



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE Y DESMONTAJE SEGÚN NORMAS
OSHA 29CRF 1926 PARA TORRES GRÚA MARCA LIEBHERR DE UNA CONSTRUCTORA
DE EDIFICIOS UBICADA EN GUATEMALA**

Julio Leonardo Beltrán Estrada

Asesorado por el MA. Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco

Guatemala, septiembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE Y DESMONTAJE SEGÚN NORMAS
OSHA 29CRF1926 PARA TORRES GRÚA MARCA LIEBHERR DE UNA CONSTRUCTORA
DE EDIFICIOS UBICADA EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO LEONARDO BELTRÁN ESTRADA

ASESORADO POR EL MA. ING. MILTON ALEXANDER FUENTES OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz Del Cid
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 PARA EL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE Y DESMONTAJE SEGÚN NORMAS OSHA 29CRF1926 PARA TORRES GRÚA MARCA LIEBHERR DE UNA CONSTRUCTORA DE EDIFICIOS UBICADA EN GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 19 de febrero de 2019.

Julio Leonardo Beltrán Estrada

Ref. *EEPFI-596-2020*

Guatemala, 08 de junio de 2020

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú:

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: MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE Y DESMONTAJE SEGÚN NORMAS OSHA 29CRF1926 PARA TORRES GRÚA MARCA LIEBHERR DE UNA CONSTRUCTORA DE EDIFICIOS UBICADA EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante **Julio Leonardo Beltrán Estrada** carné número **201020925**, 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"


Milton Alexander Fuentes Orozco
INGENIERO MECANICO
COLEGIADO No. 8,189
Mtro. Milton Alexander Fuentes Orozco
Asesor


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




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





El Director de la Escuela de 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: **MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE Y DESMONTAJE SEGÚN NORMAS OSHA 29CRF1926 PARA TORRES GRÚA MARCA LIEBHERR DE UNA CONSTRUCTORA DE EDIFICIOS UBICADA EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Julio Leonardo Beltrán Estrada, 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 de Ingeniería Mecánica Industrial

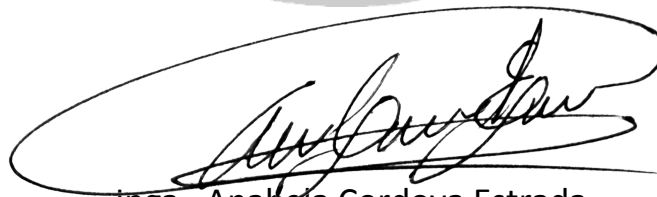


Guatemala, Junio de 2020

DTG. 259.2020.

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 PARA EL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PROCEDIMIENTOS DE MONTAJE Y DESMONTAJE SEGÚN NORMAS OSHA 29CRF 1926 PARA TORRES GRÚA MARCA LIEBHERR DE UNA CONSTRUCTORA DE EDIFICIOS UBICADA EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Julio Leonardo Beltrán Estrada**, 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, septiembre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por iluminar mi camino y otorgarme la bendición de culminar mi carrera profesional y en los momentos difíciles no permitir que me rindiera.
- Mis padres** Beatriz Eugenia Estrada de Beltrán y Leonardo Beltrán Reyes mi agradecimiento eterno por su amor, esfuerzo, sacrificio, consejos y enseñanzas, lo que me inspiró a finalizar mi sueño
- Mis hermanos** Jennifer Yasmín y Wendy Michelle Beltrán Estrada por su apoyo y compañía durante mi vida.
- Mis abuelos** Carlos Eduardo Estrada López, Julio Beltrán Morales (q. d. e. p.), Thelma Ruth Godoy e Isabel Reyes González por sus sabias enseñanzas y consejos durante toda mi vida.
- Familia y amigos** Un agradecimiento especial por su amistad y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la *alma mater* que me permitió nutrirme de conocimientos.

Facultad de Ingeniería

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

Constructora

Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.

Mi asesor

MA. Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Descripción del problema	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	11
5. OBJETIVOS.....	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	15
7. MARCO TEÓRICO	17
7.1. Generalidades de torre grúa	17

7.1.1.	Marca Liebherr	18
7.1.2.	Clasificación de las torres grúa	19
7.1.2.1.	Grúa fija o estacionaria	20
7.1.2.2.	Torre grúa desplazable en servicio	20
7.1.2.3.	Torre grúa desmontable.....	20
7.1.2.4.	Torre grúa autodesplegable	21
7.1.2.5.	Torre grúa auto desplegable monobloc	21
7.1.2.6.	Torre grúa trepadora.....	21
7.1.2.7.	Torre grúa telescópica	22
7.1.3.	Partes importantes de una torre grúa	22
7.1.3.1.	Torre o mástil.....	23
7.1.3.2.	Cabeza	23
7.1.3.3.	Pluma o flecha	24
7.1.3.4.	Contrapluma y flecha	24
7.1.3.5.	Contrapeso aéreo	24
7.1.3.6.	Carro, cables y gancho	24
7.1.3.7.	Motores	25
7.1.3.8.	Cabina	26
7.1.3.9.	Torreta.....	26
7.1.3.10.	Tirante de pluma.....	26
7.2.	Montaje básico de torres grúa	27
7.3.	Seguridad industrial y salud ocupacional.....	28
7.3.1.	Peligros y riesgos con torres grúa	28
7.3.2.	Recorridos 360°	29
7.3.3.	Señalización vial.....	29
7.3.4.	Equipo de protección personal (EPP)	30
7.3.5.	Permisos de trabajo.....	30

7.3.6.	Matriz de riesgos y evaluación de peligros (MREP).....	31
7.3.7.	Regulaciones nacionales	31
7.3.8.	Regulaciones internacionales	33
7.4.	Administración o gestión del mantenimiento	33
7.4.1.	Modelo de gestión.....	34
7.4.1.1.	Modelo de gestión en el mundo empresarial	34
7.5.	Mantenimiento preventivo.....	35
8.	PROPUESTA ÍNDICE DE CONTENIDOS	37
9.	METODOLOGÍA	41
9.1.	Enfoque	41
9.2.	Diseño	41
9.3.	Tipo	41
9.4.	Alcance.....	42
9.5.	Variables e indicadores	42
9.6.	Fases.....	43
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	45
11.	CRONOGRAMA.....	47
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	49
13.	REFERENCIAS	51
14.	ANEXOS	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema solución	16
2.	Primeros elevadores de carga.....	18
3.	Partes de una grúa	23
4.	Función de motores.....	26
5.	Cronograma.....	47

TABLAS

I.	Variables e indicadores.....	42
II.	Presupuesto.....	50

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Alta
H	Altura
B	Baja
C	Carbono
FEM	Fuerza electromotriz
°C	Grado Celsius
Hz	Hercio
Fe	Hierro
h	Hora
Km	Kilómetro
KW	Kilovatio
M	Media
m	Metro
mm	Milímetro
Q	Quetzales
RPM	Revoluciones por hora

GLOSARIO

Análisis	Examen detallado de una cosa para conocer sus características, cualidades o su estado y extraer conclusiones que se realizan separando o considerando por separado las partes que la constituyen.
AG	Acuerdo gubernativo, normativa ley que establece lineamientos a seguir establecidos por el estado.
Izaje	Manipulación de cargas mecánicamente por no poder transportarse manualmente.
Lastre	Es un término que se aplica en función del principio de Arquímedes sobre un cuerpo que varía su densidad en función del centro de masa en un medio fluido.
Mantenimiento	Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.
Matriz	Herramienta de control y gestión que permite determinar objetivamente cuales son los riesgos relevantes para la seguridad y salud.

Modelo	Representación abstracta, conceptual, gráfica (o visual), física o matemática, de fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizarlos, describirlos, explicarlos, simularlos y predecirlos.
NTG	Norma técnica guatemalteca, es una guía que especifica los requisitos y procedimientos para el establecimiento de un acuerdo voluntario de producción más limpia entre el sector público y privado
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional por sus siglas en ingles Occupational Safety and Health Administration.
Pasteca	Pieza maciza montada sobre una grúa la cual cuenta con un gancho para el izaje de cargas.
Peligro	Es una situación que produce un nivel de amenaza a la vida, la salud, la propiedad o el medio ambiente.
Polifuncional	Es muy frecuente en nuestra lengua para hacer referencia a aquel o aquello que puede cumplir con varias funciones.
Riesgo	Es una medida de la magnitud de los daños frente a una situación peligrosa.

Stock

Término de la lengua inglesa que, en nuestro idioma, refiere a la cantidad de bienes o productos que dispone una organización o un individuo en un determinado momento para el cumplimiento de ciertos objetivos.

Tonelada

Unidad de masa del Sistema Internacional, de símbolo *t*, que es igual a 1 000 kilogramos

RESUMEN

El mantenimiento preventivo para equipos especiales como las torres grúa es una actividad que a nivel mundial debe ser considerado como importante y prestarle la atención que la misma actividad requiera, cualquier falla mecánica puede afectar y tener consecuencias monetarias altas en los proyectos de construcción.

Las torres grúa son equipos complejos que combinan diferentes disciplinas de la ingeniería donde a realizar mantenimientos o reparaciones deben ponerse en práctica. En la constructora donde se realiza el estudio no se cuenta con un plan o programa que convine la disciplina de la seguridad y salud ocupacional que al mismo tiempo ayude a la prevención de incidentes.

El presente diseño de investigación busca crear un plan de mantenimiento preventivo para una marca en específico de torres grúa que este combinado con un procedimiento para el montaje y desmontaje de estas basado en un sistema de normas estadounidenses que se ponen en práctica en algunos proyectos en ejecución donde el plan de seguridad se basa en la normativa OSHA 29CRF1926.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio es una propuesta de innovación para el departamento de mantenimiento de una constructora ubicada en Guatemala. La necesidad surge en el departamento para disponer de un modelo de gestión para el mantenimiento preventivo de las torres grúa que reduzca la reincidencia de fallas y paros de producción, se toma de muestra las grúas marca Liebherr.

Además, en el presente estudio se busca apoyar al departamento de mantenimiento en la prevención de riesgos, siendo la tarea de montaje y desmontaje una actividad crítica y de alto riesgo, se crea un manual de procedimientos según la normativa internacional OSHA 29CRF1926 y nacional AG 229-2014 y sus reformas.

La construcción en la ciudad de Guatemala se desarrolla en la actualidad de forma vertical, edificios de apartamentos y oficinas se construyen para que personas puedan vivir o trabajar cerca de la ciudad. Para la ejecución de un edificio se debe contar con equipos especializados para lograr una buena productividad y preservar la seguridad de los trabajadores en obra.

El departamento de mantenimiento de la constructora se desarrolló alrededor del año 2016 y a la fecha la constructora cuenta con nueve torres grúa la cuales se adquirieron de segundo uso en otros países, razón por la cual la información técnica para la realización de reparaciones es limitada y la adquisición de refacciones están sujetas a un tiempo de importación por el representante marca en Guatemala.

De lo anterior provoca que en ocasiones las grúas se encuentren sin funcionar en periodos de cinco, ocho o hasta treinta días. Reduciendo así la productividad de las obras.

Este proyecto será factible por la reducción de costos de mantenimiento correctivo, costos de producción y por costos directos e indirectos que podrían generar incidentes al momento de montajes o desmontajes.

En el capítulo I se da a conocer las generalidades de torres grúa, tal como las partes o elementos principales que la conforman, tipos de torres grúa que se encuentran en la industria de la construcción, los movimientos principales que se pueden realizar, los usos y aplicaciones que tienen. Como complemento a la problemática estudiada y a los riesgos que se expone para su montaje y desmontaje se dan a conocer y se estudian definiciones sobre seguridad industrial como: peligro, riesgo, equipos de protección personal básicos y matrices de riesgo.

En el capítulo II se hará el desarrollo de la investigación, el cual consistirá en el estudio de las órdenes de trabajo realizadas a las grúas y análisis de partes susceptibles a fallas en las cuales se puede llevar mantenimientos preventivos para la reducción de estas.

En el capítulo III se hará la presentación de los resultados, donde se mostrará la propuesta plan de mantenimiento preventivo y los procedimientos de montaje y desmontaje para la prevención de incidentes.

En el capítulo IV se hará la discusión de resultados comparando el antes y después de la aplicación del trabajo de investigación en la prueba piloto.

2. ANTECEDENTES

Tejaxún (2019) afirma: “implementar un modelo desarrollado será la herramienta que permitirá optimizar las frecuencias de actuales de mantenimiento preventivo; que a su vez irá reduciendo la cantidad de mantenimientos correctivos” (p. 75). En Guatemala el mantenimiento más aplicado es el correctivo, seguido por el mantenimiento preventivo. Tejaxún propone un modelo de gestión de mantenimiento basado en monitoreo de condición bajo normas internacionales que permita llegar a un nivel de clase mundial y que pueda ser aplicable a nivel nacional. El objetivo del monitoreo de condición es detectar la aparición de fallas incipientes, por lo que permite determinar la frecuencia mínima que debe haber entre las observaciones, sin correr riesgo que se presente una falla potencial.

Lo anterior aporta metodologías de mantenimiento predictivo como respaldo al mantenimiento preventivo y reducir la probabilidad de fallas potenciales.

Chocoy (2019) afirma: “el monitoreo de condiciones como complemento a las actividades de mantenimiento preventivo programado, puede también desarrollarse en otras variables tales como: temperaturas de motor, temperatura de cajas reductoras, análisis de aceite, consumo de corriente de motores, entre otros” (p. 49).

El trabajo de Chocoy aporta metodologías de apoyo para la efectividad y eficiencia del mantenimiento preventivo tales como: mediciones y ensayos no destructivos.

Catalán (2017) afirma: “una planta de extrucción se encontraron las siguientes debilidades en el tema de seguridad e higiene industrial, tales como la falta de implementación de protocolos de emergencia, falta de control en el personal operativo y el manejo de documentos” (p. 125).

El trabajo de Catalán aporta metodologías de seguridad industrial y salud ocupacional según certificaciones internacionales, con el fin de reducir la ocurrencia de incidentes laborales en trabajos de alto riesgo como el de izaje y manipulación de cargas los cuales se realizan en montajes y desmontajes de torres grúa.

Román (2014) afirma: “un plan de mantenimiento in situ debe considerar el realizar actividades de limpieza al principio y al final de cada jornada de trabajo, recambio de consumibles y un análisis VOSO en equipos notificando en caso de tener alguna condición anormal” (p. 107).

Lo anterior aporta metodología de responsabilidad para la programación de actividades de mantenimiento preventivo a la investigación que puede ser utilizada para la planificación de compra de consumibles y repuestos, solucionando de tal forma cualquier retraso y paros innecesarios a la hora de realizar los mantenimientos preventivos.

Finalmente, Cartes (2004) afirma: “en los años 50 pasado de la segunda guerra mundial era necesario tener métodos herramientas que permitieran de una forma óptima la reconstrucción de ciudades del continente europeo” (p. 11). Cartes indica en su investigación las cualidades, funciones e importancia de las piezas que conforman las torres grúa.

Lo anterior aporta a la investigación metodologías y criterios de montaje y desmontaje, así como la descripción de los elementos que requieren mantenimiento.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema es la recurrencia de fallas, mecánicas y eléctricas en montaje y la falta de un inventario de repuestos críticos de las torres grúa, lo que provoca paros innecesarios de producción o retrasos en el movimiento de materiales de construcción, dando lugar a incumplimientos de los programas de trabajo y fechas de entrega.

3.1. Descripción del problema

Por la falta de inspecciones y rutinas de mantenimiento se materializan las fallas en cojinetes, cables de izaje, motores eléctricos, sistema de retención o frenado hidráulicos o eléctricos, bombas hidráulicas, variadores de frecuencia, sistemas electrónicos o PLC's.

Se debe incurrir a reparaciones costosas y de tiempos prolongados por la importación de repuestos de los cuales en ocasiones se reemplazan a prueba y error. También se realizan modificaciones para utilizar repuestos locales.

Las condiciones ambientales de la construcción también afectan al estado de las grúas ya que en la fundición de columnas se elevan góndolas con concreto y se ubican en el lugar requerido, dando lugar a daños en rodamientos y desgastes críticos principalmente en la pasteca por la abrasión del concreto. En otros escenarios el polvo que se genera en la construcción afecta enormemente a los componentes eléctricos y mecánicos que tienen movimiento debido que en su mayoría el polvo de sílice del cemento crea desgastes en piezas en movimientos.

En condiciones de operación para montajes y desmontajes se pueden materializar incidentes de trabajo lamentables ya que los trabajos con grúa y de altura son considerados a nivel mundial de alto riesgo en la construcción, dando lugar a que personas puedan ser afectadas o incurrir a pérdidas económicas altas provocados por incidentes los cuales pueden evitarse con planificación o rutinas de inspección.

Los paros o fallas de las grúas se traducen en pérdidas económicas por bajas de productividad, incidentes, enfermedades ocupacionales o multas monetarias por incumplimiento de fechas de entrega con clientes establecidos en contratos que en ocasiones ascienden a los Q10 000,00 por día de atraso.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio: ¿Cuál es modelo de gestión de mantenimiento preventivo con procedimientos de montaje y desmontaje según normativa de seguridad industrial y salud ocupacional OSHA 29CRF1926 para torres grúa marca Liebherr de una constructora de edificios ubicada en Guatemala? Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cuáles son las partes, piezas o elementos más susceptibles a fallar en diferentes condiciones ambientales y de operación?
- ¿Cuánto es el tiempo promedio que toma reparar una falla después de su ocurrencia en los sistemas mecánicos y eléctricos?
- ¿Cómo establecer formatos de control adecuados para inspección y verificación torres grúa para garantizar un funcionamiento óptimo y prevenir incidentes en los trabajos de montaje y desmontaje?

- ¿Cuáles son los medios con mayor eficiencia para socializar la información, procedimientos y métodos administrativos propuestos?

4. JUSTIFICACIÓN

El trabajo de investigación es un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para torres grúa utilizadas en la construcción, se relaciona con la línea de investigación del área de gestión de mantenimiento y al aseguramiento del cumplimiento del programa de mantenimiento de la maestría de ingeniería de mantenimiento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La necesidad de la investigación es proponer un sistema que pueda garantizar un adecuado funcionamiento de las torres grúa por medio de un mantenimiento preventivo y además reducir la ocurrencia de incidentes en las tareas de montaje y desmontaje.

La importancia de la solución es prolongar la vida útil de las torres grúa y mantener la eficiencia que se requiere en los proyectos de construcción, así mismo garantizar el cumplimiento de fechas de entrega establecidas con clientes.

La motivación del investigador surgió por el crecimiento en los últimos años del sector de la construcción, principalmente de edificios de apartamentos habitacionales u oficinas y donde es indispensable una torre grúa para mantener la eficiencia constructiva a ritmos que el mercado demanda.

El beneficio se ve reflejado en la satisfacción de los clientes en cumplir con fechas de entrega establecidas y reducir el riesgo de contraer multas monetarias considerablemente altas por incumplimiento.

Adicionalmente, será mejorado el sistema de seguridad industrial en el montaje y desmontaje de las torres grúas para mitigar la ocurrencia de incidentes lamentables, los cuales tienen consecuencias como: pérdidas monetarias elevadas o vidas humanas.

Los beneficiados son: la empresa, esta podrá optimizar sus recursos y mantenerlos en óptimas condiciones de trabajo y reduciendo costos por paros innecesarios. Los colaboradores serán expuestos a riesgos controlados y rigurosos de seguridad industrial y salud ocupacional según normas internacionales y nacionales, lo que permitirá reducir incidentes laborales. El beneficio de la investigación será aumentar el conocimiento en el mantenimiento preventivo de torres grúa proporcionando oportunidades de crecimiento profesional.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Desarrollar un modelo de gestión de mantenimiento preventivo con procedimientos de montaje y desmontaje según normativa internacional de seguridad industrial y salud ocupacional OSHA 29CRF1926 para torres grúa marca Liebherr de una constructora de edificios ubicada en Guatemala.

5.2. Específicos

- Determinar las partes, piezas o elementos más susceptibles a fallas y las condiciones ambientales o de operación que pueden aumentar su ocurrencia.
- Estimar el tiempo medio para reparar (MTTB) que se invierte para fallas en los sistemas mecánicos y eléctricos.
- Establecer formatos de control para inspección y verificación de funcionamiento y para actividades de montaje y desmontaje.
- Establecer los medios para socializar la información, procedimientos y métodos administrativos propuestos.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La principal necesidad a cubrir en el aspecto productivo con el estudio de investigación es reducir los costos por fallas o incidentes.

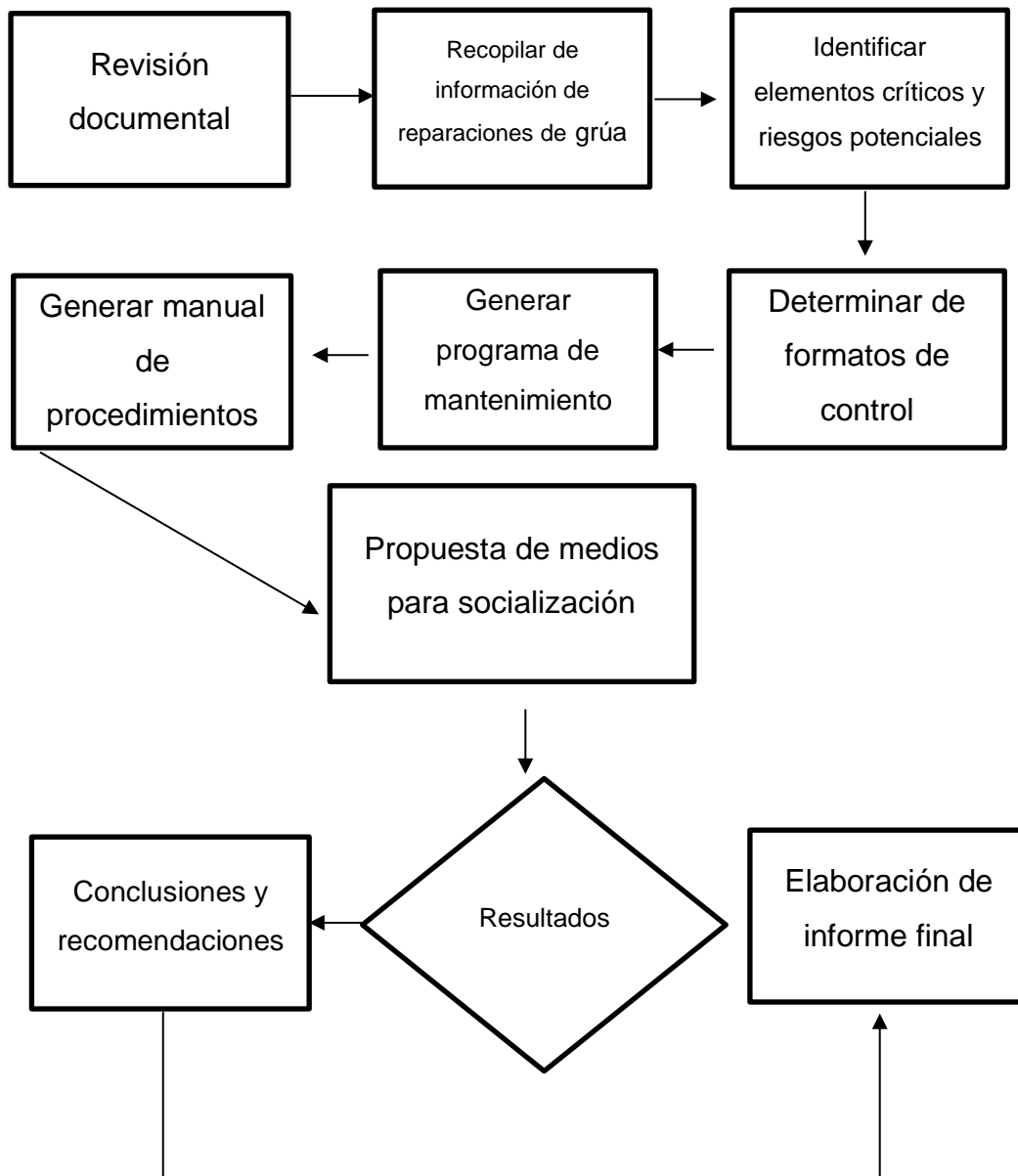
El estudio de investigación pretende proponer un modelo de gestión de mantenimiento preventivo y de procedimientos para el montaje y desmontaje de torres grúa en base a normas de seguridad y salud ocupacional de nivel internacional y nacional.

El esquema que se ensayará en la solución, constará de cuatro fases principales, iniciando con un estudio del historial de reparaciones realizadas a las grúas, la existencia de índices para evaluar el tiempo medio entre fallas y la disponibilidad. En la segunda etapa se utilizarán herramientas administrativas como diagramas de Ishikawa y Pareto para determinar las fallas, elementos críticos y riesgos potenciales, con ello proponer un plan de mantenimiento preventivo y una MREP (matriz de riesgo y evaluación de peligros) tomando como referencia el AG 229-2014 con sus reformas y las normas OSHA 29CRF1926.

En la tercera fase se estudiarán las herramientas utilizadas en la actualidad y se propondrán nuevos formatos de control y verificación en los trabajos de mantenimiento, montaje y desmontaje. Serán generados a su vez el programa de mantenimiento preventivo y el manual de procedimientos para montaje y desmontaje seguro.

En la parte final se estudiarán y definirán los medios más eficientes para socializar la información con personal administrativo y operativo, con la información recabada y propuesta.

Figura 1. **Esquema solución**



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

En la sección a continuación se describen conceptos básicos relacionados con torres grúa, mantenimiento preventivo, seguridad industrial y salud ocupacional según especificaciones nacionales e internacionales.

7.1. Generalidades de torre grúa

Con el pasar de los años el ser humano a mejorar sus herramientas y equipos para realizar sus tareas de una forma más perfecta, fácil, eficiente y productiva. Al mismo modo se busca que las herramientas y equipos sean más útiles, simples, polifuncionales y accesibles. (Cartes, 2004).

Las primeras grúas se fabricaron en Europa en la década de los años cincuenta. El sector de la construcción en ese entonces debió buscar nuevas herramientas para hacer frente a la reconstrucción que tuvo que llevarse a cabo, después de la segunda guerra mundial. Los primeros elevadores parecidos a las grúas fueron realizados con la torre con pilote y el brazo constituido por una plataforma fija. Solo a principios de los años sesenta se comenzaron a construir torres grúa con rotación en alto. (Cartes, 2004)

Figura 2. **Primeros elevadores de carga**



Fuente: Cossio. (2004). *Grúas torre*.

7.1.1. Marca Liebherr

El Grupo Liebherr es una empresa donde su junta directiva está compuesta exclusivamente por miembros de la familia Liebherr. La empresa abarca once áreas de negocio.

Dentro de las áreas de negocio tenemos las siguientes:

- Movimiento de tierras
- Minería
- Grúas móviles
- Torres grúa
- Técnicas de hormigón
- Grúas marítimas

- Técnicas de tallado de engranajes y sistemas de automatización
- Tecnología de transporte y aeroespacial
- Componentes de accionamiento mecánico
- Electrodomésticos y hoteles

La presente investigación se centra en el área de negocio de torres grúa, esta sección produce grúas para satisfacer las necesidades del cliente. La empresa ofrece asesoramiento para proyectos de construcción, centrales eléctricas, instalaciones industriales o parques eólicos.

Las grúas de Liebherr ofrecen al mercado desde 13 a 5000 metros de altura, con alcances de brazo de hasta 100 metros.

Las torres grúa se producen en cinco regiones a nivel mundial que son:

- Biberach an der Riß (Alemania)
- Guaratinguetá (Brasil)
- Pune (India)
- Nizhny Novgorod (Rusia)
- Pamplona (España)

7.1.2. Clasificación de las torres grúa

Todas las torres grúa cumplen una misma función, ser máquinas de transporte vertical, horizontal y combinado. “Visualmente pueden ser muy similares, pero existen diferencias fundamentales entre ellas” (Contreras, 2013, p. 23).

“Dentro de los tipos aquí descritos pueden hacerse nuevas divisiones dependiendo de la capacidad de carga, la altura o la longitud de alcance de la flecha”. (Contreras, 2013, p. 23).

7.1.2.1. Grúa fija o estacionaria

Las torres grúa fijas o estacionarias son las que no tienen medios como moverse por sí solas, están ancladas por un medio fijo, regularmente son bases de cimentación, regularmente el montaje de este tipo de equipo debe hacerse con una grúa móvil y contar con el espacio apropiado para armar y cumplir con la resistencia del suelo (Contreras, 2013).

7.1.2.2. Torre grúa desplazable en servicio

Este tipo de grúa es aquella que cuenta con una base con capacidad de ser trasladada y que su capacidad máxima en altura es tanto que el fabricante haya calculado para prevenir incidentes, cuenta en su base rieles los cuales deben ser montados sobre suelo sólido y firme en donde no existan asentamientos por humedad o compactación (Contreras, 2013).

7.1.2.3. Torre grúa desmontable

Este tipo de grúa tiene la capacidad de montar y desmontarse un número infinito de veces según sea requerido, su montaje es de tipo temporal según se requiere en las obras de construcción. Cabe mencionar que debe contar rutinas de verificación para determinar el desgaste en piezas o daños físicos que puedan ocurrir en los montajes y desmontajes (Contreras, 2013).

7.1.2.4. Torre grúa autodesplegable

Este tipo de grúa cuenta con una torre con una base giratoria en su punto superior, tiene la capacidad de plegarse o desplegarse según se requiera, esto por medio de accesorios como cables, motores, seguros, pasadores y puntos que sirven de pivote (Contreras, 2013).

7.1.2.5. Torre grúa auto desplegable monobloc

Esta grúa al igual que la grúa mencionada en el párrafo anterior tiene la capacidad de plegar o desplegarse según se requiera por medio de accesorios especiales, lo que diferencia esta grúa es que su torre está constituida por una sola pieza o bloque y no requiere de accesorios especiales para su instalación. En ocasiones son dotadas por ruedas para que puedan moverse y desplazarse según se requiera (Contreras, 2013).

7.1.2.6. Torre grúa trepadora

Este tipo de grúa son especiales por una de las características con las que cuenta, es de las más utilizadas en la construcción, tiene la capacidad de desplazarse hacia arriba o hacia abajo según se requiere en obra y de esta manera obtener una productividad en la construcción alta (Contreras, 2013).

Esta clase de grúas son óptimas para la construcción de gran altura, debe de tener anclajes cada cierta distancia para que al momento de hacer un cambio de altura el esfuerzo de carga se transmita a la construcción. Se debe tomar en cuenta que las estructuras del edificio ya deben de contar con el periodo de fraguado requerido para que el concreto cuente con la resistencia mínima requerida (Contreras, 2013).

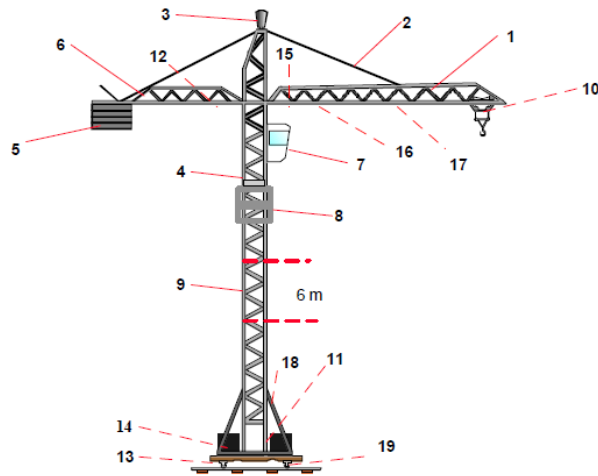
7.1.2.7. Torre grúa telescópica

Este tipo de grúa es muy empleada en las construcciones de edificios de gran altura, a diferencia de las grúas trepadoras esta cuenta con un dispositivo con funcionamiento en ocasiones mecánico o eléctrico denominado telescopado y por el mismo aumenta o disminuye su altura elevando estructura o tramos de grúa ya construidas. Pueden instalarse un gran número de tramos como sea posible y que el fabricante se lo permita (Contreras, 2013).

7.1.3. Partes importantes de una torre grúa

Las torres grúa están conformadas por una serie de elementos que a su vez cumplen una función, del mismo modo requiere de un mantenimiento.

Figura 3. Partes de una grúa



Fuente: Cartes. (2004). *Grúas torre*.

7.1.3.1. Torre o mástil

“Componente vertical de la torre grúa, que está conformado por una estructura de celosía metálica de sección normalmente cuadrada, cuya principal misión es dotar a la grúa de altura suficiente” (Contreras, 2013, p. 17).

7.1.3.2. Cabeza

“Parte de la grúa donde se ubica la corona de orientación o de giro, que es el componente destinado a transmitir los esfuerzos de la parte giratoria a la parte fija de la torre grúa” (Contreras, 2013, p. 17).

7.1.3.3. Pluma o flecha

“Componente estructural de la torre grúa, capaz de soportar el accesorio de aprehensión o el carro portador del mismo, asegurando el alcance y la altura de elevación solicitados” (Contreras, 2013, p. 18).

7.1.3.4. Contrapluma y flecha

“Componente estructural de la torre grúa, que está acoplada a la torre, en la zona opuesta a la unión con la pluma, capaz de soportar el contrapeso. La longitud de la contrapluma oscila entre el 30 y 35 % de la longitud de la pluma”. (Contreras, 2013, p. 19).

7.1.3.5. Contrapeso aéreo

“Estructuras de concreto prefabricado que se colocan para estabilizar el peso y la inercia que se produce en la pluma de la grúa. Se ubican sobre la contrapluma para ayudar a equilibrar las acciones de la carga útil” (Contreras, 2013, p. 19). Estas piezas ayudan a mantener en equilibrio tanto en movimiento como sin operación, regularmente son de concreto y deben llevar su peso grabado.

7.1.3.6. Carro, cables y gancho

“Estas partes consisten en un carro que se mueve a lo largo de la pluma a través de unos carriles. Este movimiento da la maniobrabilidad necesaria en la grúa” (Contreras, 2013, p. 21).

El cable de elevación es un elemento delicado que una buena utilización por parte del operario determina un buen rendimiento. Este elemento debe estar perfectamente tensado para que en operación no se entrecruce en el tambor. (Contreras, 2013).

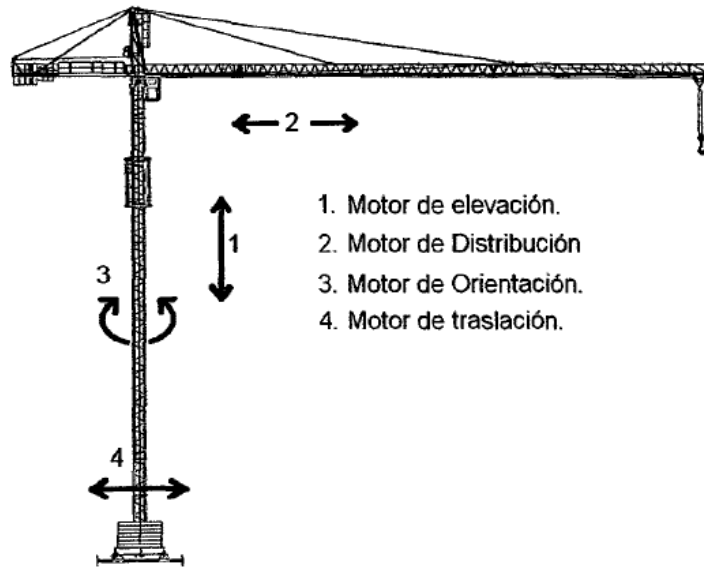
“El gancho es un dispositivo que sirve para suspender, coger o soportar la carga, estará provisto de un dispositivo que permite la fácil entrada de cables de las eslingas y estrobos, y de forma automática los retenga impidiendo su salida” (Contreras, 2013, p. 21)

7.1.3.7. Motores

Las torres grúa utilizan motores eléctricos para tener la capacidad de realizar los movimientos requeridos, en su mayoría son motores de 440v, en las versiones estándar de las grúas se encuentran montados cuatro motores eléctricos que son:

- Motor de elevación
- Motor de distribución
- Motor de orientación
- Motor de traslación

Figura 4. **Función de motores**



Fuente: Contreras. (2013). *Grúa torre: un ascensor de obra*.

7.1.3.8. Cabina

“Lugar donde se encuentra el centro de control de operación de la grúa, por parte de un operario” (Contreras, 2013, p. 22).

7.1.3.9. Torreta

“Punto central del eje de la grúa, soporta la carga de la flecha y la carga del contrapeso” (Contreras, 2013, p. 22).

7.1.3.10. Tirante de pluma

“Elemento que soporta la pluma, tiene elementos niveladores” (Contreras, 2013, p. 22).

7.2. Montaje básico de torres grúa

Las torres grúa debe de llevarse a cabo un procedimiento generalizado básico el cual es aplicables a cualquier modelo y marca de grúa.

El procedimiento es el siguiente:

- Nivelación de plataforma de montaje para torres grúa sobre puestas o fundición de estructura de anclaje para torres grúa ancladas.
- Ingreso de grúa móvil para montaje.
- Ingreso de plataformas con tramos de según orden requerido.
- Montaje de carretón base o anclaje de tramo base. Cada tramo utiliza pasadores y seguros para fijar piezas.
- Montar tramos según requerido y capacidad de soporte de torre grúa para configurar altura.
- Montaje de torreta o corona, base pivotante para rotación de torre grúa.
- Montaje de contra flecha.
- Montaje de contra pesos de contra flecha, estos según configuración o capacidad especificada según fabricante.
- Armado de flecha, esta se hace según configuración requerida, por lo regular se debe realizar en suelo firme para luego montarla en la grúa, por ser una carga de largo extenso se recomienda el determinar el centro de masa y utilizar vientos para guiar la carga.

7.3. Seguridad industrial y salud ocupacional

La seguridad industrial es un sistema que se compone de reglamentos, protocolos y procedimientos que tienen por objeto la prevención y limitación de los riesgos que producen incidentes capaces de producir daños a las personas, medio ambiente o al equipo de trabajo.

7.3.1. Peligros y riesgos con torres grúa

Un peligro es aquello que puede generar un nivel de amenaza, en el caso de los peligros asociados con las torres grúa tenemos:

- Trabajos de altura
- Izaje y manipulación de cargas con grúa
- Trabajos en caliente

Lo anteriormente mencionado tiene una serie de riesgos asociados que pueden afectar y generar incidentes. Un riesgo se define como la relación de la severidad del daño y la probabilidad de ocurrencia.

De los riesgos que se pueden mencionar son los siguientes:

- Caídas al mismo o a distinto nivel
- Vuelco de maquinaria
- Atrapamientos por o entre objetos
- Aplastamientos
- Golpes o cortes
- Quemaduras
- Radiaciones ionizantes

7.3.2. Recorridos 360°

Estos recorridos se utilizan para validar el estado del equipo de izaje o maquinaria a utilizar incluyendo vehículos de transporte de piezas de grúa. Se debe validar un correcto funcionamiento del equipo antes de ser utilizado y del tal modo reducir el nivel de probabilidad del riesgo de ocurrencia de accidente.

De los aspectos que se evalúan en estos recorridos tenemos:

- Fugas de líquidos, aceites o aire para frenos
- Estado de cinturones de seguridad
- Calidad de visión de los espejos
- Estado de medios de comunicación
- Estado de frenos y neumáticos
- Estado de cables, gachos, eslingas u otros elementos de izaje
- Ubicación de equipo contra incendios
- Otros elementos de seguridad

7.3.3. Señalización vial

La señalización es un conjunto de elementos importantes ya que nos orientan dentro del área donde nos encontremos, la señalización se compone de pictogramas y colores que indican cómo deben circular los vehículos o las personas (Ara, 2014).

En los montajes de torres grúa se acude a este elemento para reducir la ocurrencia de incidentes. A continuación, se describen los elementos más utilizados en montajes:

- Director de tránsito
- Banderines
- Rotulación de precaución y peligro
- Cintas de precaución y peligro

7.3.4. Equipo de protección personal (EPP)

Este equipo debe ajustarse a normas nacionales e internacionales, estos elementos protegen a los trabajadores de daños como golpes o cortes relacionados a la tarea que realicen.

Algunos de estos equipos son los siguientes:

- Protectores de cabeza
- Protectores de cara y ojos
- Protección respiratoria
- Protección de oídos
- Protectores de manos, pies y cuerpo
- Protección contra caídas

7.3.5. Permisos de trabajo

Estos son documentos que se utilizan como hojas de verificación para garantizar que se cuente con los controles de seguridad y salud ocupacional requeridos para una tarea.

Estos tienen una validez corta de tiempo por las condiciones cambiantes del ambiente y del avance del trabajo.

7.3.6. Matriz de riesgos y evaluación de peligros (MREP)

Una matriz de riesgos y evaluación de peligros está compuesta por filas y columnas en donde se enlistan tareas y actividades de un trabajo en específico, se asignan responsables y se determina por medio de la severidad y la probabilidad de ocurrencia el nivel de riesgo que posee cada una de las mismas. Por medio de esta herramienta podemos determinar o proponer controles efectivos a cada uno de los riesgos según su nivel. Normalmente se utiliza la jerarquía de control de riesgos los cuales son:

- Equipo de protección personal
- Controles administrativos
- Controles de ingeniería
- Sustitución de la tarea o actividad
- Eliminación de la tarea o actividad

Su razón es tener un control y conocimiento de los peligros y riesgo a los que se está expuesto.

7.3.7. Regulaciones nacionales

En Guatemala, el último reglamento relacionado con la higiene y seguridad en el trabajo fue publicado el 28 de diciembre de 1957 con el objeto de regular las condiciones de trabajo en donde los trabajadores estaban siendo expuestos.

Razón por la cual el 23 de julio de 2014 se publica el acuerdo gubernativo de salud y seguridad laboral como actualización al último reglamento publicado en el año 1957. El Instituto Guatemalteco de Seguridad Social en conjunto al Ministerio de Trabajo y a otras entidades competentes, aportan para desarrollar dicho acuerdo con el propósito de reducir los accidentes laborales, enfermedades profesionales y crear ambientes de trabajo seguros y saludables.

El AG 229 2014 fue reformado con el decreto 33 – 2016 con el fin de seguir mejorando las condiciones laborales y de salud de los trabajadores.

El AG 229 2014 y sus reformas cuenta con once títulos y quinientos cincuenta y nueve artículos. En dicho acuerdo se regulan distintas actividades relacionadas con torres grúa, para mantenimiento o montajes y desmontajes tales como:

- Trabajos en alturas
- Trabajos en caliente o soldaduras
- Izaje y manipulación de cargas
- Grúas móviles
- Trabajos eléctricos
- Pasarelas
- Motores eléctricos

7.3.8. Regulaciones internacionales

En Guatemala, algunas empresas de origen estadounidenses aplican a sus contratistas la normativa de su país de origen, para el contratista es obligatorio cumplir con dichos requisitos para con el fin de garantizar que se realizarán trabajos seguros y se mantendrán ambientes adecuados para el personal.

Los estándares estadounidenses de seguridad y salud ocupacional se rigen por medio de la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) el cual es el departamento de trabajo de Estados Unidos de América.

En el sector de la construcción de Guatemala, algunas de las empresas de origen estadounidense aplican el título 29 del Código de Reglamentos Federales, parte 1926 (29CRF1926).

La aplicación de los estándares de seguridad y salud en el trabajo 29CRF1926 al igual que el acuerdo gubernativo 229 2014 y sus reformas buscan reducir la probabilidad de ocurrencia de incidentes laborales, reducir las enfermedades profesionales y mejorar la higiene en los centros de trabajo.

7.4. Administración o gestión del mantenimiento

Para llevar a cabo un adecuado sistema de control de mantenimiento deben existir una base de datos donde se tengan recopilada toda la información relevante de los equipos.

Se debe contar con información como manuales de mantenimiento, lubricantes, recomendaciones de fabricante, repuestos, ajustes, entre otros.

Es importante la codificación de los equipos en función de su aplicación, práctica conocida como catastro.

La parte más importante de la gestión del mantenimiento es establecer metas, toma de decisiones y para ello deben ser creados informes concisos y específicos conformados con tablas e índices acompañados por gráficos que aportan de una forma más sencilla la toma de decisiones (Tavares, 1999).

7.4.1. Modelo de gestión

El termino gestión se refiere a un sistema en el cual se organiza una actividad específica. Por tal razón el termino modelo de gestión hace referencia a la realización de un esquema o forma representativa en función de la teoría sobre un proceso (Navarro, 2017).

7.4.1.1. Modelo de gestión en el mundo empresarial

En la empresa, alcanzar objetivos es necesario para obtener un crecimiento, sin importar el tamaño que pueda tener una compañía y sin importar del sector o ámbito comercial en el que se encuentra deben de diseñarse estrategias o medidas para alcanzar objetivos. Para un modelo de gestión se deben de tomar medidas o estrategias del tipo financiero, administración de personal, operativo y publicidad (Navarro, 2017).

7.5. Mantenimiento preventivo

Un mantenimiento preventivo tiene la finalidad de seguir un plan o programa de mantenimiento y anticiparse a las fallas que puedan encontrarse en un programa. Al encontrar y corregir pequeños problemas por anticipado antes de que ocurran fallas se aplica mantenimiento preventivo. Una ruta de mantenimiento preventivo contempla un listado de actividades planificadas y que en ocasiones son establecidas por el fabricante del equipo, estas actividades deben seguirse ya sea por el operario del equipo o por el mecánico asignado para el mantenimiento preventivo. Para prevenir fallas, reducir costos por mantenimiento correctivo y lograr que un equipo tenga un funcionamiento adecuado se aplica el mantenimiento preventivo.

8. PROPUESTA ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Generalidades de torres grúa

1.1.1. Marca Liebherr

1.1.2. Clasificación de torres grúa

1.1.2.1. Torre grúa fija o estacionaria

1.1.2.2. Torre grúa desplazable

1.1.2.3. Torre grúa desmontable

1.1.2.4. Torre grúa auto desplegable

1.1.2.5. Torre grúa auto desplegable monobloc

1.1.2.6. Torre grúa trepadora

1.1.2.7. Torre grúa telescópica

1.1.3. Partes importantes de una grúa

1.1.3.1. Torre o mástil

1.1.3.2. Cabeza

1.1.3.3. Pluma o flecha

1.1.3.4. Contrapluma y flecha

- 1.1.3.5. Contra peso aéreo
- 1.1.3.6. Lastre
- 1.1.3.7. Carro, cables y gancho
- 1.1.3.8. Motores
- 1.1.3.9. Cabina
- 1.1.3.10. Torre
- 1.1.3.11. Tirante o pluma
- 1.1.3.12. Tirante de pluma
- 1.2. Seguridad Industrial y Salud Ocupacional
 - 1.2.1. Regulaciones Nacionales
 - 1.2.2. Regulaciones internacionales
 - 1.2.3. Riesgo y peligros con torres grúa
 - 1.2.4. Recorridos 360°
 - 1.2.5. Señalización vial
 - 1.2.6. Equipo de protección personal
 - 1.2.7. Permisos de trabajo
 - 1.2.8. Matriz de riesgo y evaluación de peligros
- 1.3. Administración o gestión del mantenimiento
 - 1.3.1. Modelo de gestión
 - 1.3.2. Importancia de mantenimiento
 - 1.3.3. Organización
 - 1.3.4. Responsabilidades del Departamento de Mantenimiento
 - 1.3.5. Conservación industrial
 - 1.3.6. Planeación del mantenimiento
- 1.4. Mantenimiento industrial
 - 1.4.1. Mantenimiento de conservación
 - 1.4.1.1. Correctivo
 - 1.4.1.2. Preventivo

1.4.2. Mantenimiento de actualización

2. Desarrollo de la investigación
 - 2.1. Análisis y descripción de elementos susceptibles a falla a diferentes condiciones ambientales y operación
 - 2.2. Matriz de riesgo y evaluación de peligros de montaje y desmontaje
 - 2.3. Estimación del tiempo promedio para reparar que se invierte en fallas en los sistemas mecánicos y eléctricos
 - 2.4. Propuesta de formatos de control y verificación de mantenimiento preventivo y montaje y desmontaje
 - 2.5. Medios o sistemas de socialización de información
3. Análisis de resultados
4. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXO

9. METODOLOGÍA

En esta sección se presenta la metodología de la investigación donde se describe el enfoque, diseño, tipo de investigación, alcances, variables e indicadores, fases y resultados esperados.

9.1. Enfoque

El enfoque de la investigación es mixto porque se utilizará revisión documental cuando se investigue antecedentes del problema y marco teórico relacionado, y cuantitativo por la medición de algunas variables relacionadas con el mantenimiento, montaje y el desmontaje de torres grúa.

9.2. Diseño

El presente diseño de investigación es no experimental debido a que no se utilizarán ensayos de laboratorio para la determinación de variables. Los datos cuantitativos se obtendrán mediante mediciones con herramientas y con ellos se llevarán a cabo análisis y observaciones para crear un modelo de gestión para el mantenimiento.

9.3. Tipo

Se ha seleccionado un tipo de estudio descriptivo, el cual pretende responder las interrogantes de estudio por medio de análisis, observaciones y evaluación de propuestas para el modelo de gestión.

9.4. Alcance

El alcance metodológico es del tipo descriptivo, se tiene acceso a la actual gestión del mantenimiento la cual se realiza por medio de reportes y órdenes de trabajo lo que permite evaluar, diagnosticar y conocer el sistema.

9.5. Variables e indicadores

La tabla I a continuación detalla las variables e indicadores de cada uno de los objetivos establecidos.

Tabla I. **Variables e indicadores**

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Determinar las partes, piezas o elementos más susceptibles a fallas y las condiciones ambientales o de operación que pueden aumentar su ocurrencia.	Desgaste Corrosión Oxidación Abrasión	Dependiente Cualitativa nominal	Índice de frecuencia de repuestos	Recopilación de datos: Ordenes de trabajo	Listado
Estimar el tiempo medio para reparar (MTTB) que se invierte para fallas en los sistemas mecánicos y eléctricos.	Tiempo Personal Fallas	Independiente Cuantitativa nominal	Índice de MTTB	Medición y cálculo según teoría	Tabulación de información
Establecer formatos de control para inspección y verificación de funcionamiento y para actividades de montaje y desmontaje.	Puntos de inspección: Cojinetes Poleas Cables Señalización Equipo de izaje	Dependiente Cualitativa Nominal	Reincidencia de fallas e incidentes	Medición y comparación con estándares establecidos	Tabulación de información de formatos
Establecer los medios para socializar la información, procedimientos y métodos administrativos propuestos.	Personal Competencia Tiempo Costo	Independiente Cuantitativa Nominal	Evaluación de personal	Planificación de medios de socialización	Información recopilada

Fuente: elaboración propia.

9.6. Fases

El proceso a seguir para cumplir con los objetivos establecidos es el siguiente:

Fase 1: diseño de investigación

Trata sobre la investigación de documentos de la empresa donde se encuentre el historial de reparaciones y evaluación de piezas comunes, revisar antecedentes y marco teórico relacionado.

Fase 2: diagnóstico

En esta fase se analizarán los elementos más susceptibles a falla a diferentes condiciones ambientales como frío, lluvia, calor y a las diferentes condiciones de operación. Se validará las fallas y reparaciones más comunes según órdenes de trabajo generadas.

Fase 3: análisis

Con apoyo a la información recabada con anterioridad, se calculará el tiempo medio para reparar (MTTB) y será comparado con las reparaciones mecánicas y eléctricas. Se analizará y desarrollará la MREP en un montaje real de una torre grúa y se establecerán los controles requeridos para prevenir incidentes.

Se analizará la información más relevante que se requiere para desarrollar los formatos de control y verificación que se requieren para las actividades de mantenimiento preventivo y montaje y desmontaje de torres grúa.

Serán establecidos las rutinas de mantenimiento en periodicidades de un día, siete días, quince días y mensualmente, esto para garantizar la correcta funcionabilidad del equipo.

Fase 4: evaluación

En esta fase se propondrá un modelo de gestión de mantenimiento preventivo y un manual de procedimientos para montaje y desmontaje seguro de torres grúa según normas internacionales y nacionales.

Fase 5: socialización

Finalmente, se evaluará con el personal diferentes métodos de socialización visual, se determinarán y propondrán los más eficientes para el personal administrativo y operativo.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Las técnicas de análisis que se utilizarán serán de tipo descriptivo, observación, revisión bibliográfica, recopilación de datos tomados en campo y análisis de información.

En la fase uno se revisará el historial de las órdenes trabajo de reparaciones realizadas a las torres grúa, tabulando toda la información importante para formar un listado para identificar las piezas de desgaste, que sufren corrosión, oxidación y abrasión. Todo será tabulado en Microsoft Excel.

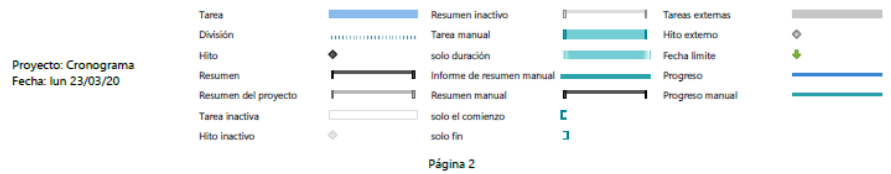
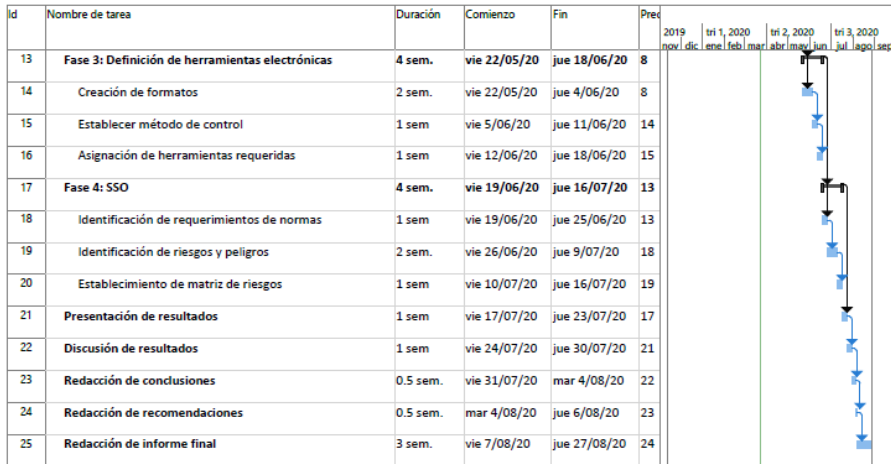
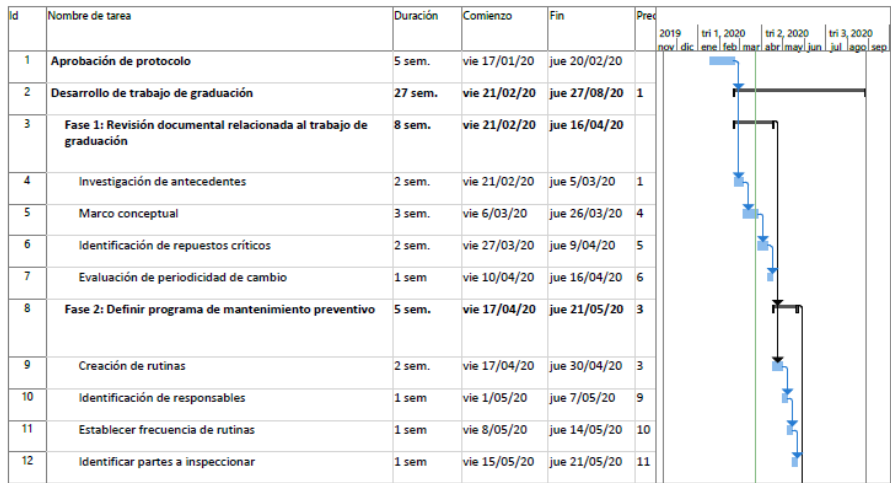
En la fase dos se analizarán la información anteriormente tabulada por medio de software para análisis de datos, así como Qlik o Power Bi.

En la fase tres se realizará el cálculo para determinar el MTTB y a su vez se realizará la matriz de riesgos y evaluación de peligros para determinar los controles de seguridad industrial y salud ocupacional especificados en las regulaciones internacionales y nacionales en materia de montaje y desmontaje de torres grúa. Se propondrán los formatos de control requeridos para la prevención de fallas o incidentes utilizando la herramienta Microsoft Excel.

En la fase cuatro y cinco se elaborará el modelo de gestión de mantenimiento preventivo y procedimientos de montaje y desmontaje para torres grúa, redactando en un documento de Microsoft Word todas las propuestas, variables y cálculos. Finalmente se generará una evaluación para el personal de supervisión y operativo para validar el nivel de efectividad de los métodos de socialización propuestos.

11. CRONOGRAMA

Figura 5. Cronograma



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación es factible porque se cuenta con los recursos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos.

- Humano: personal con la disposición y actitud para colaborar en la investigación.
- Información: acceso a la información requerida en la investigación respetando los derechos de propiedad.
- Equipo e infraestructura: acceso al uso de equipo de informática y mobiliario para la realización de la investigación.

El recurso financiero será aportado por el investigador. Se presenta el siguiente presupuesto de gasto relacionado a la investigación.

Tabla II. **Presupuesto**

No.	Recurso	Descripción del gasto	Monto	Porcentaje
1	Humano	Inversión del tiempo del investigador	Q 5,000.00	47 %
2	Humano	Asesor de trabajo de investigación	Q 2,000.00	19 %
3	Material	Papelería y útiles	Q 100.00	1 %
4	Transporte	Combustible	Q 1000.00	9 %
5	Alimentación	Almuerzos	Q 500.00	5 %
6	Tecnológico	Equipo de cómputo e internet	Q 2,000.00	19 %
			Q 10,600.00	100 %

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Barrios, N. (2011). *Diseño de una torre grúa para la construcción del edificio portal del ejido en la ciudad de Cuenca*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1718>
2. Cartes, M. (2004). *Grúas Torre*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Austral de Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/bmfic325g/doc/bmfic325g.pdf>
3. Catalán, F. (2017). *Análisis y prevención de riesgos e implementación de un sistema de seguridad industrial, en una planta de extrusión de tubería PVC, basado en la Norma OHSAS 18000*. (Tesis de Posgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
4. Chocoy, J. (2019). *Gestión de mantenimiento preventivo empleando ultrasonido para cañón y husillo de empuje de máquina extrusora de polímeros, según ISO 17359*. (Tesis de Posgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
5. Contreras, D. (2013). *Grúa Torre: Un Ascensor de Obra*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/bc2f/bbc242bd87c4aad8ce6e053110141fb0a1f9.pdf>

6. Costas, P. (2004). *Montaje e instalación de grúas*. España: Ideaspropias.
7. Sanz, J. (2009). Sistemas de control de vibraciones para grúas torre. *DYNA*, Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Alfonso_Poncela/publication/260190845_SISTEMAS_DE_CONTROL_DE_VIBRACIONES_PARA_GRUAS_TORRE/links/5c9b658692851cf0ae9a30d7/SISTEMAS-DE-CONTROL-DE-VIBRACIONES-PARA-GRUAS-TORRE.pdf
8. Asturias, F. (2000). *Manual Básico de prevención de riesgos laborales*. Recuperado de <https://prevencionar.com/media/2017/02/Manual-basico-de-PRL.pdf>
9. Navarrete, A. (2014). *Proyecto de una torre grúa normas de seguridad y salud Laboral*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Vic, España. Recuperado de http://repositori.uvic.cat/bitstream/handle/10854/3287/trealu_a2014_navarrete_alfonso_proyecto_torre.pdf?sequence=1&isAllowed=y
10. Mora, A. (2009). *Mantenimiento Planeación, ejecución y control*. España: Alfaomega.
11. Jaramillo, H. (2012). *Diseño y Modelado Virtual de una Grúa Torre Fija con Pluma Horizontal Giratoria*. (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Litoral, Ecuador. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24476>

12. Pellicer, E. (1996). *Grúas*. Zaragoza, España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=85552>
13. Menéndez, M. (2006). *Manual para la formación de operadores de grúa torre*. España: Lex Nova.
14. Navarro, J. (2017). *Definición de Modelo de Gestión. Definición ABC*. Recuperado de <https://www.definicionabc.com/economia/modelo-gestion.php>
15. Roman, D. (2014). *Determinación IN SITU de componentes críticos para el mantenimiento preventivo de los principales equipos de pavimentación de concreto hidráulico, para carreteras de primer orden en Guatemala*. (Tesis de Posgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
16. Tavares, L. (1999). *Administración Moderna del Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicaciones. Recuperado de <https://soportec.files.wordpress.com/2010/06/administracion-moderna-de-mantenimiento.pdf>
17. Tejaxún, C. (2019). *Desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento a través del monitoreo de condición, utilizando ensayos no destructivos, bajo la Norma ISO 17359:2011 para la conservación de equipos críticos, en la industria avícola*. (Tesis de Posgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

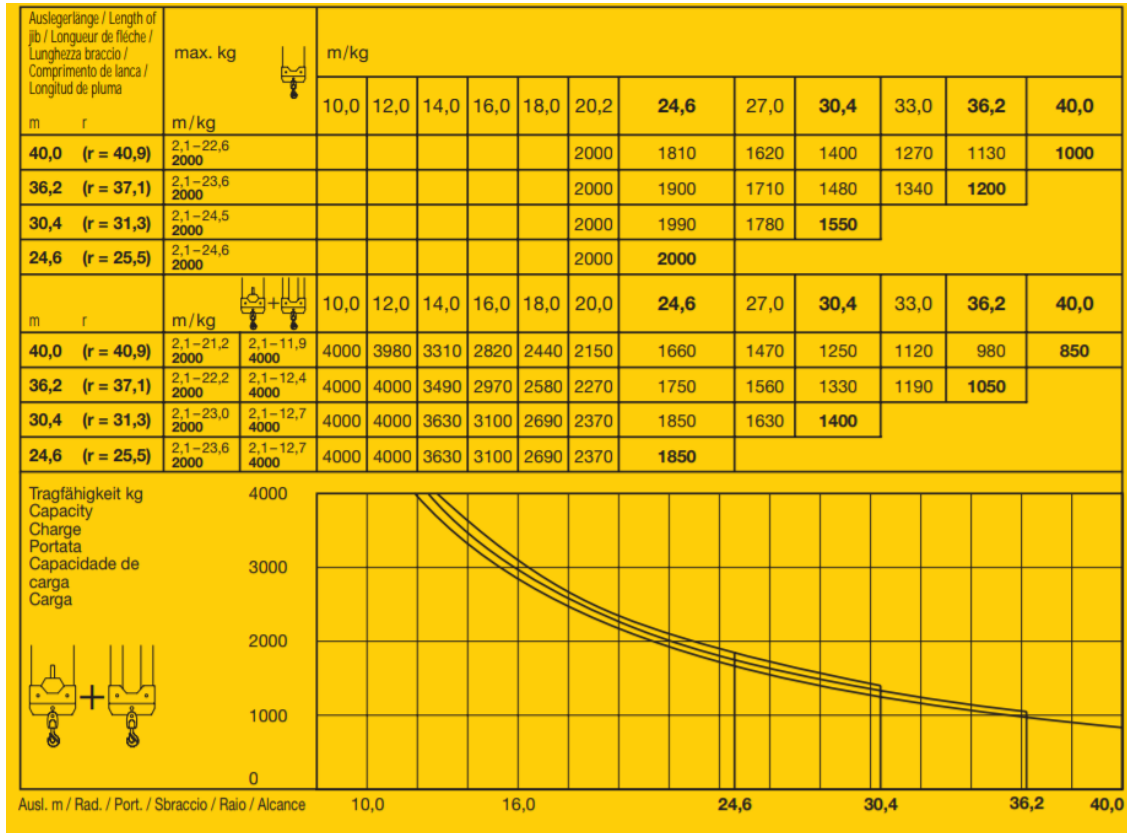
14. ANEXOS

Anexo 1. Señales de mano para operación con grúas ANSI establecido en OSHA 29CRF1926

 <p>GIRAR Brazo extendido, señalar con el dedo la dirección de giro de la pluma.</p>	 <p>MOVER Brazo extendido hacia delante, mano abierta y ligeramente levantada haciendo movimiento de empujar hacia la dirección donde se debe mover.</p>
 <p>MOVER (una oruga) Trabar la oruga del costado indicado por el puño alzado. Mover la oruga opuesta en la dirección indicada por el movimiento circular del otro puño que gira verticalmente en la parte delantera del cuerpo (sólo grúas sobre orugas).</p>	 <p>MOVER (ambas orugas) Utilizar ambos puños ubicados en la parte delantera del cuerpo haciendo un movimiento circular sobre cada una de las otras direcciones de movimiento, adelante o atrás (sólo para grúas sobre orugas).</p>
 <p>IZAR Con el antebrazo vertical y el índice apuntando hacia arriba, mover la mano en pequeños círculos horizontales.</p>	 <p>BAJAR Con el brazo extendido hacia abajo, el dedo índice apuntando hacia abajo, mover la mano en pequeños círculos horizontales.</p>
 <p>LEVANTAR LA PLUMA Y BAJAR LA CARGA Con el brazo extendido, el pulgar apuntando hacia arriba, flexionar los dedos hacia adentro y hacia afuera tanto como se desee mover la carga.</p>	 <p>BAJAR LA PLUMA Y LEVANTAR LA CARGA Con el brazo extendido, el pulgar apuntando hacia abajo, flexionar los dedos hacia adentro y hacia afuera tanto como se desee mover la carga.</p>
 <p>PARADA DE EMERGENCIA Brazos extendidos, palmas hacia abajo, mover los brazos hacia delante y hacia atrás horizontalmente.</p>	 <p>PARAR Brazo extendido, palma hacia abajo, mover el brazo horizontalmente hacia adelante y hacia atrás.</p>
 <p>ASEGURAR TODO Cerrar ambas manos sobre la parte delantera del cuerpo.</p>	 <p>MOVER LENTAMENTE Usar una mano para indicar el movimiento y ubicar la otra, sin movimiento, enfrente de la que da la señal de movimiento.</p>
 <p>LEVANTAR LA PLUMA Brazo extendido, dedos cerrados sobre la palma, pulgar apuntando hacia arriba.</p>	 <p>BAJAR LA PLUMA Brazo extendido, dedos cerrados sobre la palma de la mano, pulgar apuntando hacia abajo.</p>
 <p>USAR GANCHO PRINCIPAL Golpear ligeramente la cabeza con el puño, luego usar las señas normales.</p>	 <p>USAR LINEA AUXILIAR (gancho de bola) Golpear el codo con un mano, luego usar las señas normales.</p>
 <p>EXTENDER LA PLUMA (plumas telescópicas) Ambos puños en frente del cuerpo, con los pulgares apuntando hacia afuera.</p>	 <p>RETRAER LA PLUMA (plumas telescópicas) Ambos puños en frente del cuerpo, con los pulgares apuntando hacia adentro.</p>

Fuente: OSHA. (2018). *Sabes cuáles son las señales de izaje de carga y descarga de material?*. Recuperado de <https://www.facebook.com/230128297010706/photos/sabes-cuales-son-las-se%C3%B1ales-de-izaje-de-carga-y-descarga-de-materialde-acuerdo-1951911258165726/>. Consulta: noviembre 2019

Anexo 2. Capacidades de carga grúa Liebherr 40LC



Fuente: Liebherr. (2003). *Alcances y cargas*. Recuperado de <https://www.liebherr.com/es/esp/productos/m%C3%A1quinas-de-construcci%C3%B3n/gr%C3%BAas-torre/gr%C3%BAas-torre-con-rotaci%C3%B3n-superior/flat-top-ec-b/serie-ec-b/serie-ec-b.html>. Consulta: noviembre 2019.

Anexo 3. Pesos y dimensiones grúa Liebherr 40LC

Kolli-Liste		Montagegewichte: siehe Betriebsanweisung. Erection weights: see instruction manual. Poids de montage: voir manuel de service. Pesí di montaggio: vedasi le istruzioni sull'uso. Pesos de montagem: vejám-se es instruções p. uso. Peso para el montaje: según manual.						
Packing List / Liste de colisage / Lista dei colli								
Lista de embalagem / Lista de dimensiones y pesos								
Kranoberteil		Upper part of crane / Partie supérieure de gru Parte superiore della gru / Parte superior grúa Parte superior do guindaste		L (m)	B (m)	H (m)	kg	
Pos. Item	Anz. Qty.	Turnspitze mit Kud-Auflage / Tower head section with slewing ring support Porte-féche avec pivot / Testa porta-braccio con supporto ralla Cabeça de apoio de lança / Cabeça de torre con asiento de pista			5,57	1,86	1,73	2530
1	1							
2	1	Gegenausleger / Counter-jib Contre-féche / Contrabaccio Contra-lança / Contrapluma			9,79	1,46	0,36	960
3	1	Ausleger-Arlenstück / Jib heel section Pied de féche / Settore articolato di braccio Base articulada de lança / Pluma tramo primero			11,85	1,04	1,30	⊙ 950
4	1	Ausleger-Zwischenstück / Intermediate jib section Element interm. de féche / Spazzone di braccio Peça suplementar da lança / Tramo intermedio pluma			5,94 11,80 5,94 3,94	0,95 0,95 0,95 0,95	1,22 1,32 1,22 1,22	⊙ 336 ⊙ 618 ⊙ 210 ⊙ 147
5	1	Ausleger-Kopfstück / Jib head Pointe de féche / Punta freccia Cabeça de lança / Tramo punta de pluma			1,45	1,04	1,37	⊙ 80
6	1	Podeste / Platforms Plates-formes / Piattaforma Plataforma / Plataforma			1,21	0,33	0,77	66
7	1	Laufkatze / Trolley Chariot / Carrello Carrinho / Carro			0,95	1,13	0,62	151
8	1	Unterflasche / Bottom Moufle / Bozzello Gancha / Potpasto			0,75	0,24	0,98	104
9	1	Hubwerk 11 kW / Winch Treuil / Vericetto / Mecanismo elevatoria / Mecanismo elevación carga			1,25	1,23	0,55	440
Turm		Tower / Mât / Torre						
10	1	Turnstück / Tower section Element de mât / Elemento di torre Torre / Torre			12,0 m 4,0 m	12,27 4,27	1,20 1,20	2435 958
Klettereinrichtung		Climbing equipment / Equipement de télescage / Attrezzatura per allungamento della gru Acessórios p. subida no edifício / Equipo de trepado						
11	1	Führungstück kpl. / Guide section cpl. Cage télescopique cpl. / Gabbia di sopraelevazione compl. Peça de guia compl. / Torre de montaje completa			8,92	1,65	1,75	1890
12	1	KUD-Auflagenverlängerung / Slewing ring support extension Rahause de pivot d'orientation / Prolunga supporto ralla Peça de guia / Prolongación asiento de pista			4,27	1,66	1,66	1120
13	1	Hydraulikanlage, Stütz- und Klettertraverse / Hydraulic unit, supporting and climbing cross members Système hydraul. avec traverses d'appui et de télescop. / Sist. idraul. traversa di appoggio e allugam. gru Instalação hidráulica, travessa de apoio e subida / Sistema hidráulico com travessa de apoio y trepado			4,86	0,95	0,70	580
Unterwagen		Undercarriage / Châssis / Carro della gru Carro de guindaste / Carreton						
14	1	Unterwagen-Rahmen / Undercarriage frame Cadre de châssis / Infrastruttura carro Estrutura do carrinho / Bastidor carrón			4,12	0,94	1,39	2575
15	2	Tragholm / Arm Longeron / Longherone Travessa / Brazo			4,10	0,30	0,60	935
16	2	Fahrschemel mit Antrieb / Rail bogie with drive Bogie moteur / Telaio con gruppo propulsore Quadra sem grupa de propulsão / Caja rodillo motriz			0,78	0,84	0,53	297
17	2	Fahrschemel ohne Antrieb / Rail bogie without drive Bogie fou / Telaio senza gruppo propulsore Quadra com grupa de propulsão / Caja rodillo conducido			0,66	0,30	0,51	204
18	-	Selle und Kleinteile / Small parts and ropes Accessoires et câbles / Accessori cavi Acessorios e cabos / Accesorios y cables			-	-	-	870

Fuente: Liebherr. (2003). *Lista de dimensiones y pesos*. Recuperado de <https://www.liebherr.com/es/esp/productos/m%C3%A1quinas-de-construcci%C3%B3n/gr%C3%BAas-torre/gr%C3%BAas-torre-con-rotaci%C3%B3n-superior/flat-top-ec-b/serie-ec-b/serie-ec-b.html>. Consulta: noviembre 2019.