36
7.8.4.3.	Control de componentes hidráulicos....	36
7.8.4.4.	Control de componentes eléctricos.....	36
7.8.4.5.	Control de componentes mecánicos....	37
7.8.5.	Sistema de información del mantenimiento	37
7.8.5.1.	Documentos de verificación del mantenimiento	37
7.8.5.2.	Práctica de mantenimiento diario y..... semanal	38
7.8.5.3.	Documento de vida de la grúa.....	38
7.8.5.4.	Bitácora de programación de mantenimiento	38
7.8.5.5.	Ficha de orden de trabajo.....	39
7.8.6.	Proyección de herramientas, repuestos e insumos	39
7.8.6.1.	Repuestos almacenados	40
7.8.6.2.	Materiales para mantenimientos..... programados.....	40
7.8.6.3.	Herramientas necesarias	41

7.8.7.	Seguridad y medio ambiente.....	41
7.8.7.1.	Legislación Guatemalteca	42
7.8.7.1.1.	Acuerdo gubernativo	42
7.8.8.	Capacitación del personal	42
7.8.9.	Indicadores.....	43
7.8.10.	Costos de implementar el plan de mantenimiento...	43
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	45
9.	METODOLOGÍA	49
9.1.	Ruta de investigación	49
9.2.	Alcance de investigación.....	49
9.3.	Tipo de investigación.....	49
9.4.	Variables	50
9.5.	Fases de la investigación.....	51
9.6.	Población y muestra.....	51
10.	TÉCNICA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	53
11.	CRONOGRAMA	55
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	57
13.	REFERENCIAS	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de soluciones	14
2.	Torre	26
3.	Grúa tipo torre	27
4.	Grúa torre Shenyang S100G6.....	28
5.	Diagrama jerárquico	31
6.	Diagrama de toma de decisiones para mantenimiento	33
7.	Cronograma de actividades	55

TABLAS

I.	Operativización de variables.....	50
II.	Presupuesto de la investigación	58

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
V	Voltios. Medida de tensión eléctrica

GLOSARIO

Aparejo	Conjunto de instrumentos, herramientas y objetos necesarios para realizar un trabajo o una acción.
Contrapeso	Peso que ejerce una fuerza opuesta a otra.
Empotrado	Meter una cosa en la pared o en el suelo.
Grúa	Máquina que sirve para levantar o transportar cosas muy pesadas; generalmente está formada por una estructura metálica con un brazo móvil horizontal del que cuelga un cable con un gancho.
Izaje	Operación que permite el levantamiento y suspensión de cargas de gran tamaño y peso.
NTP	Notas técnicas de prevención
PSI	Unidad de presión. Abreviatura de la presión: libra de fuerza por pulgada cuadrada
S100	Modelo de grúa tipo torre según fabricante de 100 metros de altura

RESUMEN

El grupo de constructoras guatemaltecas propietarias de la grúa torre Shenyang S100 G6 no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de elevación hidráulico adecuado para poder asegurar la disponibilidad y una alta producción en operación, debido a esto, se han dado diversas fallas en operación, las cuales han terminado en penalización por tener el equipo detenido por horas de mantenimiento correctivo o de emergencia.

El fin de la investigación se centra en la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de elevación de la grúa tipo torre Shenyang S100G6. Todos los elementos del cual está conformado el sistema hidráulico de elevación se encuentran en deterioro, este cada vez con un avance de daño mayor y perjudicial para la operación de la grúa, todo esto debido a la exigencia de operación de la grúa y la falta de un plan de mantenimiento preventivo.

Se logró conocer la operación de la grúa y los elementos básicos y esenciales de los cuales está compuesto el sistema hidráulico de elevación para poder iniciar la investigación de los parámetros reales y los sugeridos por el fabricante o similares.

En conclusión, esta investigación interpretará la importancia de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de elevación de la grúa tipo torre Shenyang S100G6 para el grupo de empresas constructoras guatemaltecas, con la finalidad de optimizar el buen funcionamiento y la

prolongación de la vida útil de cada elemento del cual está constituido el sistema hidráulico de elevación.

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación integra una sistematización ya que presenta una propuesta en la mejora del proceso en el área de mantenimiento. Consiste en tratar algunas fallas o averías relacionadas a la falta de control en el mantenimiento de tipo preventivo en los elementos hidráulicos de elevación de la grúa torre Shenyang S1006G, propiedad de un grupo de empresas constructoras guatemaltecas.

Para contribuir a la mejora en la eficiencia en operación, disminuir la frecuencia media entre fallas y mejorar el rendimiento de los elementos que componen el sistema hidráulico de elevación se diseñó un plan de mantenimiento de tipo preventivo, el cual ofrece beneficios económicos y técnicos. Se establecieron parámetros en los elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos durante la operación y poder plantear los fallos que limitan el rendimiento del sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S1006G.

La investigación presenta en capítulos ordenados y minuciosos cuanto permite comprender el diseño del plan de mantenimiento, como lo indican las normas ISO (2007) “el mantenimiento planificado, mantenimiento preventivo, mantenimiento que se realiza de acuerdo con un cronograma establecido y con criterios prescritos, con el propósito de reducir la probabilidad de falla o degradación del funcionamiento de una grúa tipo torre” (p.1).

La grúa torre Shenyang S1006G se encuentra operando en el medio del área de la construcción civil e industrial, con personal que labora a su alrededor y debajo de ella, sometida a entornos de muchos contaminantes que llegan a afectar las propiedades físicas y mecánicas de muchos de los elementos que están expuestos, como por ejemplo las mezclas de diversos materiales que utilizan en la construcción.

Por ello, de encontrarse operando en malas condiciones representa un riesgo elevado para todo el entorno circundante, para la producción de la edificación y las metas de las empresas constructoras propietarias del activo.

En el capítulo I, Marco teórico, se describe toda la teoría que ayuda a complementar y dar respaldo a los capítulos siguientes. Se describen diversas definiciones técnicas para los elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos. Estos elementos, necesarios para comprender los términos y reconocer el funcionamiento en operatividad del sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S1006G.

Se describen los tipos de mantenimiento de tipo preventivo, los planes de mantenimiento, la adaptación de conceptos y definiciones que ayudan a conocer una grúa tipo torre. La trascendencia de su eficiente funcionamiento y de un plan de mantenimiento de tipo preventivo para extender la vida útil del equipo y el crecimiento de la eficiencia en operación diaria.

En el capítulo II, se ampliará la investigación.

En el capítulo III, se representarán los resultados.

En el capítulo IV, se hará la discusión de resultados.

2. ANTECEDENTES

Hoy en día el uso de la grúa tipo torre en una construcción se ha hecho muy común. La grúa torre tiene como ventaja que es una máquina destinada a la carga y descarga de diferentes materiales. Dicha carga se distribuye mediante el empleo de un gancho y aparejos que permanecen suspendidos gracias al uso de un cable. La mayoría de las grúas tipo torre en Guatemala utilizan el sistema de empotrado al suelo, según manual del fabricante, para su instalación en la construcción. La operación de una grúa torre en obras de construcción aumenta la producción en izaje de materiales, disminuye el tiempo de ejecución de la misma y en muchas ocasiones reduce el presupuesto destinado. El aporte es metodológico ya que ayuda a poder comprender la importancia del aumento de producción y la reducción de costos con el uso de una grúa tipo torre (GM Vikon, 2019).

En las últimas décadas el mantenimiento preventivo ha logrado obtener diferentes ventajas en la aplicación en máquinas herramientas que son considerables, el número de horas de paro se reducen en un 95 % y las horas de reparación no planificadas en un 65 % durante un periodo de monitoreo inferior a 4 años. La disponibilidad media de horas de producción pasó a ser inferior al 80 %, a más del 86 %. Un plan completo de mantenimiento preventivo para máquinas herramienta afecta a todo el personal de la planta, y no solo al personal de mantenimiento. Con la aplicación de un plan de mantenimiento, los resultados de producción aumentaron de 65 % a 83 % anual en el período monitoreado. El aporte es práctico ya que ayuda a comprender la importancia de implementar un plan de mantenimiento preventivo para máquinas herramientas (Aguado, 2008).

Toda mejora día a día en los equipos para la construcción, van ligados de la mano con normas o técnicas de seguridad para el uso, manejo y operación de equipos. La NTP (Notas técnicas de prevención) complementa la NTP 701 relativa a las recomendaciones de seguridad en la manipulación de Grúas torre. En esta NTP se definen las tareas de montaje, desmontaje y mantenimiento de grúas torre y se describen los riesgos asociados a las citadas operaciones, así como las medidas preventivas para el control de algunos de los riesgos. En la NTP 783 se completan las medidas preventivas, reparación de avería de la grúa torre, carga y descarga de partes a sustituir, reparación estructural, reparación mecánica, reparación eléctrica y anotación en el libro de la grúa. Con la implementación de esta NTP se mejora el historial de mantenimiento de una grúa torre, lo cual aporta una forma práctica y eficaz de obtener varios datos de los equipos a futuro (Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales, 2003).

El trabajo final que realiza, lo funcional, lo básico y la diversidad de tamaños son algunas de las características de los cilindros hidráulicos, los cuales deben de ser elementos herméticos. Para garantizarlo se tienen empaques en las partes móviles, las cuales al gastarse o endurecerse dejan pasar fluido y aparecen las fugas. Las fugas en los sellos del vástago son fácilmente detectables, lo que no pasa si las fugas son en el pistón. Estas fugas detectadas a tiempo ayudan a que los equipos no pierdan presión en el sistema y no se deseche el lubricante que se va perdiendo. Este es un aporte práctico para futuros trabajos con cilindros hidráulicos (Rueda, 1999).

Los trabajos de conservación y mantenimiento se efectuarán siempre con la grúa en posición fuera de servicio. En las poleas, tambores y engranajes, existirán las protecciones adecuadas: cubre poleas, carcasas, entre otros. La ropa de trabajo será ajustada al cuerpo y a las extremidades, los técnicos y operarios no deberán llevar, anillos, medallas, entre otros.

La instalación de redes de seguridad de protección horizontales y verticales contribuyen a un trabajo seguro en alturas y contribuye a reducir riesgos de lesiones (Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales, 1997). Con esta guía simple, se realiza un aporte práctico que logrará la reducción de incidentes al momento de realizar algún mantenimiento a la grúa torre.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la ausencia de mantenimiento en el sistema hidráulico de elevación de la grúa tipo torre Shenyang S100G6 ha sido notorio el deterioro de diversos componentes y las emergencias en corregir las averías, esto se debe a que la grúa tipo torre no posee una planificación adecuada tanto en operación como fuera de servicio.

- Descripción y delimitación del problema

En el departamento de maquinaria para la construcción en especial el área de equipos de izaje de un grupo de constructoras guatemaltecas han sido notorias las deficiencias del sistema hidráulico para poder auto elevar las grúas torre en las obras. Debido a las deficiencias en operación por los fallos, lo cual ha generado la penalización de aplicar un descuento en el cobro de renta mensual al cliente final. Es notorio que las fallas durante la operación son peligrosas ya que se opera por encima de todos los colaboradores dentro de la obra y con cargas suspendidas para tener un equilibrio en la parte alta de las grúas torre, por lo que una falla en el sistema hidráulico puede llegar a ser catastrófico.

Las causas principales son las fugas de lubricante y los golpes externos que presentan el cilindro hidráulico junto a la bomba hidráulica debido a la mala manipulación al momento de montar este sistema en las grúas torre.

Debido a las fugas que presenta el sistema hidráulico los operarios solo nivelan el lubricante sin tener algún documento que valide que el lubricante sea el correcto para dicho sistema hidráulico, es por esto que el circuito cerrado del lubricante presenta contaminantes en el lubricante y esto a la vez crea el problema de vibración en el sistema hidráulico cuando está en operación.

Resolver estas fallas en el sistema hidráulico es de gran importancia ya que luego de tener en buen estado todo el sistema hidráulico basándose en un plan de mantenimiento preventivo contribuirá en primer lugar a disminuir el porcentaje de un accidente catastrófico. Luego evitar las penalizaciones económicas y por último alargar la vida útil del sistema hidráulico de auto elevación de grúas torre.

- Pregunta central

¿Cómo realizan el mantenimiento preventivo al sistema hidráulico de elevación de grúa tipo torre Shenyang S100G6 a la fecha de investigación?

- Preguntas auxiliares de investigación
 - ¿Cómo opera el sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S100G6 según el fabricante a la fecha de investigación?
 - ¿Cuáles son los parámetros Hidráulicos en los que debe de trabajar el sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S100G6?
 - ¿Bajo qué parámetros, condiciones o normas se realizará la propuesta del plan de mantenimiento preventivo para el sistema de elevación de grúa tipo torre Shenyang S100G6?

4. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación será realizada en un grupo de empresas constructoras guatemaltecas, con más de 40 años de trayectoria dentro del marco de la construcción y siempre pioneros en temas de mejora continua, para demostrar la habilidad de desarrollo en los valores corporativos, de los cuales se destaca la satisfacción al cliente. Para lograr este objetivo, es indispensable contar con activos en buenas condiciones, personal adecuado a cada tarea y eficacia durante el desarrollo de proyectos de construcción civil.

Con la propuesta de un plan de mantenimiento de tipo preventivo para los elementos hidráulicos de elevación de grúa tipo torre marca Shenyang S100G6, se logrará extender la confiabilidad del equipo y su operatividad. Con ello aumentar popularidad de la empresa constructora y poder utilizar el plan de mantenimiento para modelos con diseño de sistema hidráulico para elevación en grúas torres similares.

Con la propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de elevación de grúa tipo torre marca Shenyang S100G6 se pretende aumentar la sostenibilidad del equipo suscitando documentos en cada reparación realizada, dirigiendo un control constante para futuras revisiones y pronosticarse posibles averías.

Lo anterior, con el fin de obtener un equipo rentable, reducir tiempos de mantenimientos durante su operación en las áreas de trabajo, apoyar a la producción del grupo de empresas constructoras y disminuir costos imprevistos a futuro.

El aporte que el presente trabajo representa para la industria de construcción guatemalteca, en especial al grupo de constructoras guatemaltecas propietaria de la grúa torre Shenyang S100G6, es extender la vida útil de los elementos del sistema hidráulico de elevación, de tal manera que las revisiones programadas en el mantenimiento de tipo preventivo generando controles de la situación de los mecanismos.

Lo anterior con la primicia de gestionar intervalos de revisiones de agenda: semanal, mensual o basado en la calidad de las partes de la grúa tipo torre para determinar su condición operativa. Además, conceder confianza del activo del que se dispone para ejecutar los distintos izajes de materiales utilizados durante el período de construcción.

Con la propuesta de un plan de mantenimiento de tipo preventivo para el sistema hidráulico de elevación de grúa tipo torre marca Shenyang S100G6 se busca el aporte para el control de riesgos mecánicos y operacionales en el manejo de la grúa torre.

Hasta la fecha, la empresa no tiene ninguna forma de revisión del sistema hidráulico de elevación de la grúa torre, por lo tanto, esto conlleva una suma de averías las cuales en muchas ocasiones han provocado accidentes al personal que se encuentra laborando en el perímetro operacional de la grúa torre.

Ante dicha situación, es que la ocurrencia de incidentes por fallas mecánicas y operacionales en estos equipos es el indicio de que se puedan seguir presentando accidentes a futuro y catastróficos. Con lo que se llegó a determinar que los problemas primordiales que presenta la empresa son: la falta de inspección en elemento, partes o componentes de las grúas y el deterioro de los mecanismos por falta de un plan de mantenimiento de tipo preventivo.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de elevación de grúa tipo torre marca Shenyang S100G6.

Objetivos específicos

- Identificar el proceso de operación del sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S100G6.
- Determinar los parámetros hidráulicos de operación del sistema hidráulico de elevación en operación de la grúa torre Shenyang S100G6.
- Establecer bajo qué normas, parámetros o condiciones hidráulicas debe de realizarse la propuesta del plan de mantenimiento de tipo preventivo del sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S100G6.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

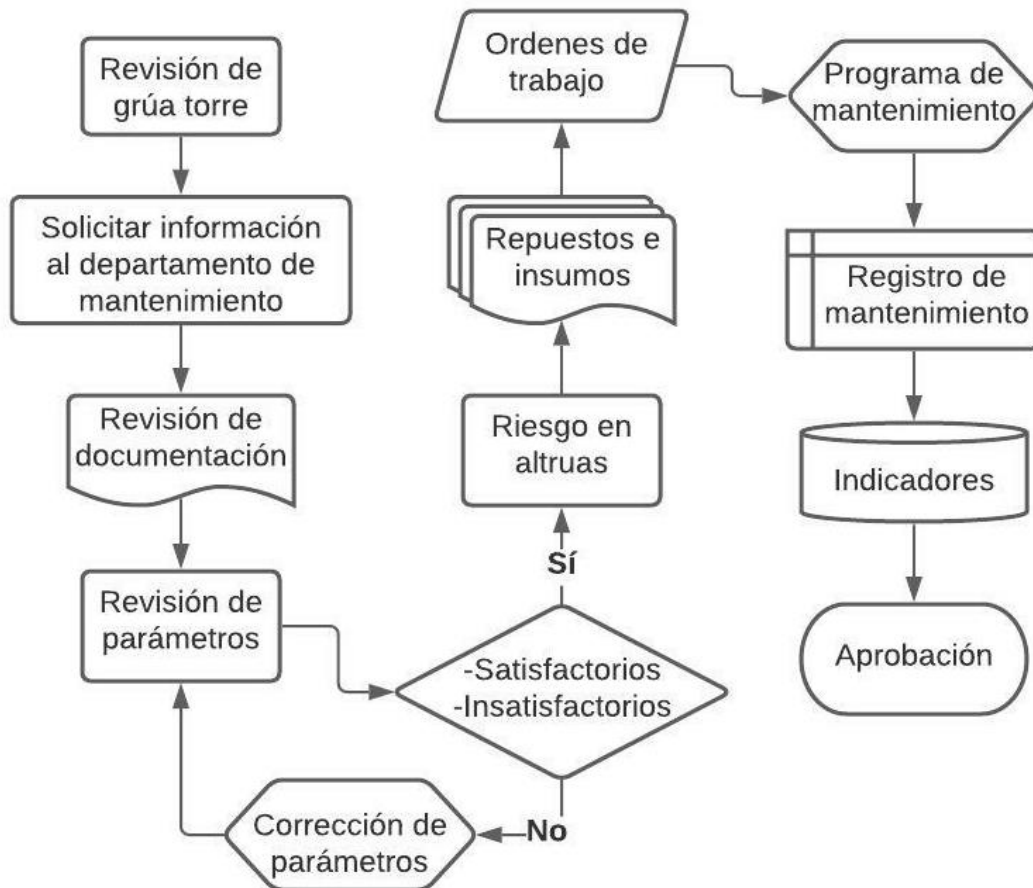
El trabajo de investigación pretende que mediante la propuesta de plan de mantenimiento de tipo preventivo apropiado para el sistema hidráulico de elevación de grúa tipo torre marca Shenyang S100G6 propiedad de un grupo de constructoras guatemaltecas, se puedan reducir las intervenciones no programadas de mantenimiento durante la operación del activo en proyecto, reducir el riesgo de accidentes al momento de ejecutar los mantenimientos en alturas. A la vez y como consecuencia de una mejora en la gestión de repuestos y planificaciones, reducir las inversiones no contempladas en el presupuesto.

Será evidente que una vez la propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de elevación de grúa tipo torre marca Shenyang S100G6 se tendrá un aumento en la productividad. Por ejemplo: horas hombre, disponibilidad del activo, indicadores de tiempo medio entre fallas, indicadores de mantenimiento de tipo preventivo, entre otros.

Por otra parte, con la propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de elevación de grúa tipo torre marca Shenyang S100G6 se pretende también incrementar la vida útil del activo de las constructoras.

El esquema de solución que se desea ensayar para definir el problema de la carencia de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de elevación de grúa tipo torre marca Shenyang S100G6 es lo que se presenta a continuación:

Figura 1. **Esquema de soluciones**



Fuente: elaboración propia realizado con *Lucidchart*.

Es esencial la revisión de la grúa torre en operación a la fecha de investigación, la información que proporcione el personal y el apoyo de documentación en caso de existir de la grúa torre Shenyang S100G6 para conocer la condición física del activo, la medición de los parámetros eléctricos, hidráulicos y mecánicos con los cuales opera actualmente la grúa torre y compararlos según normas o datos del fabricante.

Los riesgos asociados al mantenimiento en alturas deben de ser detectados y tomados en cuenta en la propuesta de plan de mantenimiento. Deben de tener en el almacén o bodega las piezas e insumos necesarios para el mantenimiento preventivo, deben de ser los indicados y de buena calidad para ser tomados en cuenta en el presupuesto anual de mantenimiento.

Las órdenes de trabajo contribuirán al control de insumos, repuestos y un mejor dato para poder tener indicadores que puedan apoyar en dar a conocer el estado del equipo o costos dependiendo del indicador utilizado.

Con la agenda de mantenimiento y los registros de mantenimiento se podrá ejecutar la propuesta de plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de elevación de grúa tipo torre marca Shenyang S100G6.

7. MARCO TEÓRICO

En el desarrollo de esta investigación se han identificado variables que afectan el óptimo funcionamiento del sistema de elevación hidráulico de la grúa tipo torre Shenyang S100G6 y para ello se ha recopilado información bibliográfica sobre elementos que componen el sistema hidráulico de elevación y cómo elaborar un plan de mantenimiento adecuado para este diseño de grúa tipo torre.

7.1. Mantenimiento

En el transcurso de los años se han ido desarrollando diferentes técnicas y procesos para el cuidado y protección de activos, lo cual ha sido adoptado de forma positiva en el sector industrial.

El mantenimiento, es utilizado como una de las mejores herramientas de prevención para alargar la vida útil de operación de todo tipo de mecanismo, incluyendo la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes para cada trabajo a realizar.

“Un conjunto de actividades orientadas a revertir el deterioro causado por el uso y que intenta evitar que existan problemas y deficiencias a futuro” (Ramos, 2014, p. 1).

El mantenimiento habitualmente definido en los últimos tiempos, “como la agrupación de técnicas destinadas a preservar equipos e instalaciones en operación durante el mayor lapso de vida en busca de la más alta excedencia y un aceptable rendimiento” (Garrido, 2003, p. 1).

Cada día el mantenimiento va tomando un gran puesto en las empresas, lo cual contribuye a alargar la vida útil de los activos, reducir costos y contar con personal altamente capacitado.

Una de las normas internacional relacionada a grúas torre, detalla al mantenimiento, como “un conjunto de actividades destinadas para mantener una grúa o restaurarla, a tal grado en el que pueda realizar sus necesidades de función, por ejemplo: seguimiento, prueba, medición, sustitución, ajuste, reparación y acciones administrativas” (ISO 23815-1, 2007, p. 1).

7.1.1. Tipos de mantenimiento

El mantenimiento ha ido en desarrollo con el pasar del tiempo y los pensamientos van cambiando para mejora, permitiendo métodos más inclinados en la implementación de uso de equipos y sistemas electrónicos según sea el tipo de mantenimiento a implementar para el equipo o maquina en gestión.

7.1.1.1. Mantenimiento preventivo

Es uno de los más utilizados por que ayuda a poder adelantarse a las posibles fallas o averías que puedan surgir en los equipos o maquinas en operación. Por ejemplo, el mantenimiento de tipo preventivo se basa en evitar fallos por falta de lubricación.

“La excelencia en el empleo de mantenimiento preventivo en máquinas herramientas es considerable, los tiempos se reducen al igual que las horas de reparación no planificadas durante una etapa de instalación inferior a 4 años” (Aguado, 2008, p. 1).

Con la necesidad que hay en la industria, es conveniente la aplicación del mantenimiento de tipo preventivo, el cual logrará una reducción considerable y medible por medio de porcentajes de fallas y aumentar la disponibilidad de horas de producción.

7.1.1.2. Mantenimiento correctivo

Comúnmente aplicado cuando las fallas de los equipos ya se han producido, afectando la producción o el tipo de trabajo que se esté realizando. Por lo que es vital corregir los defectos o fallas con el fin de volver a tener operativo el equipo en servicio.

Este mantenimiento usualmente es el que llevan a cabo en las industrias pequeñas y que incrementa los costos en mano de obra y repuestos, que además se contabiliza el tiempo de paro y de nuevo la puesta en marcha del activo.

7.1.1.3. Mantenimiento predictivo

Uno de los más aplicados en los últimos tiempos en la industria, en el cual mediante supervisiones periódicas revisan las propiedades técnicas y físicas de un activo mientras está en operación, para ello se hace uso de varios programas sistemáticos de mediciones según los parámetros del activo (temperatura, desgaste, sonidos, vibraciones, entre otros).

“Permite garantizar una calidad del servicio deseado, con base en la aplicación sistemática de técnicas de análisis, utilizando medios de supervisión centralizados o de muestreo para reducir al mínimo el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo” (*ALS Tribology South América*, 2018, p. 3).

7.1.1.4. Mantenimiento productivo total TPM

Conocido en la industria como el uso de uno o más procedimientos que aseguran el continuo funcionamiento de los equipos y estimado como una gran práctica con el perfil humano, ya que favorece la coincidencia entre recurso humano y mantenimientos. Además, suele utilizar actividades correctivas y preventivas en algunos de los casos.

El fin principal del TPM es la complacencia del cliente, la autoridad de los procesos y sistemas de productividad, enfocándose en un mantenimiento autosuficiente, de aprendizaje y en busca siempre de la mejora cotidiana.

7.1.1.5. Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM

Disminuir costos en las empresas es el primordial objetivo en este mantenimiento, enfocándose en las actividades de mayor importancia y lograr evitar labores de gran relevancia.

Denominado uno de los avances en mantenimiento que más adapta la mejora continua, para ello emplea ciclos dinámicos en los que se aprende de las fallas que han ocurridos y que se generan a la rapidez deseada, apoyándose en la experiencia de sus colaboradores.

7.2. Sistema hidráulico

Desde años atrás, al grupo de un sistema hidráulico en todo tipo de maquina en la industria se le ha conocido como la sucesión lógica de elementos mecánicos en el que es necesario la intervención de un líquido.

La diversidad de sistemas hidráulicos en la industria y vehículos pesados, básicamente constituidos por un depósito, una bomba central, una válvula elevadora destinada a regular la presión del líquido en el sistema, una válvula distribuidora instalada en un mando final accionada por el operador a través de una palanca para dirigir el flujo de líquido hacia los diferentes elementos de trabajo y por último uno o más cilindros hidráulicos destinados a realizar el trabajo en virtud de una presión hidráulica.

El sistema hidráulico, fabricado para resolver problemas con el uso de un caudal de fluidos por conductos. “Es la aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos” (Pocon, 2009, p. 21).

Su origen es el principio de Blaise Pascal, que “dictamina que una presión aplicada en algún punto de un fluido se transmite con la misma intensidad a cada punto del mismo” (Gutiérrez, 2007, p. 1).

Se puede analizar que el principio básico para el buen funcionamiento de un sistema hidráulico inicia cuando la bomba central envía aceite a presión hacia el cilindro para que este actúe, al actuar, el cilindro puede expandirse o contraerse según sea el caso de aplicación de fuerza.

Los sistemas hidráulicos funcionan para realizar todos los movimientos controladamente y con gran precisión, lo que lo convierte en una de las mejores opciones en la industria para transmitir fuerza en diversos procesos. Los sistemas básicos hidráulicos regularmente operan en un rango de presión que va desde las 1 000 psi hasta las 3 000 psi.

7.2.1. Componentes del sistema hidráulico

La grúa tipo torre Shenyang S100G6 cuenta con un sistema de auto elevación hidráulico el cual le permite poder llegar a la altura requerida en el proceso de construcción donde ha sido solicitado este equipo, es por esto un factor importante que el departamento de mantenimiento debe de enfocarse en la alta disponibilidad en operación del sistema de auto elevación hidráulico y su eficiente desempeño en cada uno de los elementos hidráulicos del cual está compuesto.

7.2.1.1. Bomba hidráulica

Elemento mecánico que proporciona al sistema hidráulico un flujo adecuado de líquido. “El primer paso en la transmisión de fuerza fluida es el de convertir la entrada de fuerza mecánica en fuerza fluida por medio de una bomba hidráulica” (Aceros y sistemas Hidráulicos de México, 2014, p. 1).

Este elemento hidráulico que se encarga de solo producir flujo, como lo pueden ser los galones por minuto, litros por minuto, entre otros. La bomba absorbe líquido de un depósito que lo almacena y lo envía como un flujo a todo el circuito del sistema hidráulico.

7.2.1.2. Motor hidráulico

Elemento mecánico diseñado para ejecutar la función de transformar la energía hidráulica en otro tipo de energía por lo regular mecánica, utilizando el caudal enviado de la bomba central para accionar algún otro elemento hidráulico como lo pueden ser mandos finales, diferenciales, ventiladores, cilindros, transmisiones, entre otros.

7.2.1.3. Depósito hidráulico

Llamado también tanque hidráulico, la función primordial es la de almacenar el aceite hidráulico luego de ser usado y así mantener un nivel adecuado. Los depósitos deben de ser resistentes y no deben dejar ingresar partículas externas, generalmente siempre son fabricados herméticos y presurizados.

Los depósitos hidráulicos también cumplen con la función de dividir el aire del aceite y excluir el calor cada vez que este líquido regresa al tanque luego de recorrer y hacer su función por todo el sistema hidráulico.

7.2.1.4. Acondicionadores de aceite

Son elementos utilizados en un sistema de hidráulico que permiten mantener al aceite en condiciones de limpieza adecuadas y prolongarle sus propiedades.

Los acondicionadores más utilizados son los filtros, cuya función principal es filtrar el aceite en operación y atrapar cualquier partícula que circule por la red de distribución.

7.2.1.5. Red de distribución

Diseñada en todo sistema hidráulico para garantizar que la velocidad y la presión del aceite sean continuas en todos los elementos hidráulicos. Una de las ventajas de una red de distribución hidráulica es el circuito de retorno, que le permite al aceite volver a ser utilizado luego de pasar por el depósito hidráulico.

7.2.1.6. Elementos de regulación y control

Cumplen la función de regular el caudal de aceite que circula en la red de distribución antes de llegar a cada actuador hidráulico. Los elementos de regulación y control más comunes en los sistemas hidráulicos son las válvulas, las cuales pueden ser de dirección, retorno bloqueado y de caudal.

7.2.1.7. Limitador de presión

Son elementos de seguridad cuya función principal es evitar la rotura de accesorios mecánicos o hidráulicos debido a algún aumento de presión en todo el sistema hidráulico. Estos limitadores normalmente se ubican en la salida del caudal principal de la bomba hidráulica y por lo general son graduables.

7.2.1.8. Cilindro hidráulico

Los cilindros hidráulicos, ocasionalmente denominados motores lineales, son los actuadores mecánicos o mandos finales en un sistema hidráulico, cuya función es aprovechar la energía hidráulica que circula en la red de distribución en energía mecánica.

Estos elementos hidráulicos son los más habituales en realizar el trabajo final de todo equipo o máquina que está diseñada con un sistema hidráulico convencional. Existe diversidad de dimensiones de cilindros hidráulicos dependiendo del trabajo final por realizar.

La fuerza o empuje final de los cilindros hidráulicos es determinada por la presión del aceite en la red de distribución y la velocidad de trabajo de los cilindros es determinada por el caudal del aceite.

7.3. Grúa

Es un equipo diseñado como una máquina motora destinada a elevar y distribuir materiales en el espacio suspendidas de un aparejo. Se dice que la grúa es de los primeros equipos que existieron alrededor del mundo, que por regla general son mecanismos estructurales y mecánicos que cuentan con diversidad de poleas, contrapesos, elementos de izaje, entre otros. Todo esto para poder crear un beneficio mecánico y poder mover grandes cargas a diferentes alturas y distancias.

Se le denomina grúa, a la máquina o conjunto de mecanismos que facilita la carga, descarga, elevación y manipulación de un objeto voluminoso.

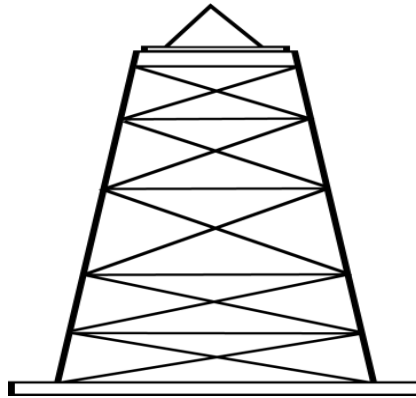
Se conoce que en Grecia ha sido el lugar de origen de las grúas torre, “donde eran los hombres quienes hacían uso de animales para ejecutar los movimientos. En la edad media se utilizaron en la construcción de barcos, algunas máquinas fueron fijadas a torres de roca para brindar más estabilidad” (Grúas Gremsa, 2016, p. 3).

7.4. Torre

Conocidas regularmente en la construcción civil como construcciones verticales de gran altura, la principal característica se puede apreciar en sus dimensiones, esto se debe a que suelen ser angostas y muy altas por lo que aprovechan el espacio aéreo.

En la actualidad se pueden construir o ensamblar de distintos materiales según sea el diseño o la aplicación en donde se requiera utilizar.

Figura 2. **Torre**



Fuente: elaboración propia realizado con Paint 3D.

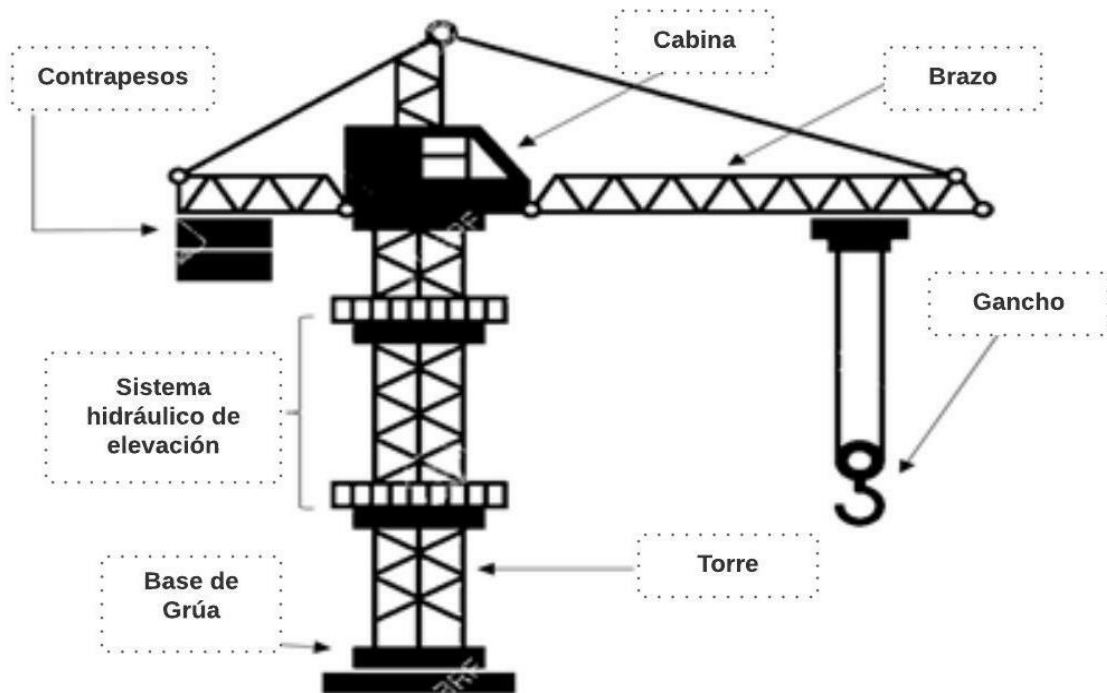
7.5. Grúa tipo torre

Equipos de gran tamaño y muy versátiles en operación, muy solicitados en el área de construcción por lo que hoy en la actualidad se puede observar que han aumentado en cantidad las distintas marcas y modelos de grúas tipo torre en Guatemala.

Un concepto específico de una grúa torre es, la de una estructura metálica que puede ser desmontable de varias formas según sea el diseño y alimentada por corriente eléctrica, especialmente usada en de la construcción civil para elevar y distribuir la diversidad de materiales por medio de un aparejo.

“Así, este equipo de elevación de materiales y con funcionamiento discontinuo, es orientable y su soporte giratorio se monta sobre la parte superior de una torre vertical. Cuya parte inferior se une a la base de la grúa” (Perú Construye, 2018, p. 72).

Figura 3. Grúa tipo torre



Fuente: elaboración propia realizado con Lucidchart.

7.6. Grúa torre Shenyang S100G6

Grúa tipo torre fabricada en Mainland China por Shenyang *Construction Machinery co., Ltd*, e ingresada a Guatemala en el año 2014, propiedad de un grupo de empresas constructoras guatemaltecas.

Grúa torre con especificaciones de 40 a 55 metros de alcance de brazo, con una altura máxima de elevación hasta 100 metros bajo gancho y con capacidad de carga de 6 Toneladas en torre y 1.2 Toneladas en punta. Con este tipo de especificaciones, es una grúa muy versátil y productiva para el izaje de materiales en el área de la construcción o industria.

Figura 4. **Grúa torre Shenyang S100G6**



Fuente: [Fotografía de José Villatoro]. (Guatemala, Guatemala, 2021). Colección particular.

7.7. Plan de mantenimiento

En un plan de mantenimiento, se tiene como meta, realizar tareas previamente programadas para asegurar la disposición de los equipos de las empresas, adaptándose a la demanda según se la producción.

Según Aguado (2008) en una planta se ven afectados todos los técnicos de las áreas de producción, las áreas de revisión de producto final, áreas de empaque y el departamento de ventas debido a un plan completo de mantenimiento. Añade que el personal del departamento de mantenimiento también se ve afectado.

7.8. Diseño de plan de mantenimiento preventivo

Es conveniente efectuar un plan de mantenimiento preventivo que se adecue y adapte a las prioridades de producción del grupo de empresas constructoras guatemaltecas.

Con la realización y ejecución de un plan de mantenimiento de tipo preventivo no se asegura que se reducirán a cero las averías en los equipos, siempre estará la posibilidad de experimentar fallas.

Para ello, un plan de mantenimiento suele ser activo e importante, identificar los continuos cambios para poder obtener un buen nivel teórico y práctico, en busca siempre de la mejora cotidiana.

Se ha creado una regla muy valiosa para efectuar planes de mantenimiento, ya que suele dar resultados positivos un plan de mantenimiento incompleto que se lleva a la práctica, que un plan de mantenimiento exhaustivo y excelente que no se realiza. (Garrido, 2003, p. 39)

7.8.1. Personal encargado

Disponer del personal correcto para las distintas tareas de mantenimiento que requiere la grúa torre Shenyang S100G6 es fundamental dentro de la empresa para lograr alargar la vida útil del activo y disminuir la constancia de fallas.

Es vital definir las funciones del personal y alcances en las actividades asignadas en el mantenimiento, esto para disponer del personal idóneo según la actividad o especialidad a ejecutar dentro del departamento de mantenimiento.

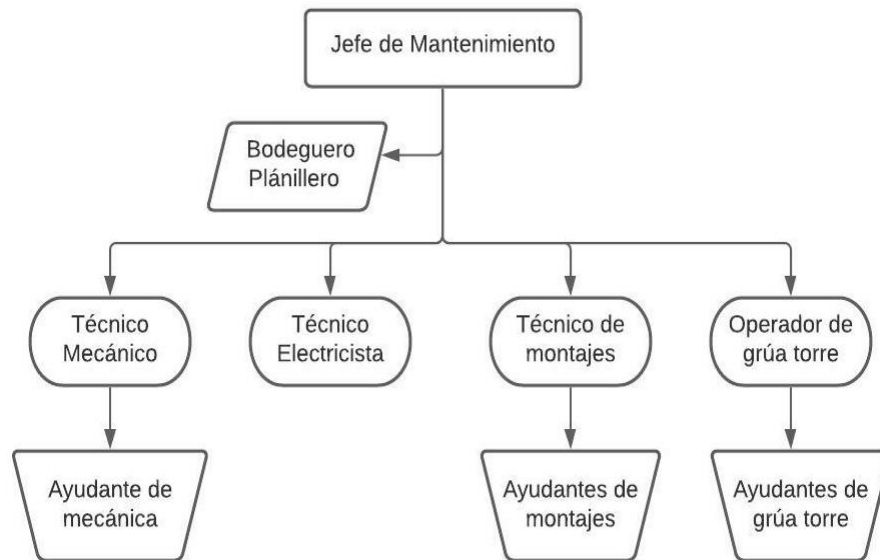
Sin el factor humano, no podrían ser realizadas las diversas tareas del mantenimiento, “el personal de ejecución y supervisión suelen ser la piedra angular del mantenimiento, ya que como tal en la perspectiva kantiana es uno de los tres elementos básicos del sistema de mantenimiento - máquina – producción” (Mora, 2009, p. 278).

7.8.1.1. Descripción del puesto

Una de las normas internacionales de grúas, plantea que los “requerimientos mínimos para el personal de mantenimiento, deben estar competentes, estar familiarizados con la maquinaria que deben mantener y sus peligros, deben de estar debidamente instruidos y capacitados, incluida su asistencia a cursos apropiados donde se utiliza el equipo” (ISO 23815-1, 2007, p. 2).

Es de relevancia describir el puesto dentro del organigrama de gestión del mantenimiento para poder estructurar los cargos en un orden jerárquico, evidenciando los puestos de mayor a menor rango de una forma descendente dirigiendo al personal como proceder, gestionar y objetar a ordenes al momento de ejecutar un mantenimiento en el equipo. (Ver figura 5)

Figura 5. Diagrama jerárquico



Fuente: elaboración propia realizado con Lucidchart.

7.8.1.2. Estudio requerido

Todo el empleado involucrado en el área de mantenimiento debe de ser prudente de la gran responsabilidad que conlleva realizar determinada tarea, debe de poseer la sabiduría y aptitudes mínimas para garantizar el funcionamiento y disposición del activo para el grupo de constructoras guatemaltecas.

Jefe de mantenimiento, será el responsable de los diferentes procesos del mantenimiento, labores como orientar al personal para disminuir las intervenciones de los equipos durante mantenimientos, toma de decisiones, supervisar la calidad del mantenimiento, el diseño de mecanismos, anotación de procedimientos, apoyo de manufactura, entre otros. Estudio requerido: Ingeniero mecánico, Ingeniero industrial o similar.

Técnico mecánico, encargado del mantenimiento, inspección y regulación de los distintos componentes mecánicos e hidráulicos de la grúa torre. Mantener en óptimo funcionamiento el activo y la elaboración de reportes o bitácoras de mantenimiento. Estudio requerido: Técnico en mecánica general e industrial.

Técnico electricista, encargado del mantenimiento, inspección y regulación de los distintos componentes eléctricos, tableros, conexiones, sensores, límites de seguridad eléctricos y elementos de automatización. Estudio requerido: Técnico en electricidad Industrial.

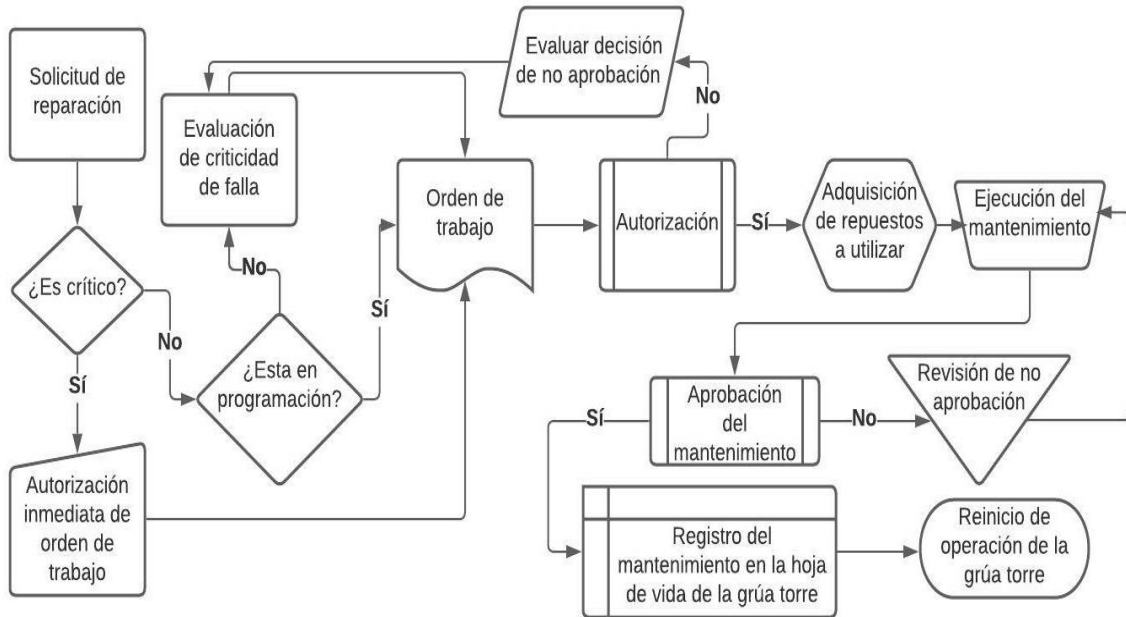
Técnico de montajes, persona encargada de realizar, guiar y supervisar el armado y desarmado de cada pieza de la grúa cada vez que se instala en alguna obra de construcción. Estudio requerido: Instalador de grúas torre certificado.

Operador de grúa torre, personal requerido para la operación, revisión y monitoreo de la grúa torre antes y al final de cada jornada laboral. Capaz de interpretar tablas de carga y dimensiones de objetos a izar. Estudio requerido: Operador Certificado.

7.8.2. Procedimiento para efectuar un plan de mantenimiento

En la figura 6 se ha planteado por medio de un diagrama de flujo el seguimiento lógico para decidir y proceder en los diferentes tipos de intervenciones según sea el mantenimiento para realizar con base en la criticidad.

Figura 6. **Diagrama de toma de decisiones para mantenimiento**



Fuente: elaboración propia realizado con LucidChart.

7.8.3. Recurso técnico

Se utilizará el recurso técnico para apoyar a los técnicos de mantenimiento con la finalidad de favorecer los tiempos de efectuar cada revisión. Todo recurso técnico debe de estar dentro de los parámetros requeridos de la grúa torre y debidamente certificados para obtener una medición más eficiente.

7.8.3.1. Recomendaciones del fabricante

Los fabricantes de grúas torre deben de crear y facilitar manuales de funcionamiento, mantenimiento y montaje. Estos documentos deben incluir cada componente del cual está fabricada la grúa torre, la forma correcta de

inspeccionarlos, adjuntar recomendaciones para el óptimo funcionamiento y así contribuir a extender la vida útil del equipo.

7.8.3.2. Recomendaciones de grúas torre similares

El grupo de constructoras guatemaltecas propietarias de la grúa torre Shenyang S100G6, no cuentan con el manual del fabricante, pero poseen dentro de sus activos otro tipo y marcas de grúas torre, de los cuales algunos si poseen manual del fabricante y otros no.

Para esta investigación es necesario seguir las recomendaciones del manual del fabricante de otros activos similares en operación y sus componentes. Debido a la similitud en cuanto a funcionamiento de los otros activos, se plantea realizar mantenimientos semejantes sin alterar la funcionalidad de la grúa torre. Tomando en cuenta las recomendaciones del personal que ha realizado mantenimientos en las grúas torre.

7.8.3.3. Experiencia propia

El personal con el que cuenta el grupo de empresas constructoras al poseer varios años en el medio de las grúas tipo torre, ha adquirido un grado aceptable de experiencia en conocer el activo a fondo, así como el histórico de fallas. Esto es una ventaja que ayudara para analizar previos registros según el mantenimiento que se ejecute.

7.8.3.4. Documentación técnica

El contar con un departamento de registro, un archivo, algún histórico de averías o el documento de vida de la grúa torre Shenyang S100G6. “Todo documento apoya en la información para analizar el tipo de mantenimiento que se ha venido ejecutando y así poder disminuir las averías o fallas más recurrentes” (Pinternal Pingon, 1978, p. 45).

7.8.4. Plan de programa de mantenimiento preventivo

Para llevar a cabo el programa de mantenimiento del sistema de elevación hidráulico de la grúa torre Shenyang S100G6, se aplicará un estudio de criticidad y causa-raíz al ser evaluados los parámetros mecánicos, hidráulicos y eléctricos.

Se procederá a efectuar intervenciones según horas maquina o tiempos en operación, ya que la grúa torre Shenyang S1006G en el proyecto donde está ubicada y operando, la están utilizando a doble turno. Lo cual exige un control más estricto del mantenimiento preventivo a cada componente y elemento.

7.8.4.1. Mantenimiento según horas

Para el planteamiento de un mantenimiento según las horas, se debe de conocer la grúa torre Shenyang S100G6 y la frecuencia de averías de cada componente del sistema hidráulico de elevación. Se sugiere un manejo mediante horas en operación para favorecer la medición de los tiempos y poder actuar previamente en los componentes para verificar su funcionamiento en operación. De esta manera se toman en cuenta las especificaciones del fabricante y conocimientos del personal del área de mantenimiento.

7.8.4.2. Mantenimiento según componente

Se programarán actividades para efectuar la medición de los parámetros de los elementos y mecanismos del sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S100G6. El propósito de centrar los mantenimientos, aparte de las horas de trabajo también depende del buen desempeño de los componentes y así garantizar la eficiencia de utilización del mismo.

Una de las exigencias al final de labores es “la verificación del buen funcionamiento y lubricación de todos los componentes para dejar la grúa en condiciones fuera de servicio y lista para la siguiente jornada” (Pinternal Pingon, 2011, p. 62).

7.8.4.3. Control de componentes hidráulicos

Se establecerá la forma de intervención a los diversos componentes y elementos hidráulicos. Estos elementos se identificarán por ser empleados con el único fin de transportar y regular un fluido o aceite lubricante, para generar una acción en algún mecanismo o mando final. Otras aplicaciones importantes es la de suministrar un lubricante a diversos mecanismos que requieran de un agente que disminuya la fricción y poder mitigar desgastes entre superficies.

7.8.4.4. Control de componentes eléctricos

Elementos fundamentales, cuyo destino es el gobernar, conducir y alimentar por medio de corriente eléctrica algunos o varios elementos eléctricos de los cuales está compuesto el sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S100G6. Elementos esenciales para la grúa, sus revisiones deben de ser periódicas y específicas para su óptimo funcionamiento.

7.8.4.5. Control de componentes mecánicos

Componentes que, a pesar de no ser fundamentales, son parte del sistema hidráulico de elevación. Se verificarán el estado de los elementos mecánicos sujetos a desgaste, condición de superficies, ajuste entre mecanismos móviles, graduación, limpieza y lubricación de ser necesarios.

7.8.5. Sistema de información del mantenimiento

Es una de los más esenciales para efectuar algún tipo de mantenimiento, el cual contribuye a demostrar todo lo que ocurre y así consolidar una sola línea de información al departamento de mantenimiento y a gerencia de ser necesario.

Es importante filtrar todos los reportes en tiempo real desde que se inicia una implementación o un “plan de mantenimiento preventivo” a los equipos. Todos los procesos de mantenimiento, el histórico de fallas y las acciones de prevención deben de tener una forma adecuada de registrarse o archivarse para poder darle una trazabilidad legible al proceso de mantenimiento.

7.8.5.1. Documentos de verificación del mantenimiento

Es una herramienta básica y esencial que permite darle trazabilidad a los reportes técnicos apropiados del equipo en todo momento a quien lo solicite dentro del departamento de mantenimiento o reportes a gerencia.

Se manejan requerimientos del personal, solicitud de materiales, históricos de fallas y registrando la mantenibilidad de los equipos, siempre buscando la mejora continua en todo momento.

7.8.5.2. Práctica de mantenimiento diario y semanal

Documento enfocado y con un seguimiento lógico a seguir para que el técnico a cargo lo interprete y ejecute. Estas prácticas dan las principales rutas con el fin de elaborar inspecciones de forma organizada y de manera regular. Con la finalidad de obtener las limitaciones generales de los elementos y verificarlas en operación.

7.8.5.3. Documento de vida de la grúa

Este documento conformado con todas las características de la grúa torre, además de incorporar el inventario necesario que se requiere para intervenirlo, adjunta información del historial de mantenimientos realizados, ya sean de tipo preventivo o correctivo.

7.8.5.4. Bitácora de programación de mantenimiento

En este documento se enlazarán todas las tareas realizadas a los distintos mecanismos que conforman el sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S100G6 y que se encuentren sujetos a él plan de mantenimiento preventivo.

Este documento con la conclusión de generar registros de intervención, técnico a cargo, insumos utilizados, entre otros. Esto con el fin de respetar un calendario de ejecución según las fechas sugeridas o la periodicidad de intervenciones según sea el tipo de elemento a revisar.

7.8.5.5. Ficha de orden de trabajo

Se utilizan normalmente con el propósito de obtener una aprobación para intervenir a la grúa torre en la empresa o la aprobación de la ejecución del mantenimiento solicitado. Luego de aprobada la solicitud para la elaboración del mantenimiento o tarea a realizar, se debe de programar con anticipación el documento de trabajo para no afectar la operación de la grúa torre.

7.8.6. Proyección de herramientas, repuestos e insumos

Son todos los accesorios con los que se debe de contar para poder ejecutar el mantenimiento según la programación en el plan. La diversidad de herramientas, repuestos e insumos deben de llevarse con un buen control, esto con el objetivo de tener disponibilidad de cada uno al momento de realizar la respectiva tarea de mantenimiento.

Los insumos, herramientas y repuestos deben de estar siempre disponibles. Esto debe de ser un compromiso, una responsabilidad de la empresa propietaria del activo para la aprobación de inversión y lograr tener en inventario más completo. Esto aporta el obtener un libre desarrollo de la gestión del mantenimiento y su ejecución.

“La disposición de los útiles y herramientas más adecuadas para los equipos que hay que atender y que los materiales que se empleen en mantenimiento cumplan los requisitos necesarios” (Garrido, 2003, p. 189).

7.8.6.1. Repuestos almacenados

Estos pueden llegar a ser de gran relevancia debido a su consideración contra las grandes inversiones que se deben de hacer, la mayoría de piezas de cambio para estos tipos de grúas torre han sido de importación. Esta inversión se ha podido optimizar con el transcurso de los años, las nuevas tecnologías y diversidad de materiales que ingresan al país.

Para poder crear un almacén de repuestos es esencial poder identificar los distintos mecanismos que componen el sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S100G6 en críticos, importantes y prescindibles.

Abastecimiento de repuestos y materiales. Suele ser todo el tiempo que se lleva la entrega del material a utilizarse para efectuar la intervención de alguna tarea desde el día de la solicitud.

Incluir el tiempo necesario para localizar el repuesto en el almacén (en el caso de tenerlo), realizar los pedidos pertinentes (en caso de no tenerlo), para que el proveedor los sitúe en la planta, para acondicionarlos (en caso de que haya que realizar algún trabajo previo). (Garrido, 2003, p.101)

7.8.6.2. Materiales para mantenimientos programados

En el almacén del área de mantenimiento del grupo de empresas constructoras, además de contar con repuestos para dar respuestas a problemas o realizar los mantenimientos, se requiere la disponibilidad de insumos con la finalidad de asistir las exigencias de los trabajos en proceso o los mantenimientos.

A estos materiales o insumos dentro del almacén también se les debe de realizar inspecciones y limpieza para que no contengan impurezas o se dañen por el ambiente del entorno.

7.8.6.3. Herramientas necesarias

Las herramientas suelen ser esenciales en los diversos mantenimientos para poder realizar todas las tareas programadas sin contratiempo alguno. Se conocen en el mercado local una extensa diversidad de herramientas para poder ejecutar las labores de los mantenimientos.

Estas herramientas deberían de poder adquirirse por medio de los propietarios de la grúa torre, con el fin de tener disponibilidad para poder realizar un mantenimiento rápido, seguro y eficiente.

7.8.7. Seguridad y medio ambiente

El grupo de constructoras guatemaltecas, comprometidos con la salud y seguridad ocupacional han ido adoptando mayor compromiso con la seguridad del personal y de la maquinaria, “proporcionar una grúa que cumpla con los estándares mínimos de seguridad, mantenimiento y montaje, así como las especificaciones del fabricante” (ASME B30.3, 2019, p. 25).

En busca de la mejora continua (Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales, 2003), el grupo de empresas constructoras se encuentra en proceso de certificación en normas de calidad, sistemas de gestión de la seguridad y salud laboral, entre otras similares.

7.8.7.1. Legislación Guatemalteca

Son un conjunto de leyes que han sido creadas por un legislativo u otro órgano de gobierno. Se refiere al cuerpo colectivo de leyes declaradas que regulan el orden en un país, es decir, un ordenamiento jurídico y que establece aquellas conductas y acciones aceptables o rechazables de un individuo, institución, empresa, entre otras.

7.8.7.1.1. Acuerdo gubernativo

Las leyes gubernamentales en Guatemala contribuyen al desarrollo de un área de trabajo segura. “Queda prohibido circular bajo las cargas grandes o pesadas que estén suspendidas o que estén siendo transportadas” (Acuerdo gubernativo, 2014, p. 68).

Toda maquinaria que se emplee en las obras debe de tener siempre a disipaciones del maquinista o del trabajador que la utilice, las instrucciones en idioma español con el fin de que la manipulación de la misma se ajuste a lo establecido en dichas instrucciones. (Acuerdo gubernativo, 2014, p. 68)

“Debe procurarse que los motores estén en locales aislados de los lugares de trabajo y de no ser así, de acuerdo con la potencia de los mismos, deben de rodearse de barreras u otros dispositivos” (Acuerdo gubernativo, 2014, p. 69).

7.8.8. Capacitación del personal

Es un deber de los departamentos de mantenimiento y de recursos humanos, el establecer el tipo de capacitación o entrenamiento según sea el

puesto del personal, se podrán planificar las capacitaciones trimestral, semestral o anual, dependiendo del tipo de capacitación.

El preparar al personal es un tema fundamental en las grandes empresas, les beneficia en el aumento de rendimiento del personal, mejora la perspectiva del personal, optimiza el trabajo en conjunto y el adquirir un equipo humano con sentido de pertenencia de los activos.

7.8.9. Indicadores

Son aquellos que nos permitirán saber cuál es el estado actual y la trazabilidad luego de la puesta en marcha del plan de mantenimiento preventivo para el sistema hidráulico de elevación de la grúa tipo torre Shenyang S100G6.

Para conocer el recorrido que realizan el área de mantenimiento, decidir si se deben de efectuar cambios o determinar algún aspecto específico, se define una serie de parámetros que permitan evaluar los resultados que se están adquiriendo en el área de mantenimiento.

Para realizar un sistema de procesamiento para medición de indicadores, se debe de conocer que tipos de datos a utilizar. “A partir de una serie de datos, nuestro sistema de procesamiento debe devolvernos una información, una serie de indicadores en los que nos basaremos para tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento” (Garrido, 2003, p. 255).

7.8.10. Costos de implementar el plan de mantenimiento

El analizar la viabilidad en cuanto a los costos que puede generar la implementación de un plan de mantenimiento preventivo ayudara al grupo de

empresas constructoras propietarias de la grúa torre Shenyang S100G6 con la proyección de presupuestos a futuro para contar con la disponibilidad de los insumos y repuestos necesarios en cada mantenimiento programado.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DE MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

MARCO TEÓRICO

1.1 Mantenimiento

1.1.1. Tipos de mantenimiento

1.1.1.1. Mantenimiento preventivo

1.1.1.2. Mantenimiento correctivo

1.1.1.3. Mantenimiento predictivo

1.1.1.4. Mantenimiento productivo total TPM

1.1.1.5. Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM

1.2. Sistema hidráulico

1.2.1. Componentes de un sistema hidráulico

1.2.1.1. Bomba hidráulica

1.2.1.2. Motor hidráulico

1.2.1.3. Deposito hidráulico

- 1.2.1.4. Acondicionadores de aceite
- 1.2.1.5. Red de distribución
- 1.2.1.6. Elementos de regulación y control
- 1.2.1.7. Limitador de presión
- 1.2.1.8. Cilindro hidráulico
- 1.3. Grúa
- 1.4. Torre
- 1.5. Grúa tipo torre
- 1.6. Grúa torre Shenyang S100G6
- 1.7. Plan de mantenimiento
- 1.8. Diseño del plan de mantenimiento preventivo para el sistema de elevación
 - 1.8.1. Personal encargado
 - 1.8.1.1. Descripción del puesto
 - 1.8.1.2. Estudio requerido
 - 1.8.2. Procedimiento para la ejecución de un plan de mantenimiento
 - 1.8.3. Recursos técnicos
 - 1.8.3.1. Recomendaciones del fabricante
 - 1.8.3.2. Recomendaciones de grúas torre similares
 - 1.8.3.3. Experiencia propia
 - 1.8.3.4. Documentación técnica
 - 1.8.4. Plan de programa de mantenimiento tipo preventivo
 - 1.8.4.1. Mantenimiento según horas
 - 1.8.4.2. Mantenimiento según componente
 - 1.8.4.3. Verificación de componentes hidráulicos
 - 1.8.4.4. Verificación de componentes eléctricos
 - 1.8.4.5. Verificación de componentes mecánicos

- 1.8.5. Sistema de información del mantenimiento
 - 1.8.5.1. Documentación del mantenimiento realizado y verificación
 - 1.8.5.2. Practica de mantenimiento diario y semanal
 - 1.8.5.3. Documento de vida de la grúa
 - 1.8.5.4. Bitácora de programación de mantenimiento
 - 1.8.5.5. Ficha de orden de trabajo
- 1.8.6. Proyección de herramientas, repuestos e insumos
 - 1.8.6.1. Repuestos almacenados
 - 1.8.6.2. Materiales e insumos para mantenimientos programados
 - 1.8.6.3. Herramientas necesarias
- 1.8.7. Seguridad y medio ambiente
 - 1.8.7.1. Legislación guatemalteca
 - 1.8.7.1.1. Acuerdo gubernativo
- 1.8.8. Capacitación al personal
- 1.8.9. Indicadores
- 1.8.10. Costos de implementar el plan de mantenimiento

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Ruta de investigación

La ruta de investigación que se plantea es mixta. Se recabará información cuantitativa a partir de la medición de las presiones hidráulicas, la medición de la corriente eléctrica del sistema y mediante la revisión documental en la base de datos o historiales del departamento de mantenimiento de maquinaria de la empresa constructora. Se recabará información cualitativa con la inspección del medio circundante, el estado visual superficial de condición y la identificación de condiciones en la periferia de la grúa tipo torre Shenyang S100G6.

9.2. Alcance de investigación

El alcance de investigación es descriptivo. Tras la revisión documental, se generará un documento de seguimiento para realizar un monitoreo e inspección de estado de condición del sistema completo hidráulico de elevación de la grúa tipo torre Shenyang S100G6.

9.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación es no experimental. Se desarrollará una investigación en las condiciones de operación del sistema hidráulico de levantamiento de la grúa tipo torre Shenyang S100G6, se obtendrá información en el lugar, pero no se retirarán piezas.

9.4. Variables

Se realiza desglose de variables y su tabulación:

Tabla I. Operativización de variables

No.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	PLAN DE TABULACIÓN
1	Identificar el proceso de operación del sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S100G6.	-Presiones hidráulicas -Voltaje requerido	-Tabla de reconocimiento de Anexo 2 -Tabla de mediciones *Anexo 3
2	Determinar los parámetros hidráulicos de operación del sistema hidráulico de elevación en operación de la grúa torre Shenyang S100G6.	- Presiones hidráulicas - Voltaje requerido - Tiempos de accionamiento de bomba hidráulica - Identificar las normas presiones hidráulicas	- Cuadro comparativo * Anexo 4
3	Establecer bajo que normas, parámetros o condiciones hidráulicas debe de realizarse la propuesta del plan de mantenimiento del sistema hidráulico de elevación de la grúa torre Shenyang S100G6	- Investigar parámetros de presión en los sistemas hidráulicos de elevación de la grúa Shenyang S100G6 - Investigar las condiciones hidráulicas ideales de un sistema de elevación de grúa torre Shenyang S100G6	-Tabla de cotejo - Procedimiento

Fuente: elaboración propia realizado con Microsoft Excel.

9.5. Fases de Investigación

Fase 1: Revisión documental. Se realizará la revisión de bibliografía base para la elaboración del trabajo.

Fase 2: Reconocimiento de sitio. Se realizará una visita de reconocimiento a la ubicación de la grúa tipo torre Shenyang S100G6, en la cual se recabará la información de periferia, coordenadas de ubicación de la grúa tipo torre Shenyang S100G6 a la fecha de investigación, determinación de rutas de acceso hacia la ubicación del sistema hidráulico de elevación y particularidades.

Fase 3: Medición de presiones hidráulicas. Se realizará una visita al sitio para determinar el valor de la presión hidráulica durante el proceso de operación de elevación de la grúa tipo torre Shenyang S100G6.

Fase 4: Trabajo de gabinete. Se establecerá conforme normas internacionales, los parámetros y condiciones hidráulicas en las que debería de estar operando el sistema de elevación hidráulico de la grúa tipo torre Shenyang S100G6.

9.6. Población y muestra

La evaluación se realizará sobre la población total del sistema de elevación hidráulico de la grúa tipo torre Shenyang S100G6.

10. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Dentro de las técnicas de análisis de información que se utilizarán para realizar la investigación, se realizará una revisión y análisis de la información obtenida por medio de la documentación que tengan archivada en el departamento de mantenimiento, histórico de fallas o histórico de mantenimientos realizados y algunos otros documentos.

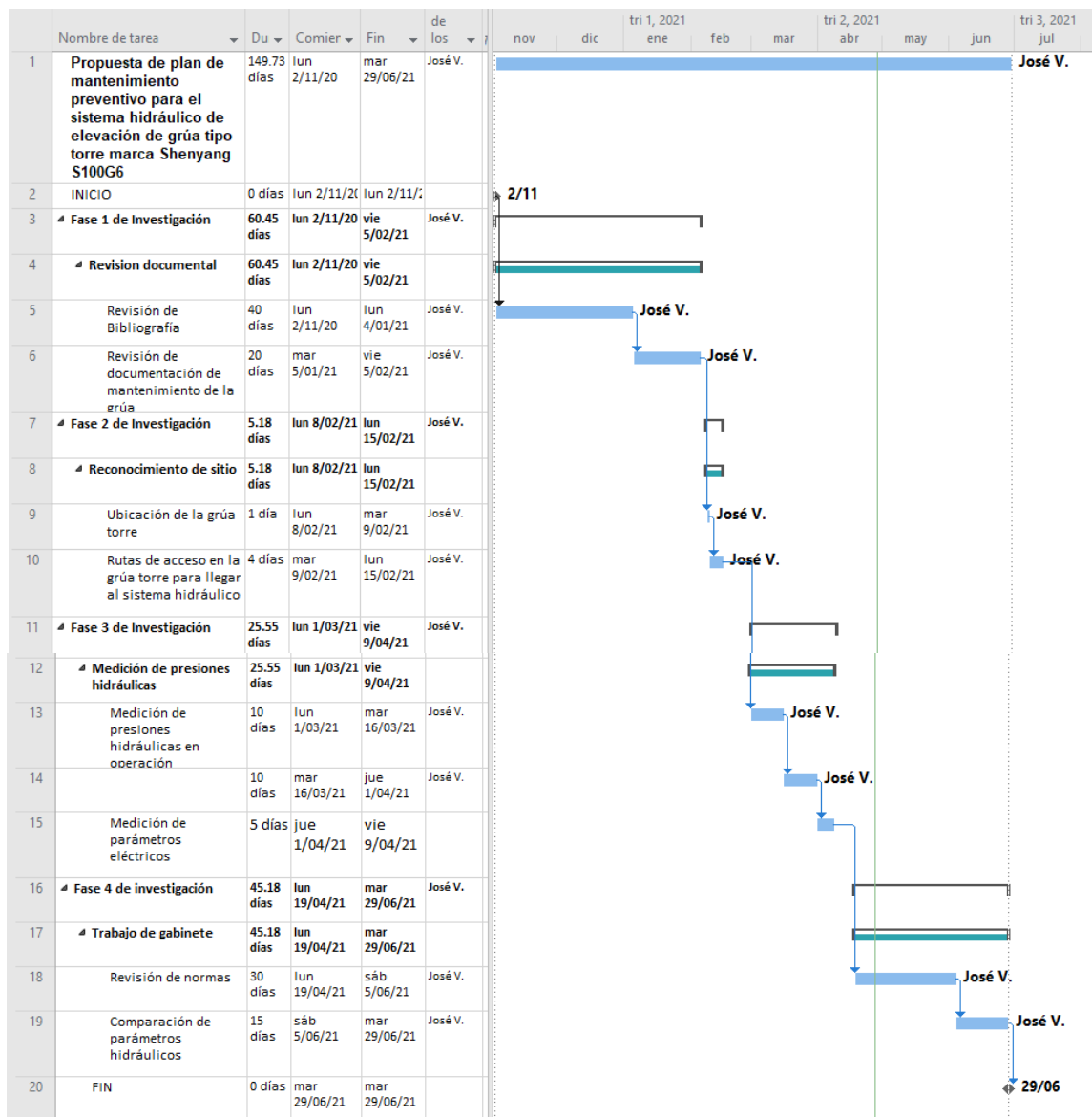
Posteriormente se utilizarán técnicas como la observación directa e indirecta a la grúa torre, entrevistas al operador de la grúa y al personal técnico de mantenimiento para conocer la periodicidad del mantenimiento que le realizan a la grúa torre. Se identificarán los elementos a los cuales se les realizarán la medición de parámetros en operación y comparar con información del fabricante.

Durante la visita de campo se recolectará información sobre las condiciones del activo, la situación de los mecanismos del sistema de elevación hidráulico y se tomará nota de los parámetros en operación. Se revisarán los riesgos de realizar trabajos de mantenimientos en alturas y se revisará si se cuenta con alguna documentación en el lugar donde está operando la grúa torre Shenyang S100G6.

Finalmente, se determinará por medio de la información recopilada y del monitoreo de condición de la grúa torre, que mediante el análisis cualitativo y cuantitativo la situación actual de la grúa torre Shenyang S100G6. La necesidad de un plan de mantenimiento preventivo, luego de realizar gráficos que demuestren la frecuencia de fallas de los distintos componentes eléctricos, mecánicos o hidráulicos mediante una comparación estadística, MTBF u otros.

11. CRONOGRAMA

Figura 7. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia realizado con Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para realizar la investigación, se cuenta con el apoyo del personal de mantenimiento, la persona encargada de operar la grúa torre Shenyang S100G6, los ayudantes de maniobras de grúa y los proveedores estratégicos con los que cuenta el grupo de empresas constructoras donde se realizará el estudio

Los recursos que se utilizarán para realizar la investigación será financiamiento propio y el financiamiento del grupo de empresas constructoras quienes cubrirán los gastos de pago de proveedores, personal de mantenimiento y personal que opera la grúa torre durante el tiempo que se realizara el estudio.

Para realizar la investigación se utilizarán algunos recursos como computadora portátil, multímetro, manómetro y la adquisición de algunas normas ISO aplicables a mantenimientos de grúas tipo torre.

Actualmente el grupo de empresas constructoras ha otorgado los permisos necesarios para poder realizar la investigación y dar el acceso a la información y a la revisión de la grúa torre Shenyang S100G6 en el lugar de operación durante el tiempo que se realizara el estudio, con la única limitación de no mencionar el nombre del grupo de empresas constructoras donde se realizara la investigación por cuestiones de seguridad y privacidad de procesos internos.

Actualmente el investigador en su calidad de ingeniero de servicio tiene acceso desde ya a la infraestructura necesaria para poder revisar el estado del activo, la medición de parámetros y el funcionamiento en operación al momento de realizar la investigación.

A continuación, se enlista un detalle del presupuesto para realizar la investigación.

Tabla II. **Presupuesto de la investigación**

Descripción	Costo (Q.)
Computadora portátil	5,000.00
Cámara digital	1,200.00
Multímetro	800.00
Manómetro	550.00
Torqui metro de aguja	250.00
Asesoría en sistemas Hidraulicos	1,000.00
Asesoría para medir vibraciones	2,800.00
Parqueo	400.00
Combustible	800.00
Alimentación	600.00
Asesoría de Investigación	2,000.00
Compra de normas ISO	1,850.00
Caja de herramienta básica	950.00
TOTAL	18,200.00

Fuente: elaboración propia realizado con Microsoft Excel.

13. REFERENCIAS

1. Aguado, N. (junio, 2008). Mantenimiento preventivo en máquinas herramientas. *Revista: Gestipolis*, párrafo 2. Recuperado de <https://www.gestipolis.com/mantenimiento-preventivo-maquinas-herramientas/>
2. Aceros y Sistemas Hidráulicos de México. (27 de agosto, 2014) ¿Qué son las bombas hidráulicas? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.ashm.mx/blog/category/bombas-hidraulicas/>
3. Acuerdo Gubernativo 229-2014. Reglamento de salud y seguridad ocupacional. Diario de Centroamérica. Guatemala 23 de julio de 2014.
4. ALS Tribology South América. (18 de septiembre, 2018). Importancia del mantenimiento predictivo en la industria [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.alsglobal.com/en/services-and-products/asset-integrity-and-reliability>
5. Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Díaz de Santos, S.A.
6. GMVykon. (30 de agosto 2019). ¿Qué es una grúa torre? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://gmvykon.com/conoce-mas/que-es-una-grua-torre/>

7. Gutiérrez, D. Q. (2007). *Mecánica Automotriz, Hidráulica*. Cusco, Perú: Futura. Recuperado de <https://es.scribd.com>
8. Grúas, Equipos y Maquinaria, S.A. de C.V. (junio, 2016). ¿Qué es una grúa? *Grúas*, párrafo 3. Recuperado de <http://gruasgremsa.com.mx/que-es-una-grua>
9. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (1997). *Redes de Seguridad*. Barcelona: Autor.
10. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (2003). *Grúas- torre: Recomendaciones de seguridad en su manipulación*. Barcelona: Autor.
11. Mora, L. A. (2009). *Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control*. México Distrito Federal, México: Alfaomega.
12. Norma Internacional ASME B30.3. Grúas Torre: Normas de seguridad para Teleféricos, Grúas, Derricks, Polipastos, Ganchos, Gatos y Eslingas. Nueva York. Estados Unidos de Norte América. (Agosto de 2020). Recuperado de <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b30-3-tower-cranes>
13. Norma Internacional ISO 23815-1. Grúas: Mantenimiento. Suiza. (15 de septiembre de 2007). Recuperado de <https://www.iso.org/standard/36992.html>

14. Norma Internacional ISO 7752-3. *Grúas: Diseño de control y características*. Suiza. (1 de diciembre de 2013). Recuperado de <https://www.iso.org/standard/62876.html>
15. Perú Construye. (Junio, 2018). Grúas Torre. *Perú Construye*, 1(53), 1-145. Recuperado de <https://peruconstruye.net/edicion-53/>
16. Pinternal Pingon (1978). *Montaje y mantenimiento de grúa torre*. Lazkao, España: Sempere.
17. Pinternal Pingon (2011). *Utilización y mantenimiento, piezas de repuestos. Grúa torre*. Lazkao, España: Sempere.
18. Pocón, C. M. (2009). *Instalación de equipo para mantenimiento y reparación de cilindros hidráulicos*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0613_M.pdf
19. Ramos, G. (marzo 2014). Definición de Mantenimiento. Economía gestiona a tu favor. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://economia.org/mantenimiento.php>
20. Rueda, C. H. (1999). *Manual de Mantenimiento Hidráulico*. Bogotá, Colombia: Santa Fe. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/155420511/Manual-de-Mantenimiento-Hidraulico>