

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS GRÚAS  
HIDRÁULICAS ARTICULADAS DE LA EMPRESA  
CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO

**AUTOR:** CHRISTIAN KEVIN CACERES SANCHEZ

**ASESOR:** HUAMAN ALFARO JUAN CARLOS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERIA DE MANTENIMIENTO

Callao, 2022

PERÚ



## **INFORMACIÓN BÁSICA**

**FACULTAD:** FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:** FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA

**TÍTULO:** DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS GRÚAS HIDRÁULICAS ARTICULADAS DE LA EMPRESA CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.

**AUTOR(ES) / CÓDIGO ORCID / DNI:** CACERES SANCHEZ CHRISTIAN KEVIN / 0000-0001-5418-6451 / 70508698

**ASESOR / CÓDIGO ORCID / DNI:** HUAMAN ALFARO JUAN CARLOS / 0000-0001-8492-3379 / 40607588

**LUGAR DE EJECUCIÓN:** EMPRESA CORPORACION ELMARVI S.A.C.

**UNIDADES DE ANÁLISIS:** GRÚAS HIDRÁULICAS ARTICULADAS

**TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:** APLICADA / CUANTITATIVO / EXPERIMENTAL

**TEMA OCDE:** INGENIERÍA MECÁNICA

## **HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN**

### **MIEMBROS DEL JURADO**

Presidente del jurado de Tesis: Dr. Nelson Alberto Diaz Leiva

Secretario: Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas

Miembro: Mag. Juan Adolfo Bravo Félix

Suplente: -

Asesor: Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro

N° de Libro: 001

N° de Folio: 121

N° de Acta: 095

Fecha de Aprobación de tesis: 21 de Agosto del 2022

Resolución de Consejo de Facultad: 330-2022-CF-FIME

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada especialmente a mis padres Luz V. Sanchez J. y Benjamín R. Caceres. Por el eterno apoyo incondicional que siempre me han brindado y su comprensión al momento de elegir mi carrera profesional. A mi hermana Geraldine Lilibeth C. Caceres Sanchez y mi hermano Alexandher Jhossep Caceres Sanchez por sus palabras de aliento y compañía en el transcurso de la elaboración de la tesis las cuales contribuyeron en la culminación de la tesis y a mis abuelos que me acompañaron en cada momento de mi vida hasta su partida las cuales me aconsejaban a sacar mi título profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por todo que ha me brindado en esta vida y a mi maravillosa familia.

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>11</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>12</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>16</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	16
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general .....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Objetivos .....	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4. Justificación .....	18
1.4.1. Justificación Practica .....	19
1.4.2. Justificación Teórica .....	19
1.5. Delimitantes de la investigación.....	19
1.5.1. Delimitante teórica .....	19
1.5.2. Delimitante temporal.....	20
1.5.3. Delimitante espacial.....	20
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
2.1. Antecedentes .....	21

2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	23
2.2.	Bases teóricas .....	25
2.2.1.	Mantenimiento .....	25
2.2.2.	Importancia del Mantenimiento.....	26
2.2.3.	Tipos de Mantenimiento .....	27
2.2.4.	Indicadores de Mantenimiento.....	29
2.2.5.	Herramientas de Calidad para la mejora del mantenimiento .....	30
2.2.6.	Camión Grúa Hidráulica Articulada.....	34
2.2.7.	Características del Camión Grúa Hidráulico Articulado .....	40
2.2.8.	Izaje de cargas .....	43
2.2.9.	Norma para Grúas Articuladas .....	43
2.3.	Marco conceptual.....	43
2.3.1.	Diseño .....	43
2.3.2.	Plan de Mantenimiento Preventivo .....	44
2.3.3.	Disponibilidad .....	44
2.3.4.	Recopilación de datos .....	44
2.3.5.	Análisis Situacional.....	45
2.3.6.	Planificación.....	45
2.3.7.	Ejecución .....	46
2.4.	Definición de términos básicos .....	46
<b>III.</b>	<b>HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>48</b>
3.1.	Hipótesis .....	48
3.1.1.	Hipótesis general.....	48
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	48
3.1.1.	Operacionalización de variables .....	49

<b>IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO .....</b>	<b>50</b>
4.1. Diseño metodológico.....	50
4.2. Método de investigación .....	51
4.2.1. Método Analítico.....	52
4.2.2. Método Sintético.....	52
4.3. Población y muestra.....	54
4.3.1. Población.....	54
4.3.2. Muestra.....	55
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	55
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información. ....	55
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	57
4.7. Aspectos éticos en investigación .....	102
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>103</b>
5.1. Resultados descriptivos .....	103
5.1.1. Análisis estadístico descriptivo .....	103
5.2. Resultados inferenciales .....	113
5.2.1. Prueba de Normalidad.....	113
5.2.2. Estadística paramétrica T-Student.....	114
5.2.3. Estadística no paramétrica Wilcoxon.....	117
<b>VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>119</b>
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados .....	119
6.1.1. Contrastación de la hipótesis general.....	119
6.1.2. Contrastación de las hipótesis específicas .....	120
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	122
6.2.1. Contrastación de los resultados con estudios internacionales .	122
6.2.2. Contrastación de los resultados con estudios nacionales .....	124

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	125
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>126</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>127</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>132</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Síntesis FODA .....	33
Tabla 3.1. Tabla de indicadores de variables.....	49
Tabla 4.1. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB X- HIPRO 638E-8.....	60
Tabla 4.2. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB 090 AW .....	60
Tabla 4.3. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB 550-5 .....	60
Tabla 4.4. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB X- HIPRO 1058E-10.....	61
Tabla 4.5. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB X- HIPRO 1058E-10.....	61
Tabla 4.6. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB 477E- 6XS.....	61
Tabla 4.7. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB 330-5 .....	61
Tabla 4.9. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB X-HIPRO 638E-8 – Serie 6380163.....	63
Tabla 4.10. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB 090 AW – Serie 90.118 ....	64
Tabla 4.11. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB 550-5 – Serie 550.114.....	65
Tabla 4.12. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB X-HIPRO 1058E-10 – Serie 10580145.....	66
Tabla 4.13. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB X-HIPRO 1058E-10 – Serie 10580065.....	67
Tabla 4.14. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB 477E-6XS – Serie 4771029 .....	68

Tabla 4.15. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB 330-5 – Serie 330-114.....	69
Tabla 4.16. Tabla Resumen de la Data Inicial por grúa .....	70
Tabla 4.17. Cálculos de MTBF – Pre Prueba por mes.....	71
Tabla 4.18. Cálculos de MTBF - Pre Prueba por grúa .....	71
Tabla 4.19. Cálculos de MTTR – Pre Prueba por mes.....	72
Tabla 4.20. Cálculos de MTTR - Pre Prueba por grúa .....	72
Tabla 4.21. Cálculos de la Disponibilidad – Pre Prueba por mes.....	73
Tabla 4.22. Cálculos de Disponibilidad - Pre Prueba por grúa.....	73
Tabla 4.23. Cálculos del MTBF, MTTR y Disponibilidad – Pre Prueba por mes .....	74
Tabla 4.24. Cálculos del MTBF, MTTR y Disponibilidad - Pre Prueba por grúa	74
Tabla 4.25. Matriz FODA analizando la situación actual.....	77
Tabla 4.26. Identificación de causas según su importancia .....	79
Tabla 4.27. Análisis de Criticidad - Seguridad y Medio Ambiente .....	80
Tabla 4.28. Análisis de Criticidad - Producción.....	81
Tabla 4.29. Análisis de Criticidad - Calidad.....	82
Tabla 4.30. Análisis de Criticidad - Mantenimiento .....	82
Tabla 4.31. Cuadro resumen de criticidad .....	83
Tabla 4.32. Codificación de las Grúas .....	83
Tabla 4.33. Resumen de datos del formato de extracción .....	85
Tabla 4.34. Plan de Mantenimiento Preventivo de las Grúas Hidráulicas Articuladas.....	87
Tabla 4.35 Registro de ocurrencia por grúa.....	90
Tabla 4.36. Cuadro resumen de los datos post prueba por grúa .....	94
Tabla 4.37. Cálculo del MTTR - Pos Prueba por mes.....	96
Tabla 4.38. Cálculo del MTTR - Pos Prueba por grúa .....	96

Tabla 4.39. Cálculo del MTBF - Pos Prueba por mes .....	97
Tabla 4.40. Cálculo del MTBF - Pos Prueba por grúa.....	97
Tabla 4.41. Cálculo del Disponibilidad - Pos Prueba por mes .....	97
Tabla 4.42 Cálculo del Disponibilidad - Pos Prueba por grúa .....	98
Tabla 4.43. Resumen de los Cálculos del MTBF, MTTR y Disponibilidad - Pos Prueba por mes .....	98
Tabla 4.44. Resumen de los Cálculos del MTBF, MTTR y Disponibilidad - Pos Prueba por grúa.....	99
Tabla 5.1. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de Mantenibilidad por mes .....	103
Tabla 5.2. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de Mantenibilidad por grúa .....	104
Tabla 5.3. Medidas descriptivas de la mantenibilidad pre y pos prueba por grúa .....	106
Tabla 5.4. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de Confiabilidad por mes .....	107
Tabla 5.5. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de Confiabilidad por grúa .....	108
Tabla 5.6. Medidas descriptivas de la confiabilidad pre y pos prueba por grúa .....	109
Tabla 5.7. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de la Disponibilidad por mes .....	110
Tabla 5.8. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de la Disponibilidad por grúa .....	111
Tabla 5.9. Medidas descriptivas de la disponibilidad pre y pos prueba por grúa .....	112
Tabla 5.10. Prueba de Normalidad de la Mantenibilidad (MTTR), Confiabilidad y Disponibilidad de las grúas .....	113

Tabla 5.11. Prueba de Normalidad a las diferencias de la Mantenibilidad (MTTR), Confiabilidad y Disponibilidad de las grúas .....	114
Tabla 5.12. Prueba T-Student - Mantenibilidad.....	115
Tabla 5.13. Estadística de muestras emparejadas de la mantenibilidad.....	115
Tabla 5.15. Estadística de muestras emparejadas de la Disponibilidad .....	117
Tabla 5.16. Prueba de Wilcoxon- Confiabilidad .....	118
Tabla 5.17. Estadísticos de prueba - Confiabilidad .....	118
Tabla 5.18. Estadística descriptiva de la confiabilidad .....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ejemplo diagrama de Ishikawa .....	31
Figura 2.2. Camión Grúa Hidráulica Articulada .....	34
Figura 2.3. Motor.....	35
Figura 2.4. Partes principales del diferencial.....	36
Figura 2.5. Principales funciones de un neumático.....	38
Figura 4.1. Método de la Caja Blanca mediante el análisis sintético.....	53
Figura 4.2. Método de la Caja Negra .....	54
Figura 4.3. Diagrama lógico de etapas del informe final de tesis .....	58
Figura 4.4. Ubicación de CORPORACION ELMARVI S.A.C. ....	59
Figura 4.5. Registro de Datos Inicial .....	62
Figura 4.6. Gráfico de MTBF – Pre Prueba por grúa .....	74
Figura 4.7. Gráfico de MTBF – Pre Prueba por mes.....	75
Figura 4.8. Gráfico de MTTR - Pre Prueba por grúa .....	75
Figura 4.9. Gráfico de MTTR – Pre Prueba por mes.....	76
Figura 4.10. Gráfico de Disponibilidad - Pre Prueba por grúa.....	76
Figura 4.11. Gráfico de la disponibilidad – Pre Prueba .....	77
Figura 4.12. Diagrama de Causa - Efecto (Ishikawa).....	79
Figura 4.13. Criterios del Análisis de Criticidad.....	80
Figura 4.14. Codificación de las Grúas Hidráulicas Articuladas .....	84
Figura 4.15. Orden de Trabajo .....	84
Figura 4.16. Check List - Inspección de Grúas Articuladas.....	86
Figura 4.17. Proceso del mantenimiento preventivo .....	95
Figura 4.18. Gráfico MTBF por grúa - Pos Prueba.....	99
Figura 4.19. Gráfico MTBF por mes – Pos Prueba .....	100
Figura 4.20. Gráfico MTTR por grúa – Pos Prueba.....	100

Figura 4.21. Gráfico MTTR por mes – Pos Prueba .....	101
Figura 4.22. Gráfico de Disponibilidad por grúa - Pos Prueba .....	101
Figura 4.23. Gráfico de Disponibilidad por mes – Pos Prueba.....	102
Figura 5.1. Gráfico de Líneas - Comparativa de Pre y Pos Prueba de Mantenibilidad por mes.....	103
Figura 5.2. Gráfico de Dispersión - Comparativa de Pre y Pos Prueba de Mantenibilidad por grúa .....	105
Figura 5.3. Gráfico de Líneas - Comparativa de Pre y Pos Prueba de Confiabilidad por mes .....	107
Figura 5.4. Gráfico de Dispersión - Comparativa de Pre y Pos Prueba de Confiabilidad por grúa.....	108
Figura 5.5. Gráfico de Líneas - Comparativa de Pre y Pos Prueba de la Disponibilidad por mes .....	110
Figura 5.6. Gráfico de Dispersión - Comparativa de Pre y Pos Prueba de la Disponibilidad por grúa .....	111

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**MTBF:** TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS

**MTTR:** TIEMPO PROMEDIO PARA LA REPARACION

**S.A.C.:** SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

**ASME:** AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS

**FODA:** FORTALEZA, OPORTUNIDAD, DEBILIDAD Y AMENAZA

**UNIT:** INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TECNICAS

**Hrs:** HORA

**Und:** UNIDAD

**OT:** Orden de Trabajo

**UNIT:** Instituto Uruguayo de Normas Técnicas

## RESUMEN

En el trabajo de investigación la problemática de no contar con un plan de mantenimiento preventivo y tener una disponibilidad menor del 90% restringe los servicios de izamiento de cargas que requieren las mineras, por ello se tiene como objetivo principal el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas pertenecientes a la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C., donde se desarrolló 4 etapas. La cual inicia en el levantamiento de información que permite conocer el análisis situacional con ello planificar la aplicación del plan de mantenimiento para evaluar, analizar y calcular la disponibilidad e indicadores.

El tipo de investigación es aplicada con un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, ya que se manipulará la variable independiente de tal forma que nos permita analizar la variable dependiente que es la disponibilidad. El método de investigación empleada es analítico y sintético, ya que nos ayudó analizar el objeto y estudiarla de forma individual, luego unir y estudiar el conjunto de forma general e integral, lo cual aplicamos el método de la caja blanca y negra.

Se diseño el plan de mantenimiento donde se recopila información de la muestra para contrastarlo con el software SPSS, con ello verificamos el aumento de la disponibilidad lo cual permite un ahorro significativo. Como conclusión se tiene que el diseño del plan de mantenimiento preventivo incremento en un 8% la disponibilidad para las grúas hidráulicas articuladas de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

**PALABRAS CLAVES:** Diseño, Plan de Mantenimiento Preventivo, Grúa hidráulica articulada, Disponibilidad.

## ABSTRACT

In the research work, the problem of not having a preventive maintenance plan and having an availability of less than 90% restricts the load lifting services required by the mining companies, for this reason the main objective is the design of a maintenance plan. preventive to increase the availability of articulated hydraulic cranes belonging to the company CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C., where 4 stages were developed. Which begins in the collection of information that allows to know the situational analysis with it to plan the application of the maintenance plan to evaluate, analyze and calculate the availability and indicators.

The type of research is applied with a quantitative approach and an experimental design, since the independent variable will be manipulated in such a way that it allows us to analyze the dependent variable that is availability. The research method used is analytical and synthetic, since it helped us analyze the object and study it individually, then unite and study the whole in a general and integral way, which we applied the black and white box method.

The maintenance plan was designed where sample information is collected to contrast it with the SPSS software, with this we verify the increase in availability which allows significant savings. As a conclusion, the design of the preventive maintenance plan increased by 8% the availability for the articulated hydraulic cranes of the company CORPORACION ELMARVI S.A.C.

**KEY WORDS:** Design, Preventive Maintenance Plan, Articulated Hydraulic Crane, Availability.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las Grúas Hidráulicas Articuladas están montadas sobre un camión, en la cual le permite tener una versatilidad en el transporte y la operación de izar cargas dentro de su radio de trabajo de su pluma articulada, en el cual opera de forma segura y confiable izando las cargas con el personal calificado.

Por ende, las empresas mineras requieren estas unidades para izar las cargas en un entorno reducido cumpliendo con la seguridad y facilidad en el transporte de estas. Por ello diseñar un plan de mantenimiento preventivo que nos permita incrementar la disponibilidad de las grúas es fundamental para la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C., donde minimizara costos operativos, costos de mano de obra, entre otros.

CORPORACION ELMARVI S.A.C., es una empresa metalmecánica que se especializa en el desarrollo de proyectos multidisciplinarios integrando la ingeniería, montajes, obras civiles, mantenimiento de equipos y alquiler de camiones grúa para el sector minero.

Por ello la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C., tiene conocimiento de la importancia de tener un plan de mantenimiento preventivo de sus grúas hidráulicas articuladas para incrementar la disponibilidad de sus grúas, también debe de cumplir con las demandas y con la normativa de ASME B30.22 (Articulating Boom Cranes) en su última versión que corresponde al año 2016.

En consecuencia, se puede determinar los parámetros del plan de mantenimiento bajo la normativa ASME B30.22 que va a permitir identificar de acuerdo a la criticidad de los elementos de la grúa producto del izaje de cargas. Para ello se debe analizar los elementos de la grúa hidráulica articulada como los mecanismos de control, dispositivos de seguridad, sistema hidráulico, ganchos, aparatos eléctricos, neumáticos, pasadores de conexión y dispositivos de bloqueo.

En el presente trabajo de informe final de tesis titulado “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS GRÚAS HIDRÁULICAS ARTICULADAS DE LA EMPRESA CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.” se realizará una investigación de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y con un diseño de investigación experimental.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, donde se describe la problemática de no tener un plan de mantenimiento de estos equipos.

En el capítulo II, se realiza el marco teórico, donde se menciona los antecedentes indicando el objetivo y aporte al trabajo de investigación, bases teóricas, marco conceptual, definición de términos básicos referente al plan de mantenimiento preventivo, RCM, TPM y disponibilidad para las grúas hidráulicas articuladas.

En el capítulo III, se plantea las hipótesis y variables que permitirán la elaboración de la matriz de operacionalización de las variables.

En el capítulo IV, se desarrolla la metodología del proyecto, la cual consiste en el diseño metodológico, método de investigación, población y muestra, lugar de estudio, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, análisis y procesamiento de datos y aspectos éticos en la investigación.

En el capítulo V, se visualiza los resultados y la contrastación con las hipótesis planteadas.

En el capítulo VI, se realiza la discusión de resultados para la contratación y demostración de las hipótesis con otros estudios similares.

Se concluye con el capítulo VII, capítulo VIII y capítulo IX, donde se elabora las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos empleados en el informe final de la tesis.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la realidad problemática**

En el libro de Garrido menciona que una falla puede repercutir a altos costos de operación, por ello se busca que el equipo cuente con cero averías. Debido a esto el nivel de disponibilidad debe ser por encima del 90%, debido a que no hay tiempo para subsanar incidencias o fallos que puedan ocurrir durante la ejecución del servicio (2003, p. 21). Por lo que en el diseño del plan de mantenimiento deben considerarse en primer lugar las normativas legales que regulan su mantenimiento y los manuales de mantenimiento del fabricante o distribuidor las cuales se requieren los conocimientos de un especialista en las grúas hidráulicas articuladas.

A nivel nacional el Ministerio de Energía y Minas según el decreto supremo N° 024-2016-EM y su modificatoria N° 023-2017-EM, establece el reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería lo cual en el capítulo V de maquinaria, equipos y herramientas, según el artículo 375 ítem c establece que se debe elaborar programas de inspección y mantenimiento para las maquinarias, equipos y herramientas.

Actualmente las grúas articuladas hidráulicas telescópicas han tenido un papel fundamental para el izar cargas pesadas en los diferentes tipos de industria y por su capacidad de operar en lugares remotos, pero gran parte de las cargas presentan una estructura variable y de distinto tonelaje, por lo que se debe de realizar antes del izamiento un plan de izaje donde se especifique el peso, altura, lugar de trabajo, entre otros factores que permita utilizar la grúa adecuada. Además, las grúas según la marca y modelo tienen un alcance y capacidad limitada que esta especificada en su diagrama de cargas. En este sentido el trabajar con la grúa tiene sus riesgos y por ello la importancia del mantenimiento.

Ante esta situación las grúas hidráulicas articuladas montadas sobre un camión de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C., no cuentan con

un plan de mantenimiento preventivo, donde la disponibilidad de las 07 grúas hidráulicas articuladas es baja referente a la meta requerida ya que se encuentra en el intervalo del 87% y 89%, por lo que tener una disponibilidad menor del 90% con lleva aplicar correctivos, aumentar costos de operación, tener una baja confiabilidad y mantenibilidad, esto con lleva a tener retrasos con el inicio de los trabajo de izamiento de carga según la planificación de parada de planta de la minera.

Por ello se diseñó un plan de mantenimiento preventivo para las grúas hidráulicas articuladas con la finalidad de aumentar la disponibilidad de los equipos superando la meta del 90%, lo cual se cumple los requerimientos según la normativa ASME B30.22, DS 024-2016-EM y manual del equipo.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo diseñar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa Corporación ELMARVI S.A.C.?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo realizar un levantamiento de información para analizar la situación del mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.?
- ¿Cómo realizar un análisis situacional para planificar los trabajos de mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.?
- ¿Como realizar la planificación del mantenimiento preventivo para su aplicación en las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.?
- ¿Cómo aplicar el plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.?

- ¿Cómo aplicar el plan de mantenimiento para incrementar la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar un levantamiento de información para analizar la situación del mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.
- Realizar un análisis situacional para planificar los trabajos de mantenimiento en las maquinarias de las de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.
- Realizar la planificación del mantenimiento preventivo para su aplicación en las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.
- Aplicar el plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.
- Aplicar el plan de mantenimiento para incrementar la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.

### **1.4. Justificación**

Según el autor Suárez Menciona las razones por las cuales es importante que un investigador respalde totalmente su proyecto de investigación, por lo que el autor menciona que existen dos tipos de razones dependiendo del nivel de investigación (2016, p. 19).

#### **1.4.1. Justificación Práctica**

El trabajo de investigación final se justifica de la manera práctica, teniendo como referencia el libro “Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros” del autor Suárez, en la cual nos menciona que la justificación practica debe estar bien planteada donde nos guía en la solución de un problema analizando los beneficios que con lleva la investigación y esto se resume con responder la pregunta de ¿Por qué es conveniente llevar a cabo la investigación?.

De esta manera se justifica la investigación, por que contribuye de una manera practica en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo que permite incrementar la disponibilidad unidades que son las grúas hidráulicas articuladas que pertenecen a CORPORACION ELMARVI S.A.C.

#### **1.4.2. Justificación Teórica**

El trabajo final de investigación se justifica de forma teórica según el autor Suárez se platea una reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, teniendo en cuenta los criterios de evaluación que es por conveniencia, relevancia social, aplicaciones prácticas, valor teórico y utilidad metodológica.

De esta manera se justifica la investigación empleando las fuentes bibliográficas de mantenimiento y sitios web que nos permite interpretar las teorías y ecuaciones en la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, por ello se emplea la metodología tipo aplicada con enfoque cuantitativo y diseño de investigación experimental.

### **1.5. Delimitantes de la investigación**

#### **1.5.1. Delimitante teórica**

La información para realizar el informe de investigación tiene la delimitación teórica, se emplea teorías y bibliográficas específicas para la

elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para grúas hidráulicas articuladas. Por ello acudimos a la norma internacional ASME B30.22 (Section 22-2.3.1 Preventive Maintenance y 22-2.3.2 Maintenance Procedure) y al manual de los equipos.

Donde la información que brinda la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C., es limitada (data histórica de los equipos), para ello se solicita permiso a la gerencia general de la empresa con la finalidad que nos brinde la información que permita la realización del estudio y también hacer y uso del nombre de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

### **1.5.2. Delimitante temporal**

La delimitante temporal según el autor Bernal menciona que es necesario determinar cuál será el periodo, sea retrospectivo o prospectivo, dentro del cual se realizará el estudio del hecho, la situación, el fenómeno o población investigados” (2010, p. 107).

El informe final de investigación se delimitará temporalmente, ya que toma un determinado tiempo de estudio de 6 meses las cuales analizamos el pre y pos prueba. Donde se llevó a cabo las reuniones entre el gerente general y gerente de operaciones de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C. y las visitas a sus instalaciones para la recopilación de las datos e información necesaria de cada equipo en estudio.

Por lo cual de esta manera se pueda plantear correctamente el diseño del plan de mantenimiento preventivo para las grúas hidráulicas articuladas.

### **1.5.3. Delimitante espacial**

Según el autor Bernal explica que aquellas demarcaciones del espacio geográfico dentro del cual tendrá lugar una investigación (2010, p. 107).

El informe final de investigación tiene como delimitante espacial el taller de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C., ubicada en Av. Los Cisnes Mza. H2 Lote. 13C Urb. Lotización El Club II Etapa (Reparto paralela a Ramiro Priale), Lurigancho, Lima.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Durante el informe final de tesis, encontramos diferentes trabajos de tesis de nivel nacional e internacional, que aportan al desarrollo del informe final de la tesis.

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Troncoso (2021) en su tesis con el título “**Desarrollar plan de mantenimiento de grúa de brazo articulado modelo: PALFINGER PK 23500**”. Trabajo de titulación para optar el título profesional de ingeniería de ejecución en mecánica de procesos y mantenimiento industrial. Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción. Rey Balduino de Bélgica. Presenta como objetivo general diseñar un plan de mantenimiento preventivo para grúa PALFINGER PK 23500, pero teniendo en cuenta los componentes asociados a fallas comunes, plan de acción y evaluación económica en la elaboración del plan de mantenimiento. Para ello llego a la conclusión de que el plan de mantenimiento preventivo, está destinado aumentar la vida útil de los componentes, evitar elevados costos por fallas imprevistas, aumentar la disponibilidad de la máquina, evitar tiempos muertos y mejorar su eficiencia.

Del presente trabajo se rescata la importancia del diseño del plan del mantenimiento con una alta disponibilidad e información teórica como fuentes bibliográficas (libros).

Salinas y Sinchi (2020) en su tesis con el título “**Propuesta de un plan de mantenimiento mediante un análisis de criticidad de fallos para vehículos de categoría N de la prefectura del Azuay**”. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero mecánico automotriz. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.

Presenta como objetivo del programa el control eficaz al momento de realizar las tareas de mantenimiento con la finalidad de mantener la operatividad y vida útil de los equipos, de esta forma evitar las paradas no programadas. Plantea la conclusión de la elaboración del plan de mantenimiento personalizado de cada vehículo en base a los sistemas y actividades considerados críticos, bitácora de mantenimiento del GPA y los manuales de servicio donde identifica las actividades según el intervalo del kilometraje desde 5000 Km incrementando en 5000 hasta llegar a 100000 Km. Donde la unidad de análisis de los 64 vehículos semipesados son los camiones grúas.

Del presente trabajo se rescata la importancia en la aplicación de la gama de mantenimiento preventivo las cuales se encuentran formuladas en base a la necesidad operacional con la finalidad de incrementar la disponibilidad, por ello establece la frecuencia de un mantenimiento según el kilometraje y como elabora el plan de mantenimiento para camión grúa.

Zavala y Valenzuela (2020) en su tesis con el título “**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para camiones grúa en la empresa JPL Comercial LTDA**”. Trabajo para optar el título de ingeniero mecánico. Universidad Católica de Valparaíso, Quilpué.

Presenta como objetivo principal desarrollar un plan de mantenimiento preventivo de los camiones grúa para la empresa JPL Comercial LTDA, con el fin de mejorar la gestión de su mantenimiento realizando un plan de mantenimiento. Donde se concluye que el plan de mantenimiento incrementa la vida útil de los camiones grúa en la empresa JPL Comercial LTDA aplicando la herramienta de análisis de modos de falla y efectos a los camiones grúa identificando los elementos críticos la cual proporcionara la información necesaria para establecer actividades preventivas y se recomienda mediante un estudio sobre software de gestión de mantenimiento disponible se pueden adecuar la as necesidades de la empresa y esto permita recopilar información más detallada para un análisis posterior.

Del presente trabajo se rescata el proceso de elaboración del plan mediante etapas y esta inicia en la descripción del estado inicial en la que se encuentra la gestión del mantenimiento la cual emplea formatos que permiten realizar la recolección inicial para determinar mediante un análisis la situación actual de la empresa en la gestión del mantenimiento.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Vega (2017) en su tesis con el título **“Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017”**. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero industrial. Universidad Cesar Vallejo. Perú.

Presenta como objetivo general determinar como la implementación del mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017.

Se concluyo que la implementación del mantenimiento preventivo ha incrementado la disponibilidad de las máquinas de la empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017. Además, la disponibilidad aumentó de 0,893 a 0,961, lo que equivale a un aumento del 7,6 %.

Del presente trabajo se rescata su análisis en la recopilación de información y las teorías relacionadas a la disponibilidad como la información teórica de fuentes bibliográficas (libros).

Samanez (2019) en su tesis con el título **“Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la flota de camiones grúa y grúas telescópicas de una empresa minera en Arequipa”**. Trabajo de investigación para optar el Grado académico de bachiller en Ingeniería Industrial. Universidad Antonio Ruiz de Montoya. Perú.

Presenta como objetivo general la propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad con la finalidad de mejorar e incrementar la disponibilidad de los camiones grúa y grúas telescópicas las cuales pertenecen a una empresa minera ubicada en Arequipa. Donde su trabajo

de investigación es de tipo explicativa, descriptiva y cuantitativa por lo que quiere lograr en su estudio empleando la metodología de RCM es el incremento de la disponibilidad de su flota de equipos grúa.

Concluyó que la disponibilidad puede aumentar cuando la empresa utiliza su formato sugerido (manual de mantenimiento) y recomienda el proceso de utilizar el método RCM para optimizar mejor el tiempo, ya que el método lo analiza para planificar el mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad.

Del presente trabajo se rescata el análisis del mantenimiento durante su aplicación y su propuesta de mejora referente a las cartillas de mantenimiento propuestas para camiones grúa.

Centeno y León (2021) en su tesis con el título **“Mejorar la disponibilidad de equipos de Camión Grúa aplicando la Teoría de Restricciones para el servicio en unidades mineras del Sur del Perú”**. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Tecnológica del Perú. Perú.

Presenta como objetivo general realizar la mejora de la disponibilidad de equipos camión grúa aplicando la teoría de restricciones para el servicio de alquiler en las unidades mineras del sur del Perú.

Para ello concluyo que la teoría de las limitaciones permite determinar los factores que contribuyen a la falta de disponibilidad de equipos de montacargas para el servicio de alquiler de unidades mineras en el sur del Perú, siendo estos factores que no se ha realizado el mantenimiento. La tabla de horas muestra 500 horas, superando el horario máximo, reflejado en la insuficiente disponibilidad de grúas y el mantenimiento muy frecuente, resultando en solo el 58.44% de los equipos disponibles, lo que equivale a 7 grúas disponibles para alquiler de camiones, en el desarrollo de la estrategia. y plan de implementación, se dispuso del 90%, equivalente a 11 camiones grúas, y también se logró identificar cerca del 100% de los factores que contribuyeron a la falta de disponibilidad de los

equipos de camión grúa utilizados en los servicios de alquiler de las mineras.

Del presente trabajo se rescata el diseño y descripción de la investigación, para el cual recopila, procesa y analiza la información teniendo como objetivo la mejora de la disponibilidad de los equipos de camión grúa por medio de las herramientas de calidad para el mantenimiento.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Mantenimiento**

Según el autor Mora menciona que la principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las maquinas a través del tiempo. Bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento al atravesar las distintas épocas, acorde con las necesidades de sus clientes, que son todas aquellas dependencias o empresas de procesos o servicios [...]. La historia del mantenimiento, como parte estructural de las empresas data desde el momento mismo de la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, [...]. Se reconoce la aparición de los principales sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las maquinas desde principios del siglo XX [...]. El progreso del mantenimiento como área de estudio permite distinguir varias generaciones evolutivas, en relación con los diferentes objetivos que se observan en las áreas productivas o de manufactura (y en mantenimiento) a través del tiempo (2009, p. 3).

Según los autores Duffuaa, Raouf y Campbell plantean que el mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas [...] Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan resultado una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan

una producción defectuosa [...] debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento (2000, p. 29).

Los diferentes métodos o tácticas para llevar a cabo un mantenimiento en una empresa, maquina, equipo o sistema, depende de cual se acomode mejor y de óptimos resultados, es decir, se debe estudiar cual generara más confiabilidad, disponibilidad y menores gastos.

### **2.2.2. Importancia del Mantenimiento**

Según el autor Mora (2009, p. 31) la importancia del mantenimiento tiene relevación en la parte económica y tecnológica, bajo la gestión de activos y las estrategias dentro de las organizaciones buscan beneficios económicos de corto y mediano plazo. El departamento de mantenimiento tiene la influencia del libre mercado en el transcurrir del tiempo, la economía de mercado en su auge y la interconexión de las naciones en un contexto globalizado han hecho que las industrias o empresas se vean forzadas a adquirir estándares de calidad de nivel internacional por la forzada competencia imperante empresarial.

Una organización con miras y ambiciones de ingresar en la competencia mundial del mercado asegurando la calidad en el mantenimiento, producción y en las demás divisiones industriales como en las técnicas que emplean.

Si se requiere garantizar las condiciones apropiadas de operación de los equipos, es indispensable desplegar la planificación requerida para la solución del percance técnico y tomar medidas de prevención con la finalidad de que en otro contexto pueda evitarse, por intermedio de la reingeniería de activos se desea incrementar la confiabilidad y mantenibilidad para optimizar la gestión y operación del mantenimiento.

### 2.2.3. Tipos de Mantenimiento

- **Mantenimiento Correctivo:** Según los autores Duffuaa, Raouf y Campbell (2000, p. 33), este tipo de mantenimiento solo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando. No hay elemento de planeación para este tipo de mantenimiento. Este es el caso que se presenta cuando el costo adicional de otros tipos de mantenimiento no puede justificarse. Este tipo de estrategia a veces se conoce como estrategia de operación hasta que falle.”

Según el autor Prando (1996, p. 19, 20) menciona que comprende al llevar a cabo, con el fin de corregir (reparar) una falla en el equipo. El autor lo clasifica en:

- No planificado: Es el mantenimiento de emergencia (Reparación de roturas). Debe efectuarse con urgencia ya sea una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).
  - Planificado: Se sabe con antelación que es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal repuestos y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.”
- **Mantenimiento Preventivo:** Según el autor Garrido menciona que el mantenimiento tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno (2003, p. 17).

Según el autor Shirose el mantenimiento preventivo se dirige a la prevención de averías y defectos. Las actividades diarias incluyen chequeos del equipo, controles de precisión, hacer una revisión total o parcial en momentos específicos, cambios de aceite, lubricación, etc. Adicionalmente los trabajadores anotan los deterioros que observan en el equipo para saber cómo reparar o reemplazar las piezas gastadas antes de que causen problemas (1984, p. 14).

Según la página web de Gestipolis donde el autor Aguado menciona que las acciones preventivas se clasifican según la complejidad las cuales puedes estar desde el más simple hasta el más complejo, por lo que las actividades técnicas inician desde la inspección visual hasta un grado mayor. Esto es debido a los diferentes niveles que constituye un mantenimiento preventivo, las cuales inician con una observación diaria que realiza el operario antes de iniciar con la operación de esta manera comprueba que todas las funciones estén operativas y sin ningún defecto, luego se realiza la inspección mensual las cuales se realizan según una planificación de actividades que lo debe realizar un encargado para que revise la lubricación, presión de aceite, sistemas eléctricos, sistemas hidráulicos, entre otros. Finalmente se realiza la inspección general la cual con lleva una revisión de todos los componentes de la unidad, como la nivelación de la grúa, el juego del cojinete del eje principal, el paralelismo de guías respecto a las líneas de centro, ajuste de chavetas, cojinete, embragues, también se realiza el cambio de piezas desgastadas, cambio de correas entre otros elementos que requieran su sustitución (2008).

Estos niveles se tomarán en cuenta para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para grúas hidráulicas articuladas.

- **Mantenimiento Predictivo:** Según el autor Garrido menciona que conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento necesario identifica variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos (2003, p. 17).

#### 2.2.4. Indicadores de Mantenimiento

- **Confiabilidad**

Según Martínez y García la confiabilidad de un equipo es determinado por medio de la frecuencia en las cuales se presentan las fallas en un determinado periodo (2017, p. 63).

Según el sitio web INFRASPEAK (2022) menciona que el MTBF representa el promedio del tiempo que transcurre entre dos averías en un mismo equipo, por donde se debe tener como meta su incremento, pues esto significaría menos interrupciones, matemáticamente es la relación entre la diferencia de horas acumuladas (tiempo total disponible) y el Horas acumuladas de intervenciones (tiempo de inactividad) el resultado es dividido entre el número de intervenciones (número de paradas), según lo citado por ambas fuentes se interpreta que el cálculo del MTBF está relacionado con el indicador de la confiabilidad, está definido como:

$$MTBF = \frac{\text{Horas acumuladas del equipo} - \text{Horas acumuladas de intervenciones}}{\text{Numero de intervenciones}} \dots (2.1)$$

- **Mantenibilidad**

Según Martínez y García la mantenibilidad es la probabilidad de que un equipo pueda regresar a su estado operativo después de una falla mediante una reparación que implica la ejecución de unas ordenes de trabajo de mantenimiento (2017, p. 64).

Según el sitio web INFRASPEAK (2022) menciona que el MTTR es estimación de la probabilidad de completar una acción de reparación en un periodo de tiempo determinado, así mismo este indicador es utilizado para determinar la mantenibilidad mediante menor sea el tiempo medio de reparación, más probable será que se corrija una avería por lo que la mantenibilidad será mayor, esto se calcula entre el tiempo total de intervenciones al equipo (Tiempo total de mantenimiento) y el número de

intervenciones (número de averías) como se muestra en la siguiente ecuación:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de intervenciones al equipo}}{\text{Numero de intervenciones}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde:

- **Tiempo Total de intervenciones al equipo:** Esta definido como el tiempo que se invierte en darle mantenimiento al equipo.
- **Número de intervenciones:** Esta definido como la cantidad de intervenciones realizadas al equipo en un intervalo de tiempo.

- **Disponibilidad**

Según Mora, menciona la disponibilidad como la probabilidad de que un dispositivo funcione satisfactoriamente durante el período de tiempo requerido cuando se usa en condiciones estables (2009, p. 67), por lo cual el autor en la ecuación 4.2 (Relación de disponibilidad, p. 76) formula que la disponibilidad es igual a la confiabilidad dividida por la suma de la confiabilidad más la mantenibilidad, por lo que para el cálculo de confiabilidad y mantenibilidad, formulamos las siguientes ecuaciones con relación al MTBF y MTTR.

$$\text{Disponibilidad del equipo} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \dots\dots\dots (2.3)$$

### 2.2.5. Herramientas de Calidad para la mejora del mantenimiento

- **Definición de las Herramientas de Calidad**

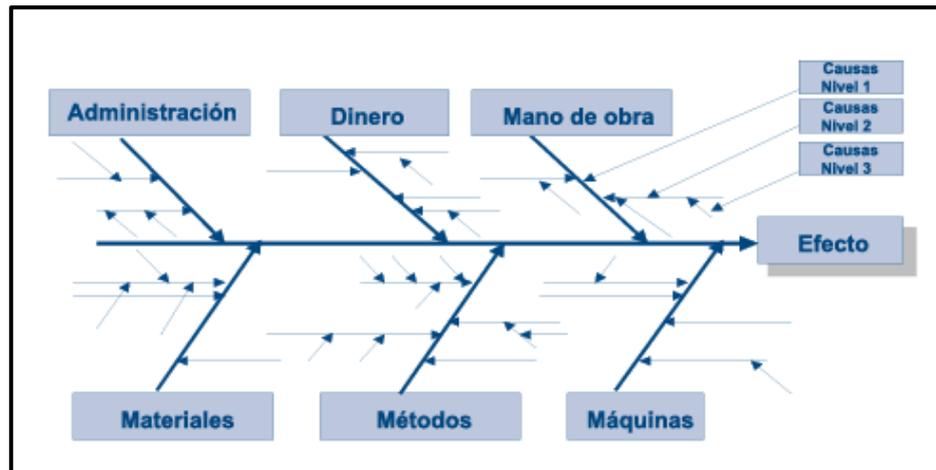
Según UNIT (2009) menciona que los equipos comienzan su trabajo lo más importante es que se vinculen positivamente entre sí y que se establezca el clima propicio para que cada uno de ellos se sienta libre de expresar sus ideas, sus propuestas y sus opiniones.

- **Tipo de las Herramientas de Calidad**

- **Diagrama de Causa y Efecto de Ishikawa**

Según el UNIT describe que el diagrama de causas-efecto de Ishikawa, [...] es un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos, los cuales pueden ser controlables (2009, p. 24).

Figura 2.1. Ejemplo diagrama de Ishikawa



Fuente: Herramientas para la mejora de la calidad (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas 2009).

Según los autores Heizer y Render (2009) mencionan que el diagrama de causa y efecto, también es conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado, consiste en una representación gráfica sencilla en la que se aprecia una especie de espina central en relación, que es una línea en el plano horizontal que representa el problema a analizar, escrita a la derecha del mismo.

Este enfoque es muy útil y ofrece beneficios importantes, especialmente en la mejora del conocimiento de los empleados, ya que proporciona una forma de conversar sobre los problemas de la fábrica. El uso de diagramas ayuda a los equipos a prepararse para enfoques complementarios, que requieren un mayor grado de disciplina y experiencia en el trabajo en equipo.

Se puede utilizar un enfoque de calidad como primer paso para mejorar problemas esporádicos que también deben eliminarse; una vez que se logran estas mejoras y como parte de un proceso de mejora continua, se puede continuar trabajando para eliminar los factores causales utilizando el enfoque recomendado por TPM.

- **Matriz FODA**

Según Armijos y Moyota define el término FODA mediante un acrónimo formado por las siglas de las cuatro palabras: Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas. En estas cuatro variables, las fortalezas y debilidades son internas por lo que se puede actuar directamente sobre ellas. Por otro lado, las oportunidades y amenazas son externas por lo que generalmente es difícil modificarlas, pero tener un plan para mitigarlas (2013, p. 25).

- **Identificación de las variables estratégicas**

Para la identificación de las variables de estrategia, utilizaremos la matriz de estrategia clave. Esta matriz describe las estrategias que resultan de la combinación de una o más variables de la matriz FODA, que al correlacionarse forman las estrategias de ataque y defensa de una organización.

- **Estrategias FO.** Usan sus fortalezas internas con el propósito de explotar oportunidades externas.
    - **Estrategias DO.** Su objetivo es mejorar las debilidades internas mediante la explotación de oportunidades externas.
    - **Estrategias FA.** Emplean sus puntos fuertes para evitar o reducir el impacto de las amenazas externas en la empresa.

- **Estrategias DA.** El objetivo es reducir las vulnerabilidades internas para evitar el impacto de las amenazas externas.

Tabla 2.1. Síntesis FODA

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<b>Capacidad directiva</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Iniciativa y voluntad de los integrantes del departamento de mantenimiento.</li> <li>✓ Permanecía de los miembros del departamento de mantenimiento.</li> </ul>	<b>Factor económico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Disminución de costos por mantenimiento.</li> <li>✓ Aumento de disponibilidad de los sistema, subsistemas, equipos y componentes.</li> </ul>
<b>Capacidad competitiva</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidad de emprendimiento.</li> <li>✓ Capacidad de organización.</li> <li>✓ Actitud visionaria.</li> </ul>	<b>Factor político</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Participación conjunta de todos los integrantes del departamento de mantenimiento.</li> </ul>
<b>Capacidad financiera</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducción de costos operativos de mantenimiento.</li> </ul>	<b>Factor social</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacitación, equipamiento y recursos económicos.</li> </ul>
<b>Capacidad tecnológica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Equipamiento tecnológico moderno.</li> </ul>	<b>Factor tecnológico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Avance de tecnología para tratamiento del usuario.</li> </ul>
<b>Capacidad en talento humano</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Personal motivado, adecuado, experiencia y cultura organizacional.</li> </ul>	<b>Factor geográfico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Atención inmediata a cualquier área.</li> <li>✓ Accesibilidad a aeropuertos y helipuertos militares.</li> </ul>
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>Capacidad directiva</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El monto del presupuesto de mantenimiento es limitado.</li> <li>✓ Desconocimiento de estrategias de mantenimiento.</li> <li>✓ Ausencia de tecnología o sistemas informáticos.</li> </ul>	<b>Factor económico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Disminución de presupuesto de mantenimiento.</li> <li>✓ Desconfianza ante las nuevas políticas del Gobierno.</li> <li>✓ Inestabilidad política y económica en el país.</li> </ul>
<b>Capacidad competitiva</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limitada cultura de mantenimiento por parte de los directivos de HB 11 BCB.</li> </ul>	<b>Factor político</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Jerarquías militares.</li> </ul>
<b>Capacidad financiera</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Deficiencia equipo para realizar tareas de mantenimiento.</li> </ul>	<b>Factor social</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Constantes cambios tecnológicos en el mantenimiento.</li> </ul>
<b>Capacidad tecnológica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidad de emprendimiento.</li> <li>✓ Capacidad de organización.</li> </ul>	<b>Factor tecnológico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Disminución de costos por mantenimiento.</li> </ul>
<b>Capacidad en talento humano</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Duplicidad y repetición de procesos de mantenimiento.</li> <li>✓ Personal realizado tareas militares.</li> </ul>	<b>Factor geográfico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rotación del personal militar.</li> </ul>

Fuente: Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para el hospital de la brigada N° 11 galápagos (ARMIJOS BOLAÑOS y MOYOTA FLORES 2013).

### 2.2.6. Camión Grúa Hidráulica Articulada

Según el sitio web el autor Mena (2020) menciona los siguiente: “Una grúa articulada es una variante de las grúas no giratorias que han sido diseñadas para trabajar y viajar en vías públicas. Este tipo se caracteriza porque es un equipo acoplado, sistema hidráulico y la pluma puede doblarse [...]. Cuando hay un trabajo pesado, la grúa articulada sobre camión es la opción perfecta cuando las grúas tradicionales no funcionan pertinentemente para realizar el trabajo en un menor tiempo y eficientemente”.

Figura 2.2. Camión Grúa Hidráulica Articulada



Fuente: Palfinger (PALFINGER 2022).

- **Camión**

Según el sitio web el autor Bembibre (2010) menciona que los camiones son uno de los medios de transporte y transporte de carga más populares e importantes en la sociedad actual. Esto es así porque los camiones pueden mover cargas importantes de diversos elementos y productos desde alimentos hasta insumos para la industria pesada. De esta forma, los camiones compiten con los trenes de carga que pueden manejar más carga, pero no caben en tantos espacios y rutas como los camiones. Un camión es un vehículo motorizado con una sección denominada "cabina" en la que se sienta el conductor, ayudante o acompañante y cuya

función principal es la de actuar como contenedor de dirección y dirección de todo el vehículo. La parte trasera del camión es donde se coloca toda la carga y ocupa la mayor parte del espacio. Esta pieza es la más pesada de todas y puede variar mucho en tamaño, forma, diseño o elementos accesorios como aberturas o materiales.

- **Motor:** Según el diccionario técnico del autor Müller define como el mecanismo combinado de los componentes que combinan la energía térmica del combustible en fuerza mecánica.

Según el sitio web con el autor Planas define que el motor es una maquina capaz de transformar una fuente de energía, que puede ser en forma química (en presencia de un combustible), eléctrica o térmica, en una energía mecánica o trabajo mecánicamente continuo (2018).

Figura 2.3. Motor

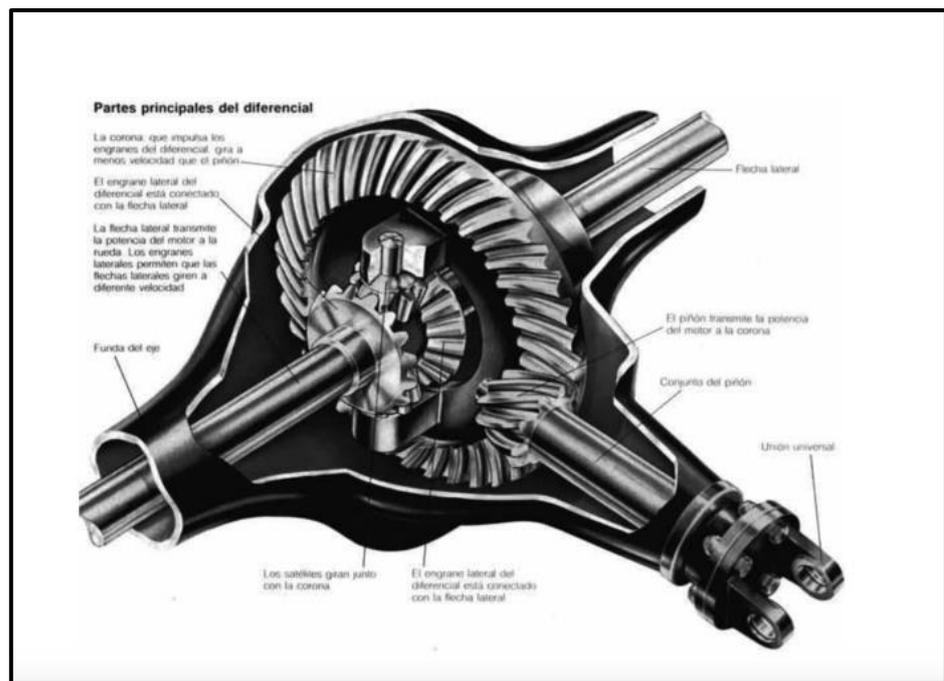


Fuente: DEMOTOR (PLANAS 2018)

- **Diferencial:** Según el sitio web DERCO (2022) menciona lo siguiente que el diferencial de un auto es un conjunto de engranajes clave dentro del sistema de transmisión, ya que, en líneas generales, permite que las ruedas motrices giren a distintas velocidades.

Según el sitio web con autor García menciona que el diferencial es el componente encargado de trasladar la rotación que viene del motor hacia las ruedas encargadas de la tracción. Este componente permite que las llantas de la derecha y de la izquierda giren a velocidades distintas, según la curva que estés tomando (2022).

Figura 2.4. Partes principales del diferencial



Fuente: MemoLira (GARCIA, Bélgica 2022).

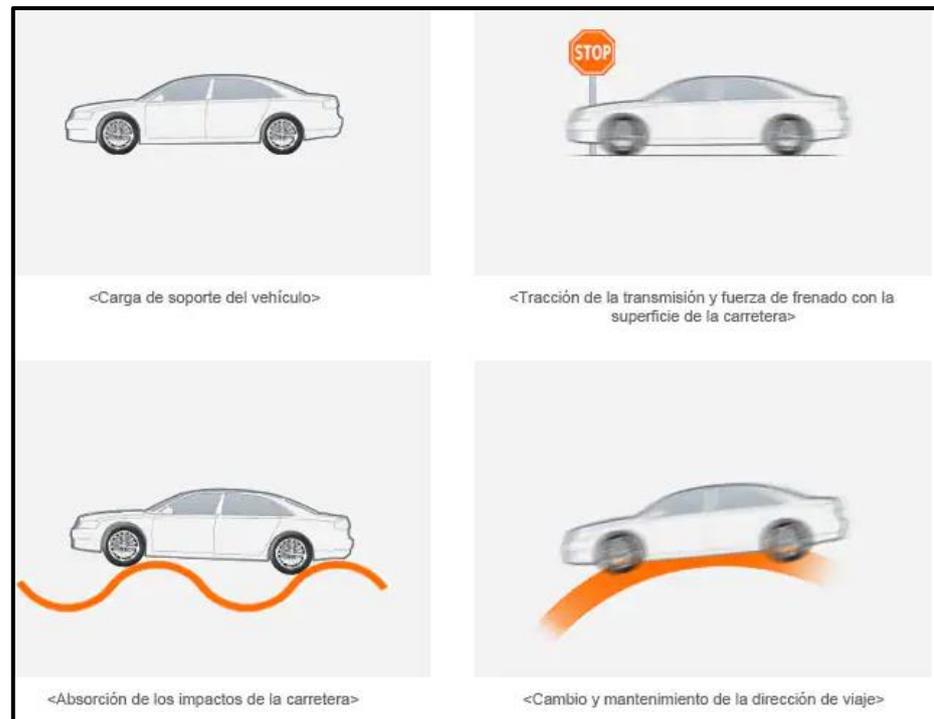
- **Sistema Eléctrico:** Según el sitio web Redacción (2017) menciona lo siguiente: “De acuerdo con International, el sistema eléctrico de un camión no solo está formado por las baterías, existen otros componentes y sistemas que también deben pasar por inspección y mantenimiento para que la unidad se desempeñe en óptimas condiciones.”

Según el sitio web con el autor García (2022) menciona lo siguiente: “Este se compone de conjuntos de circuitos eléctricos, cada uno enfocado a un sistema específico. [...] hablamos de la

fuerza de energía del camión, contamos con tres componentes: la batería, el alternador y el motor de arranque.”

- **Frenos de Servicio:** Según el autor Cordero (2010) menciona lo siguiente: “Un freno es un mecanismo para lentificar, detener o sujetar un objeto. Los frenos se pueden aplicar con la fuerza aplicada en el pedal, al empujar o tirar de palancas por medio de varillajes mecánicos y también con sistemas neumático de aire [...]. Un freno de dos zapatas de expansión interna tiene dos zapatas rígidas articuladas por un extremo en el plato de anclaje. Tiene un resorte que mantiene las zapatas juntas entre si cuando el freno este suelto y una excéntrica entre las dos puntas de las zapatas que se hace girar con el varillaje y las empuja para separarlas y empujarlas contra el tambor para aplicar el freno.”
- **Neumáticos:** Según el autor Hankook (2022) menciona lo siguiente: “Los neumáticos están diseñados para soportar el peso del vehículo, absorber los impactos de la carretera, transmitir la tracción, las fuerzas de par y de frenado a la superficie de la carretera y mantener y cambiar la dirección de la marcha. Para cumplir estas cuatro funciones básicas, los neumáticos se elaboran con caucho flexible y se rellenan con aire comprimido. La cámara de aire de un neumático sirve para mantener la presión de aire adecuada, aunque no es capaz de retener por sí sola el aire a presión lo suficientemente elevado como para soportar el peso del vehículo, ni es lo suficientemente resistente para soportar los daños o impactos.”

Figura 2.5. Principales funciones de un neumático



Fuente: Hankook (Hankook 2022)

- **Grúa Hidráulica Articulada**

Según el sitio web con autor Elebia (2021) menciona lo siguiente: “También conocidas como grúas de carga, o grúas recogedoras, las grúas hidráulicas son maquinas que se utilizan para levantar objetos de gran peso. Aunque se parece mucho a una tradicional, tiene una característica distintiva: una pluma que puede doblarse [...]. Todas las grúas hidráulicas articuladas sobre camión tienen dos plumas, una principal y otra externa, conectadas por un nudillo. Esta característica permite que la grúa sea más flexible y versátil. Además, facilitan el plegado en un tamaño más pequeño y, al mismo tiempo, puede extenderse más para alcanzar cargas a distancias. Todo eso las hace más útiles que las grúas rígidas”.

- **Puesto de Mando:**

Según los autores Centeno y Leon (2021) menciona lo siguiente: “Es un sistema de control sofisticado que facilita la operatividad de la grúa, ayuda al operador en la visibilidad del izaje, el puesto de mando se caracteriza por que en su pantalla figura la capacidad de

carga, el horómetro de la grúa, fallas de la grúa (monitoreados por un sensor de posición y de ángulo), diagrama de carga, temperatura del equipo en tiempo real, porcentaje (%) de trabajo de grúa. El puesto de mando portátil tiene la ventaja de que el operador pueda movilizarse para visibilizar la carga a una distancia adecuada, con la finalidad de tener menos incidentes. El puesto de mando está constituido por dos baterías una principal y auxiliar, también cuenta con un cable de batería el cual puede ser conectado directamente a la grúa para casos de emergencia y finalmente los equipos cuentan con un manual de instrucción de operación de control inalámbrico”.

- **Dimensiones y alcance de la grúa articulada**

Para esto se debe de conocer el diagrama de carga, las cuales están descritas por el fabricante y estas se diferencian entre marcas y modelos, ya que según la capacidad y las características de la grúa articulada estará diseñada para poder izar cargas y a medida se extiende las telescópicas la capacidad de las grúas disminuye.

Según el autor Oré (2018) menciona lo siguiente: “Todas las grúas sin excepción cuentan, cada una, con sus respectivas tablas de carga. Un diagrama que todo operador debe saber leer y usar antes de realizar cualquier tipo de maniobra de carga con una grúa. Ya que la tabla de carga de una grúa, en resumen, especifica su capacidad de carga, detallando sus características y como varía su capacidad de elevación considerando la distancia y el ángulo”.

- **Sistema hidráulico**

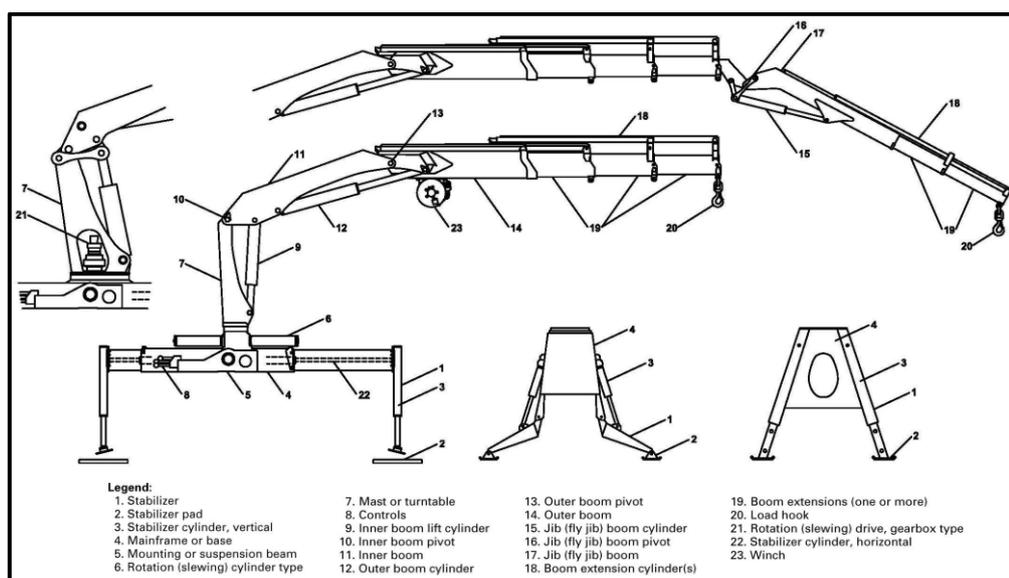
Según los autores Centeno y León (2021) mencionan lo siguiente: “Conformado por un mecanismo de bombeo a presión de un líquido (aceite hidráulico) el cual crea una presión que genera el movimiento de los pistones y la presión en el sistema hidráulico del

equipo. La válvula hidráulica ayuda a regular los flujos de aceite hidráulico en el brazo articulado, generando movimiento de grandes cargas. La ventaja de utilizar un sistema hidráulico en camiones grúas es porque es simple y se puede multiplicar la fuerza de acuerdo a lo requerido al accionar el equipo. En los camiones de grúa articulada el sistema hidráulico está constituido por una bomba principal, pistones hidráulicos, electroválvulas, cajas de retención hidráulicas, cañerías de alta presión y una caja de toma fuerza; las cuales deben ser inspeccionados para prever alguna fuga de aceite hidráulico, y verificar cualquier desgaste del brazo de la grúa”.

### 2.2.7. Características del Camión Grúa Hidráulico Articulado

Según el autor Mena (2020) menciona que la versatilidad de una grúa articulada la convierte en el aliado ideal de todos los operarios, esto es debido a su construcción compacta, facilidad en el izaje de cargas, protección contra sobrecargas, control remoto según su modelo, estabilizadores manuales e hidráulicos, accesorios que son instalados en el extremo de la pluma para un determinado trabajo.

Figura 2.6. Partes de la grúa hidráulica articulada



Fuente: Norma ASME B30.22 (ASME B30.22 2016)

Donde sus partes son las siguientes según lo define la norma ASME B30.22:

- **Estabilizador:** Un miembro extensible o fijo unido a la base de montaje para aumentar la estabilidad de la grúa, pero que puede no tener las capacidades de aliviar la totalidad del peso de las ruedas o pistas.
- **Almohadilla estabilizadora:** El miembro estructural que distribuye unidad de carga sobre la superficie de suelo.
- **Cilindro estabilizador vertical:** Un cilindro hidráulico que baja ERS la almohadilla estabilizadora a la superficie del suelo.
- **Unidad central (base):** La base estacionaria de la grúa que soporta el mástil o plato giratorio.
- **Viga de montaje o suspensión:** Elemento estructural utilizado en el concepto de montaje de tres puntos que permite que el chasis del bastidor gire y transfiera la carga de la grúa a los rieles del chasis.
- **Tipo de cilindro de rotación:** Elemento estructural utilizado en concepto de montaje de tres puntos, que permite que el chasis marco para torcer y cubrir la carga de la grúa en rieles del chasis.
- **Mesa giratoria (tornamesa o piñón):** Bastidor para soportar la pluma desde el bastidor principal o la base.
- **Controles:** Es un método para controlar la función de movimiento de una grúa. Esta puede estar ubicado en una cabina, plataforma, asiento elevado o una estación de control. La cual puede ser conectada directamente a la grúa y el operador donde él pueda sentarse o pararse en la grúa, esto puede ser en:
  - Suelo o Piso: Se conecta directamente a la estación de control de la grúa, pero con el operador parado en el suelo, no la grúa.

- **Remoto:** Una estación de control fija o móvil que no está directamente conectada a la grúa. Puede ser de control eléctrico (alámbrico o inalámbrico) o hidráulico.
- **Cilindro de elevación del brazo interior:** Un cilindro hidráulico que levanta el brazo interior.
- **Pivote interior de la pluma:** Un pasador horizontal que sube o baja el brazo interior en relación con el mástil.
- **Pluma interior:** Elemento estructural fijado al mástil para soportar el brazo exterior.
- **Cilindro de pluma exterior:** El cilindro hidráulico que sube y baja el brazo exterior en relación con el brazo interior.
- **Pivote de la pluma exterior:** Pasadores horizontales que elevan y bajan el brazo exterior en relación con el brazo interior.
- **Pluma exterior:** Miembro estructural unido al brazo interior para soportar el brazo giratorio.
- **Jib (plumín):** Conjunto de pluma fija o articulada, con o sin una sección de pluma telescópica unida a la pluma exterior.
- **Cilindros de extensión de la pluma:** Cilindros hidráulicos que prolongan la extensión de la pluma.
- **Extensiones de pluma:** Un miembro estructural que se extiende y generalmente está ubicado en o por encima del brazo exterior o brazo colgante.
- **Gancho de carga:** Componente estructural unido a un brazo exterior, brazo oscilante, extensión o línea de carga y utilizado para asegurar una carga a una grúa.
- **Accionamiento de rotación:** Un mecanismo que impulsa un mástil o plataforma giratoria.
- **Cilindro estabilizador horizontal:** Estabilizador extiende un cilindro hidráulico por medio de este.
- **Cabrestante:** Moto tambor capaz de levantar y bajar cargas.

### **2.2.8. Izaje de cargas**

Según el autor Ruda menciona que el izaje de cargas es una operación mecánica que se realiza para mover objetos que no pueden ser transportados manualmente por su complejidad y su alta responsabilidad en la industria (2015, p. 15).

### **2.2.9. Norma para Grúas Articuladas**

La norma que emplearemos para el mantenimiento preventivo, procedimiento del mantenimiento, ajustes y reparaciones de las grúas articuladas según la norma ASME B30.22 (Section 22-2.3), la cual describe la acción a realizar según (2016, p. 25, 26) y se detalla en el anexo 13.

## **2.3. Marco conceptual**

En el presente marco conceptual se observará el desarrollo de la investigación del trabajo de tesis. En la cual se expondrá los conceptos del objeto de estudio y en la cual servirá como sustento teórico para nuestra tesis titulada “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Disponibilidad de las Grúas Hidráulicas Articuladas de la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.”.

### **2.3.1. Diseño**

Según el autor Elisava (2021) menciona que el diseño es la práctica profesional de crear productos, objetos, espacios y servicios utilizados por las personas desde la cultura formal, el arte y la tecnología. Se considera una actividad creativa que tiene como fin proponer objetos que sean útiles y estéticos. Ya sean artesanales o industriales.

Según el autor Romo (2021) menciona que el diseño, es decir, la manera de materializar la obra depende en gran medida de los criterios con los que el ingeniero encara el proyecto, de su experiencia personal y, en general, de su forma de entender la aplicación práctica de la profesión.

Según los autores podemos inferir que el diseño es la capacidad innovadora del ser humano para poder crear y dar forma según su perspectiva y criterio con raciocinio.

### **2.3.2. Plan de Mantenimiento Preventivo**

Según el autor Garrido menciona que el plan de mantenimiento preventivo contiene una serie de gamas de mantenimiento agrupadas según su periodicidad, las cuales tendrán tareas preventivas a realizar (2003, p. 284).

Donde inferimos que el mantenimiento preventivo es la prolongación de la vida útil de las grúas hidráulicas articuladas en donde se evitara fallos.

### **2.3.3. Disponibilidad**

Según el autor Mora la disponibilidad es la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables (2009, p. 67).

Según el autor Pérez la disponibilidad puede definirse como la probabilidad de que una maquina sea capaz de trabajar cada vez que se le requiera (2021, p. 39).

Según los autores podemos inferir que la disponibilidad es una probabilidad en donde la grúa hidráulica articulada opera sin alguna avería y de manera constante.

### **2.3.4. Recopilación de datos**

Según el autor Duffaa la recopilación mediante un enfoque científico nos permite la solución de problemas y la utilización de formatos que contengan los datos correctos. Por ello se debe tener el cuidado de

recopilar los datos necesarios empleando los métodos correctos (2000, p. 258).

Según el autor podemos inferir que la recopilación de datos es importante ya que con ellos se podrá realizar el análisis teniendo en cuenta un correcto registro para identificar los problemas.

### **2.3.5. Análisis Situacional**

Según el autor Garrido menciona dentro de su fase previa la determinación de la situación actual, para ello conocer la situación en la que se encuentra la empresa en el momento de iniciar con el estudio. Donde por medio de una auditoria nos permitirá identificar los aspectos importantes y determinar oportunidades de mejora con la finalidad de conocer dónde estamos y hacia dónde queremos dirigirnos (2003, p. 281).

Según los autores Centeno y León mencionan que el diagnóstico y análisis de la situación actual permitirá identificar los problemas mediante una observación directa en la recopilación de datos a analizar por lo que emplea una matriz FODA (2021, p. 64).

Según los autores el análisis de la empresa antes de poder realizar alguna mejora se debe de conocer la problemática que conlleva y para ello se debe de utilizar herramientas que nos permitan identificar la problemática de la empresa en estudio.

### **2.3.6. Planificación**

Según el autor Garrido menciona que es necesario planificar la realización de lo establecido dentro de cada gama o ruta que contiene el plan elaborado por lo que es determina a qué hora se realizara la actividad (2003, p. 94).

Según el autor en la planificación se debe de haber conocido la problemática con la finalidad de poder elaborar el plan de mantenimiento

y por medio de una serie de pasos las cuales estén dentro del plan detallar las actividades a realizar las cuales estén establecidos en un determinado tiempo.

### 2.3.7. Ejecución

Según el autor Garrido en la puesta en marcha inicial menciona que el plan de diseñado cuando se plantea y se ejecuta por primera vez debe ser practico aun que el plan sea imperfecto esto es debido a que se debe de realizar a que no se lleve a cabo buscando la perfección (2003, p. 284).

Según el autor la ejecución en su aplicación debe de ejecutarse y teniendo en cuenta que nuestro diseño es aplicado por primera vez, aunque este no sea perfecto tiene la finalidad de poder incrementar la disponibilidad estableciendo como hito las actividades y periodos donde se realizara el mantenimiento de esta forma poder aumentar la vida útil de la grúa.

## 2.4. Definición de términos básicos

- **Correctivo:** Esto es lo que debe hacer para corregir un defecto o una falla no deseada.
- **Criticidad:** Es una metodología que nos ayuda a priorizar sistemas de trabajo, procedimiento, equipos o maquinarias en función de su impacto que ocasionen al conjunto, en otras palabras, brinda una jerarquía de importancia según su impacto global.
- **Falla:** Es la denominación que se le asigna a un desperfecto que tiene un equipo o maquinaria, impidiendo su funcionamiento a plena carga o incluso su paralización.
- **Historial del mantenimiento:** Es un formato utilizado para registrar los trabajos de mantenimiento a un determinado equipo, con el fin de dar seguimiento al mismo.

- **Indicador:** Es parte del sistema de gestión que brinda una data la cual es transformada en información por medio de la interacción humana con el fin de ayudar a la toma de decisión o en la planificación.
- **Pistones hidráulicos:** Son sistemas hidráulicos que se utilizan para proporcionar fuerza a través de un recorrido lineal formado por un cilindro y un pistón conectado a un vástago, donde la energía se obtiene mediante un fluido a presión.
- **Estabilizadores:** Es una plataforma de grúa de soporte de alta capacidad de soporte de carga vertical.
- **Controles o mandos:** Son dispositivos resistentes que cuentan con emisores y receptores de radio o hidráulicos, que transmite las acciones a los componentes de la grúa para su operación de forma manual o de forma remota.
- **Telescópicas:** Son las estructuras que conforman el brazo metálico que se extiende y contrae, también llamado pluma, la cual ejecuta un alargamiento y retracción al momento de trasladar la carga en un radio operativo.
- **Tornamesa:** Consiste en un conjunto de dispositivos y engranajes que transmiten fuerzas (momentos de carga, fuerzas horizontales y verticales) desde la estructura giratoria hasta la base de la grúa.

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

El diseño del plan de mantenimiento preventivo permite incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- El levantamiento de información permite analizar la situación del mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.
- El análisis situacional permite la planificación de los trabajos de mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.
- La planificación del mantenimiento preventivo permite su aplicación en las grúas hidráulicas articuladas de la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.
- La aplicación del plan de mantenimiento permite incrementar la confiabilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.
- La aplicación del plan de mantenimiento permite incrementar la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.

### 3.1.1. Operacionalización de variables

Tabla 3.1. Tabla de indicadores de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Método	Técnica
<b>Plan de Mantenimiento Preventivo</b>	(GARCIA GARRIDO 2003, p. 284). "El plan de mantenimiento preventivo contiene una serie de gamas de mantenimiento agrupadas según su periodicidad, las cuales tendrán tareas preventivas a realizar"	Determina el alcance del trabajo a realizar y los equipos que se van analizar	Levantamiento de información	Área de mantenimiento de las grúas	m <sup>2</sup> (Área)	Analítico - Sintético	Documental y empírico
				Reporte de mantenimiento	Hrs		
		Estudia el entorno, analizar dificultades, fallas, oportunidades y riesgos	Análisis situacional	Criticidad de los equipos	% (Porcentaje)		
		Supervisión de condiciones para evaluar la necesidad de trabajo de mantenimiento	Planificación	Orden de trabajo	Hrs		
				Ocurrencia de fallas	Hrs		
		Puesta en práctica el plan de mantenimiento para corregir fallos, mejorar, implementar o desarrollar nuevas acciones.	Aplicación	Indicadores de mantenimiento	% (Porcentaje)		
<b>Disponibilidad</b>	(MORA GUTIÉRREZ 2009, p. 67). "La disponibilidad es la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables"	Consiste en que el equipo trabaja en un determinado tiempo y en la cual no se interrumpe la operación	Confiabilidad	MTBF	Hrs		
		Consiste en la probabilidad de que un equipo defectuoso pueda ser reparado en un tiempo programado	Mantenibilidad	MTTR	Hrs		

## IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

### 4.1. Diseño metodológico

La investigación se caracteriza por ser de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y diseño de investigación experimental.

- **Tipo Aplicada:** Según el autor Valderrama menciona que la investigación aplicada busca conocer para que se pueda hacer, actuar, construir y modificar sobre una realidad concreta, por ello se plantea soluciones concretas, reales, factibles y necesarias a los problemas que se plantea (2013, p. 164).

Por ello la investigación está orientado a elaborar un plan de mantenimiento donde se implementó para incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas pertenecientes a la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

- **Diseño de investigación experimental:** Según el autor Valderrama menciona que se manipulan una o más variables independientes de una forma deliberada para que se pueda observar los efectos en las variables dependientes (2013, p. 176).

La investigación es experimental debido a que manipulara la variable independiente que en nuestra investigación es el plan de mantenimiento preventivo, para poder analizar los datos recopilados e historial de mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas que nos permita identificar el incremento deseado en la variable dependiente que es la disponibilidad.

- **Nivel pre experimental:** Según el autor Valderrama menciona en el diseño de un grupo que existe pre prueba y pos prueba lo cual indica que existe tres etapas, la cual inicia con administrar una prueba preliminar con la finalidad de medir la variable dependiente, luego la aplicación en nuestra muestra para que finalmente en la pos prueba se medirá nuevamente la variable dependiente (2013, p. 60).

En nuestra investigación abarcaremos el diseño de un grupo con pre prueba y pos prueba, ya que se recolectará la data antes y después de haber aplicado el plan de mantenimiento preventivo para grúas hidráulicas articuladas con la cual se observará el incremento deseado de la disponibilidad.

- **Enfoque Cuantitativo:** Según el autor Valderrama menciona que se emplea la recolección y análisis de los datos recolectados que permitan contestar la formulación de los problemas de investigación mediante métodos estadísticos de manera objetiva para verificar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas (2013, p. 111).

Se realizará la recolección de datos y las cuales serán medibles, analizando los fenómenos presentes en las grúas y así dar una solución para incrementar la disponibilidad de las grúas.

- **Estudio Longitudinal:** Según el autor Valderrama menciona que se analizan los cambios en un determinado periodo de tiempo en determinadas variables o las relaciones que existen entre estas variables. Donde los diseños longitudinales se dividen en tres (tendencia, evolutivo y panel) (2013, p. 71).

Para nuestra investigación se empleará el estudio longitudinal tipo panel debido a que se toma la misma muestra (07 grúas hidráulicas articuladas de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.) para la medición de todos los tiempos empleados y descritos en el plan de mantenimiento preventivo diseñado.

#### **4.2. Método de investigación**

El método de investigación del informe final de tesis es de forma analítico y sintético, en la cual estudia los hechos descomponiendo el objeto de estudio para estudiarlo de forma individual, luego unir y estudiar el conjunto de forma general e integral.

#### **4.2.1. Método Analítico**

Según el autor Valderrama menciona que consiste en la descomposición de un todo en sus partes, con la finalidad que se pueda observar las relaciones y efectos. Donde es necesario conocer el fenómeno u objeto de estudio para comprender la esencia (2013, p. 98).

En nuestra investigación se descompondrá la grúa hidráulica articulada en sus partes desde los mecanismos de control, sistemas de seguridad, entre otros. Los cuales estos elementos podremos analizar su funcionamiento y nos permita identificar las fallas comunes de los componentes de las grúas.

#### **4.2.2. Método Sintético**

Según el autor Valderrama menciona que tiende a reconstruir un todo en partes de los elementos para el análisis (2013, p. 98).

Para nuestra investigación nos permite reconstruir los elementos los cuales nos permite identificar la relación entre los elementos que se relacionan donde se analizara las causas de las fallas que encontremos en los sistemas de la grúa hidráulica articulada para incrementar la disponibilidad.

Por lo citado anteriormente del método de investigación analítico y sintético emplearemos para nuestro estudio el método de la caja blanca y negra del autor Espinoza (2010, p. 58, 67), lo cual menciona sobre la transformación de las entradas en salidas. Por lo que partiremos de la descomposición de la grúa hidráulica articulada, donde estudiaremos las fallas operativas y la baja disponibilidad para diseñar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad.

Figura 4.1. Método de la Caja Blanca mediante el análisis sintético



En donde detallamos en la figura 4.1, por medio de la caja blanca tenemos como entrada las fallas operativas y la baja disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas, donde iniciaremos como primera etapa el levantamiento de información en donde identificamos el área de mantenimiento de las grúas, por el cual empezaremos la recopilación de información que nos permitirá analizar el mantenimiento aplicado y el histórico de fallas de las grúas.

Luego como segunda etapa realizaremos el análisis situacional donde evaluaremos por medio de una matriz FODA y Causa – Efecto, las fallas comunes que nos permitirá identificar la criticidad de los equipos para que en la tercera etapa de planificación podamos codificar las grúas y por medio de las Ordenes de Trabajo, la cual nos permitirá recopilar la data de ocurrencia de fallas y de esta manera finalmente en la cuarta etapa de aplicación por medio de los formatos de mantenimiento y el flujograma del proceso se recopila la data que nos ayuda a analizar los indicadores que nos permitirá evaluar el incremento en la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

Figura 4.2. Método de la Caja Negra



Por lo que el incremento de la disponibilidad podremos parte de nuestro proceso ilustrado en la figura 4.2, donde se visualiza el ingreso que son las fallas operativas y baja disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas, y a través de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo se obtendrá el incremento de la disponibilidad de las grúas.

### 4.3. Población y muestra

#### 4.3.1. Población

Según el autor Namkforoosh es importante definir la población en estudio; es decir, quien se va a estudiar. Si la población en estudio es pequeña deben estudiarse todos sus miembros; pero si es grande, es conveniente escoger una muestra representativa (2002, p. 77).

Según el autor Vara, es necesario distinguir entre quién participa en tu investigación como población y quién no. Los criterios de inclusión y exclusión son limitaciones que diferencian entre quienes participarán en el estudio y quienes no (2012, p. 222).

La muestra en estudio debe tener un comportamiento normal donde las 08 grúas pertenecientes a la empresa en estudio solo se verán influidas por el plan de mantenimiento preventivo y no por otras averías producto de la mala operación del operador u otros, por lo que se excluirá a las grúas que presenten una anomalía durante sus operaciones las cuales no sean producto del mantenimiento.

De lo mencionado podemos decir que la población que conforma el informe final de tesis son 07 grúas hidráulicas articuladas durante los seis meses según nuestra delimitación temporal, esto es debido a que la octava grúa tiene una anomalía durante el estudio, la cual es una falla producto de una mala operación del operador por lo que incurre a un daño a la grúa y por experiencia lo excluyo de la investigación.

#### **4.3.2. Muestra**

Según los autores Collado y Baptista mencionan que la muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Es un Subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (2014, p. 175).

Por ende, la muestra que se utiliza está conformada por 07 grúas hidráulicas articuladas de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

#### **4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado**

La ubicación de estudio del informe final de investigación es en las instalaciones de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C., ubicada en Av. Los Cisnes Mza. H2 Lote. 13C Urb. Lotización El Club (Reparto paralela a Ramiro Priale), Lurigancho, Lima. Donde el periodo desarrollado de estudio es de 6 meses, las cuales inician con los 03 meses antes de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo desde el mes de noviembre del 2021 hasta enero 2022 y luego los 03 meses de aplicación que inicia desde el febrero del 2022 hasta abril del 2022.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.**

##### **4.5.1. Técnicas**

Según los autores Yuni y Urbano menciona que la técnica es empírica y la dimensión de las técnicas de recolección de información es clave en el proceso metodológico. Esta dimensión del proceso metodológico intenta resolver una serie de cuestiones vinculadas a los procedimientos de

obtención de información, así como a su valoración como fuentes apropiadas para convertirse en datos científicos (2014, p. 27).

Por ello se utilizará la técnica empírica debido a que interactuamos con las grúas en estudio, para la recopilación de datos que nos permite obtener la información necesaria la cual será por medio de nuestro instrumento que es la orden de trabajo la cual nos permite analizar las variables e indicadores de la grúa durante el pre y pos prueba para poder evaluar la disponibilidad requerida.

Así mismo el autor Espinoza la técnica documental nos permite la recolección de evidencias y datos para demostrar nuestras hipótesis propuestas en la investigación”. Estas técnicas cuentan con instrumentos de recolección de documentos, por el cual para nuestro informe final de investigación la técnica empleada es documental y empírico (2010, p. 110).

Además, se utilizará la técnica documental con la cual se recopilará los datos y se registra en formatos como: codificación de las grúas, registro de datos inicial, recolección de datos y check list, también se recopila información del manual, certificado de operatividad y norma referente a las grúas hidráulicas articuladas.

#### **4.5.2. Instrumentos para la recolección de la información**

Según los autores Yuni y Urbano menciona que los instrumentos de recolección de datos son dispositivos que permiten al investigador observar y/o medir los fenómenos empíricos, son artefactos diseñados para obtener información de la realidad (2014, p. 33).

Donde emplearemos el siguiente instrumento para la recolección de datos empleando la técnica empírica:

- Orden de trabajo: Registro donde se contabiliza la cantidad de horas que se encuentra en reparación producto de una falla.

El instrumento de recolección empleando la técnica documental son:

- Identificación y codificación de las grúas
- Registro de datos inicial
- Recolección de datos (registro histórico)
- Check List
- Manual
- Certificado de Operatividad
- Norma

#### **4.6. Análisis y procesamiento de datos**

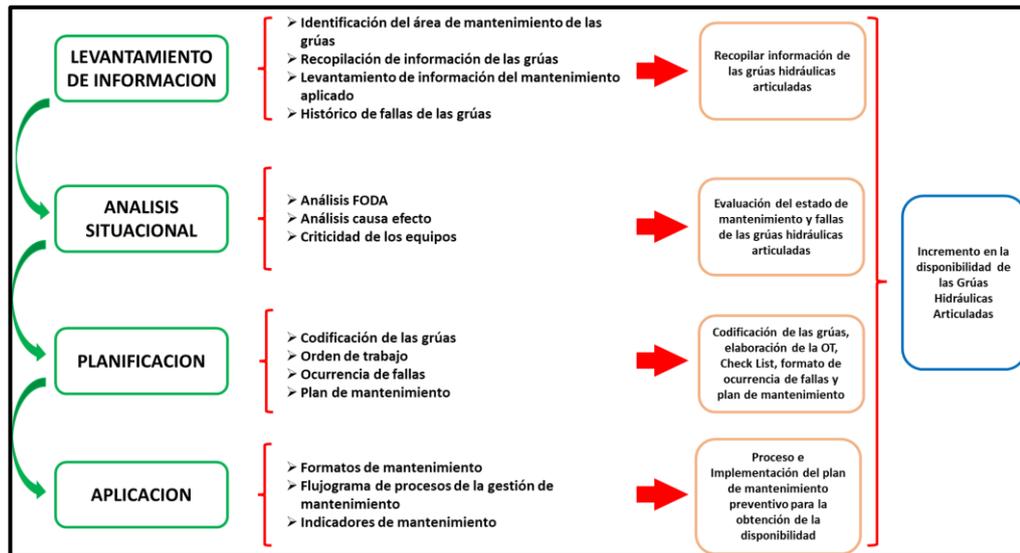
Con los datos recopilados se realizará los cálculos para determinar la disponibilidad de las grúas.

Teniendo en cuenta los conocimientos de las teorías fundamentadas para realizar el informe final de investigación, estableceremos las siguientes etapas:

- Etapa 1: Levantamiento de información
  - ✓ Identificación del área de mantenimiento de las grúas.
  - ✓ Recopilación de información de las grúas.
  - ✓ Levantamiento de información del mantenimiento aplicado.
  - ✓ Histórico de fallas de las grúas.
- Etapa 2: Análisis situacional
  - ✓ Análisis FODA
  - ✓ Análisis causa efecto
  - ✓ Criticidad de los equipos
- Etapa 3: Planificación
  - ✓ Codificación de las grúas
  - ✓ Orden de trabajo
  - ✓ Ocurrencia de fallas
  - ✓ Plan de mantenimiento

- Etapa 4: Aplicación
  - ✓ Formatos de mantenimiento
  - ✓ Flujograma de procesos de la gestión de mantenimiento
  - ✓ Indicadores de mantenimiento

Figura 4.3. Diagrama lógico de etapas del informe final de tesis



Las etapas propuestas son 4 las cuales están basados en las dimensiones de nuestras variables, por lo que en la primera etapa que es el levantamiento de información se iniciara con la identificación del área de mantenimiento de grúas, luego con la recopilación de información, levantamiento de información del mantenimiento aplicado anteriormente y el histórico de fallas de las grúas, con la finalidad de poder recopilar la información de las grúas hidráulicas articuladas y con la data podremos realizar la segunda etapa.

La segunda etapa se realizará el análisis situacional que empezaría con la elaboración del FODA, Causa – Efecto y analizando la criticidad de los equipos lo cual nos permite evaluar el estado del mantenimiento, fallas y la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas, con esta información podremos empezar a realizar la tercera etapa.

La tercera etapa se planificará los trabajos preventivos iniciando con la codificación, ordenes de trabajo y las ocurrencias de fallas que nos permite

poder clasificar y elaborar un plan adecuado para el mantenimiento preventivo que se aplicará en la cuarta etapa.

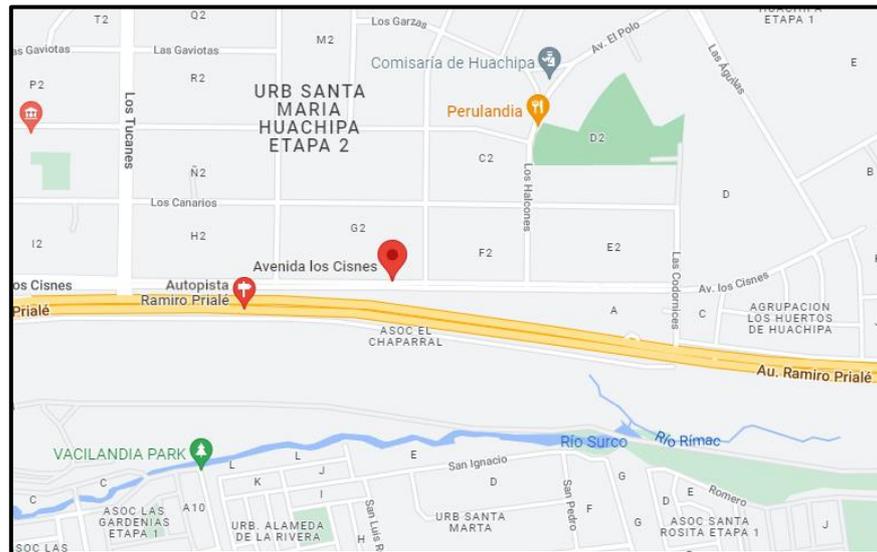
La cuarta etapa se realizará la aplicación lo cual tendrá los formatos de mantenimiento, flujograma del proceso de la gestión del mantenimiento y los indicadores de mantenimiento que nos permitan analizar la disponibilidad luego de la aplicación para poder visualizar el incremento en la disponibilidad.

#### 4.6.1. Etapa 1: Levantamiento de información

- **Identificación del área de mantenimiento de las grúas**

En la identificación del área donde se realiza el mantenimiento de las 07 grúas hidráulicas articuladas será en las instalaciones de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C., las cuales tendrá como espacio un taller que estará ubicada en Av. Los Cisnes Mza. H2 Lote. 13C Urb. Lotización El Club II Etapa (Reparto paralela a Ramiro Priale), Lurigancho, Lima.

Figura 4.4. Ubicación de CORPORACION ELMARVI S.A.C.



Fuente: Google Maps

Donde tiene aproximadamente 110 metros cuadrados para el servicio de mantenimiento de un total de 350 metros cuadrados.

- **Recopilación de información de las grúas**

Se recopiló los datos de identificación pertenecientes las 07 grúas hidráulicas articuladas en estudio.

Tabla 4.1. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB X-HIPRO 638E-8

DATOS DE IDENTIFICACION		IMAGEN DE LA GRUA
<b>Grúa Hidráulica Articulada</b>		
<b>Marca</b>	HIAB	
<b>Modelo</b>	X-HIPRO 638E-8	
<b>Serie</b>	6380163	
<b>Camión</b>		
<b>Marca</b>	SINOTRUK	
<b>Modelo</b>	ZZ5437V4667E1	
<b>Serie</b>	LZZ1BYNFXJN398462	

Tabla 4.2. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB 090 AW

DATOS DE IDENTIFICACION		IMAGEN DE LA GRUA
<b>Grúa Hidráulica Articulada</b>		
<b>Marca</b>	HIAB	
<b>Modelo</b>	090 AW	
<b>Serie</b>	90.118	
<b>Camión</b>		
<b>Marca</b>	HINO	
<b>Modelo</b>	FT	
<b>Serie</b>	JHDFT1JGSFXX10016	

Tabla 4.3. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB 550-5

DATOS DE IDENTIFICACION		IMAGEN DE LA GRUA
<b>Grúa Hidráulica Articulada</b>		
<b>Marca</b>	HIAB	
<b>Modelo</b>	550-5	
<b>Serie</b>	550.114	
<b>Camión</b>		
<b>Marca</b>	INTERNATIONAL	
<b>Modelo</b>	7600 SBA 6X4	
<b>Serie</b>	3HTWYAHT5JN051139	

Tabla 4.4. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB X-HIPRO 1058E-10

DATOS DE IDENTIFICACION		IMAGEN DE LA GRUA
<b>Grúa Hidráulica Articulada</b>		
Marca	HIAB	
Modelo	X-HIPRO 1058E-10	
Serie	10580145	
<b>Camión</b>		
Marca	FOTON	
Modelo	BJ3319DNPJ-A3	
Serie	LVBV7PEC3JT015981	

Tabla 4.5. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB X-HIPRO 1058E-10

DATOS DE IDENTIFICACION		IMAGEN DE LA GRUA
<b>Grúa Hidráulica Articulada</b>		
Marca	HIAB	
Modelo	X-HIPRO 1058E-10	
Serie	10580065	
<b>Camión</b>		
Marca	DAF	
Modelo	FAD CF85	
Serie	XLRAD85MCJG154922	

Tabla 4.6. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB 477E-6XS

DATOS DE IDENTIFICACION		IMAGEN DE LA GRUA
<b>Grúa Hidráulica Articulada</b>		
Marca	HIAB	
Modelo	477E-6XS	
Serie	4771029	
<b>Camión</b>		
Marca	HINO	
Modelo	FM	
Serie	JHDFM1AR7NXX10371	

Tabla 4.7. Datos de Identificación de la Grúa Hidráulica Articulada HIAB 330-5

DATOS DE IDENTIFICACION		IMAGEN DE LA GRUA
<b>Grúa Hidráulica Articulada</b>		
Marca	HIAB	
Modelo	330-5	
Serie	330-114	
<b>Camión</b>		
Marca	HINO	
Modelo	FM	
Serie	JHDFM2PRSGXX10553	

- **Levantamiento de información del mantenimiento aplicado**

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo específico para las grúas hidráulicas articuladas, por lo que ellos aplican son correctivos según la necesidad que tienen al momento de poner en operatividad una grúa.

Los registros de mantenimiento son las OT (Ordenes de Trabajo) para cada grúa, la cual contiene el personal encargado, piezas refaccionadas, horas hombre empleados en la reparación y la identificación de la grúa que se está reparando.

Donde se recopiló los siguientes datos de las 07 grúas hidráulicas articuladas en el periodo de noviembre del 2021 hasta enero del 2022.

El cual se utilizó el siguiente formato para el registro de información inicial que requerimos.

Figura 4.5. Registro de Datos Inicial

		<b>REGISTRO DE DATOS INICIAL</b>			
GRUA	FECHA (SEMANA)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	DESCRIPCION DE FALLA	TIEMPO DE FALLA (min)
<b>Marca:</b> <b>Modelo:</b> <b>Serie:</b>	1/11/2021				
	8/11/2021				
	15/11/2021				
	22/11/2021				
	29/11/2021				
	6/12/2021				
	13/12/2021				
	20/12/2021				
	27/12/2021				
	3/01/2022				
	10/01/2022				
	17/01/2022				
	24/01/2022				
	31/01/2022				

Tabla 4.9. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB X-HIPRO 638E-8 – Serie 6380163



**REGISTRO DE DATOS INICIAL**

GRUA	FECHA (SEMANA)	Horas de Operación	Nº de Intervenciones	Descripción de Falla	Tiempo de Falla (min)
<b>Marca: HIAB</b> <b>Modelo: X-HIPRO 638E-8</b> <b>Serie: 6380163</b>	1/11/2021	44	1	Falta de cambio en el aceite hidráulico	240
	8/11/2021	47	1	Batería del control remoto averiado	60
	15/11/2021	48	0		
	22/11/2021	34	3	Averiado el indicador de nivel, fuga en la manguera hidráulica y falta de engrase	840
	29/11/2021	32	2	Pistón del estabilizador con descenso	960
	6/12/2021	48	0		
	13/12/2021	48	0		
	20/12/2021	44	1	Deterioro de los filtros del sistema hidráulico	240
	27/12/2021	8	1	Daño en el sexto boom (telescópica)	2400
	3/01/2022	43	2	Descenso de la pluma y giro no controlado de la pluma	300
	10/01/2022	40	1	Falta Certificación de la grúa	480
	17/01/2022	47	1	Levantamiento de observación - Marcado de 03 puntos equidistantes	60
	24/01/2022	48	0		
	31/01/2022	48	0		

Tabla 4.10. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB 090 AW – Serie 90.118



**REGISTRO DE DATOS INICIAL**

GRUA	FECHA (SEMANA)	Horas de Operación	Nº de Intervenciones	Descripción de Falla	Tiempo de Falla (min)
<b>Marca: HIAB</b> <b>Modelo: 090 AW</b> <b>Serie: 90.118</b>	1/11/2021	32	4	Manguera de estabilizador suelto y cocadas de las llantas traseras desgastadas	960
	8/11/2021	48	0		
	15/11/2021	41	0		420
	22/11/2021	48	0		
	29/11/2021	43.75	2	Hidrolina supera las horas de operación e indicador de nivel	255
	6/12/2021	48	0		
	13/12/2021	42	2	Limitador de extensión máxima de estabilizadores	360
	20/12/2021	40	2	Falta certificación de la grúa y regulación del caudal de la Hidrolina	480
	27/12/2021	24	3	Falta de placa de identificación, rótulos de los controles y descenso de carga	1440
	3/01/2022	46	1	Levantamiento de Observación - certificación de la grúa y marcado del gancho	120
	10/01/2022	46	1	Engrase de la cremallera de tornamesa	120
	17/01/2022	48	0		
	24/01/2022	43	2	Liquido de dirección hidráulica y de embrague	300
	31/01/2022	40	2	Falta de certificado de revisión técnica - Prometeo (Chincha)	480

Tabla 4.11. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB 550-5 – Serie 550.114



**REGISTRO DE DATOS INICIAL**

GRUA	FECHA (SEMANA)	Horas de Operación	Nº de Intervenciones	Descripción de Falla	Tiempo de Falla (min)
<b>Marca: HIAB</b> <b>Modelo: 550-5</b> <b>Serie: 550.114</b>	1/11/2021	44	1	Descenso de la pluma	240
	8/11/2021	40	2	Rotulo de los mandos de control a distancia	480
	15/11/2021	39	3	Falta el diagrama de carga e indicador de nivel	540
	22/11/2021	47	1	Vencido el extintor de la grúa	60
	29/11/2021	40	2	Defecto en el cajón de la extensión del estabilizador trasero	480
	6/12/2021	44	2	Falla en el indicador de nivel	240
	13/12/2021	45	1	Falta engrase en los compartimentos del boom telescópico	180
	20/12/2021	48	0		
	27/12/2021	48	0		
	3/01/2022	48	0		
	10/01/2022	48	0		
	17/01/2022	43	1	Falta el certificado de operatividad	300
	24/01/2022	48	0		
	31/01/2022	48	0		

Tabla 4.12. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB X-HIPRO 1058E-10 – Serie 10580145



**REGISTRO DE DATOS INICIAL**

GRUA	FECHA (SEMANA)	Horas de Operación	Nº de Intervenciones	Descripción de Falla	Tiempo de Falla (min)
<b>Marca: HIAB</b> <b>Modelo: X-HIPRO 1058E-10</b> <b>Serie: 10580145</b>	1/11/2021	32	1	Falta Revisión Técnica - Prometeo	960
	8/11/2021	48	0		
	15/11/2021	40	2	Regulación de frenos y dirección	480
	22/11/2021	48	0		
	29/11/2021	48	0		
	6/12/2021	48	0		
	13/12/2021	44	1	Cambio del filtro del motor	240
	20/12/2021	43	1	Cambio del filtro del aceite	300
	27/12/2021	48	0		
	3/01/2022	48	0		
	10/01/2022	40	2	Filtro respiradero y boom de grúa	480
	17/01/2022	48	0		
	24/01/2022	48	0		
	31/01/2022	40	1	Falta Certificado de operatividad	480

Tabla 4.13. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB X-HIPRO 1058E-10 – Serie 10580065



**REGISTRO DE DATOS INICIAL**

GRUA	FECHA (SEMANA)	Horas de Operación	Nº de Intervenciones	Descripción de Falla	Tiempo de Falla (min)
<b>Marca: HIAB</b> <b>Modelo: X-HIPRO 1058E-10</b> <b>Serie: 10580065</b>	1/11/2021	48	0		
	8/11/2021	44	1	Cambio del Filtro de aire	240
	15/11/2021	44	1	Cambio del Filtro de aceite y motor	240
	22/11/2021	48	0		
	29/11/2021	48	0		
	6/12/2021	40	2	Filtro de aceite y motor	480
	13/12/2021	48	0		
	20/12/2021	40	1	Falta el Certificado de Operatividad	480
	27/12/2021	48	0		
	3/01/2022	48	0		
	10/01/2022	32	1	Falta revisión técnica - Prometeo	960
	17/01/2022	48	0		
	24/01/2022	48	0		
31/01/2022	48	0			

Tabla 4.14. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB 477E-6XS – Serie 4771029



**REGISTRO DE DATOS INICIAL**

GRUA	FECHA (SEMANA)	Horas de Operación	Nº de Intervenciones	Descripción de Falla	Tiempo de Falla (min)
<b>Marca: HIAB</b> <b>Modelo: 477E-6XS</b> <b>Serie: 4771029</b>	1/11/2021	23	4	Fuga de aceite del motor, filtro de aire y filtro de aceite	1500
	8/11/2021	44	1	Hidrolina supera las horas de operación	240
	15/11/2021	48	0		
	22/11/2021	43	1	Estabilizadores	300
	29/11/2021	48	0		
	6/12/2021	48	0		
	13/12/2021	48	0		
	20/12/2021	48	0		
	27/12/2021	39	2	Revisión técnica - Prometeo	540
	3/01/2022	48	0		
	10/01/2022	48	0		
	17/01/2022	48	0		
	24/01/2022	40	2	Accesorio de la grúa en mal estado (eslingas y grilletes)	480
	31/01/2022	48	0		

Tabla 4.15. Registro de Datos Iniciales grúa HIAB 330-5 – Serie 330-114



**REGISTRO DE DATOS INICIAL**

GRUA	FECHA (SEMANA)	Horas de Operación	Nº de Intervenciones	Descripción de Falla	Tiempo de Falla (min)
<b>Marca: HIAB</b> <b>Modelo: 330-5</b> <b>Serie: 330-114</b>	1/11/2021	40	1	Filtro de aire y filtro de aceite	480
	8/11/2021	44	1	Hidrolina supera las horas de operación	240
	15/11/2021	40	2	Gancho con desgaste excesivo y lengüeta dañada	480
	22/11/2021	40	2	Rotulado de los mandos laterales y regulación del caudal	480
	29/11/2021	48	0		
	6/12/2021	48	0		
	13/12/2021	48	0		
	20/12/2021	48	0		
	27/12/2021	48	0		
	3/01/2022	0	1	Fractura de un soporte del boom telescópico	2880
	10/01/2022	32	3	Falla en la manguera hidráulica (fuga), estabilizador trasero e indicador de nivel	960
	17/01/2022	24	2	Falta de certificación y descenso de la carga (Prueba operativa)	1440
	24/01/2022	48	0		
	31/01/2022	32	2	Falta revisión técnica - Prometeo y rotulado de indicadores de peligro	960

Tabla 4.16. Tabla Resumen de la Data Inicial por grúa

GRUA	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)
HIAB X-HIPRO 638E-8	579	13	5580
HIAB 090 AW	589.75	19	4935
HIAB 550-5	630	13	2520
HIAB X-HIPRO 1058E-10	623	8	2940
HIAB X-HIPRO 1058E-10	632	6	2400
HIAB 477E-6XS	621	10	3060
HIAB 330-5	540	14	7920

○ **Histórico de fallas de las grúas**

Con los datos iniciales se procede con el análisis de la variable dependiente (Disponibilidad) antes de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo.

Con los datos de la toma de inicial se aplica la ecuación 4.1.

$$MTBF = \frac{\text{Horas acumuladas del equipo} - \text{Horas acumuladas de intervenciones}}{\text{Numero de intervenciones}} \dots(4.1)$$

El MTBF se calcula con las horas acumuladas del equipo que son las horas de operación disponibles las cuales se restan con las horas acumuladas de intervención que son las horas de falla, este resultado es dividido entre el número de intervenciones que son la cantidad de fallas ocurridas.

Tabla 4.17. Cálculos de MTBF – Pre Prueba por mes

<b>Nov- 21</b>	<b>Dic- 21</b>	<b>Ene- 22</b>
$MTBF = \frac{1494 - 186}{39}$	$MTBF = \frac{1221 - 123}{19}$	$MTBF = \frac{1500 - 180}{25}$
$MTBF = 33.53$	$MTBF = 57.59$	$MTBF = 52.80$

Tabla 4.18. Cálculos de MTBF - Pre Prueba por grúa

<b>GRUA</b>	<b>MTBF</b>
HIAB X-HIPRO 638E-8	$MTBF = \frac{579 - 93}{13}$ $MTBF = 37.4$
HIAB 090 AW	$MTBF = \frac{589.75 - 82.25}{19}$ $MTBF = 26.7$
HIAB 550-5	$MTBF = \frac{630 - 42}{13}$ $MTBF = 45.2$
HIAB X-HIPRO 1058E-10	$MTBF = \frac{623 - 49}{8}$ $MTBF = 71.8$
HIAB X-HIPRO 1058E-10	$MTBF = \frac{632 - 40}{6}$ $MTBF = 98.7$
HIAB 477E-6XS	$MTBF = \frac{621 - 51}{10}$ $MTBF = 57.0$
HIAB 330-5	$MTBF = \frac{540 - 132}{14}$ $MTBF = 29.1$

El MTTR se calcula con el tiempo total de intervenciones al equipo que son el tiempo de operación las cuales se divide entre el número de intervenciones (fallas).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de intervenciones al equipo}}{\text{Numero de intervenciones}} \dots\dots\dots(4.2)$$

Aplico la ecuación 4.2 para el cálculo del indicador del MTTR con los datos iniciales.

Tabla 4.19. Cálculos de MTTR – Pre Prueba por mes

<b>Nov-21</b>	<b>Dic-21</b>	<b>Ene-22</b>
$MTTR = \frac{186}{39}$	$MTTR = \frac{123}{19}$	$MTTR = \frac{180}{25}$
$MTTR = 4.78$	$MTTR = 6.47$	$MTTR = 7.20$

Tabla 4.20. Cálculos de MTTR - Pre Prueba por grúa

<b>GRUA</b>	<b>MTTR</b>
HIAB X-HIPRO 638E-8	$MTTR = \frac{93}{13}$ $MTTR = 7.2$
HIAB 090 AW	$MTTR = \frac{82.25}{19}$ $MTTR = 4.3$
HIAB 550-5	$MTTR = \frac{42}{13}$ $MTTR = 3.2$
HIAB X-HIPRO 1058E-10	$MTTR = \frac{49}{8}$ $MTTR = 6.1$
HIAB X-HIPRO 1058E-10	$MTTR = \frac{40}{6}$ $MTTR = 6.7$
HIAB 477E-6XS	$MTTR = \frac{51}{10}$ $MTTR = 5.1$
HIAB 330-5	$MTTR = \frac{132}{14}$ $MTTR = 9.4$

La disponibilidad de los equipos se calcula entre la división del MTBF y la suma del MTBF con el MTTR.

$$Disponibilidad\ del\ equipo = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \dots\dots\dots(4.3)$$

Aplico la ecuación 4.3 para el cálculo de la disponibilidad con los indicadores analizados de los datos iniciales.

Tabla 4.21. Cálculos de la Disponibilidad – Pre Prueba por mes

<b>Nov-21</b>	<b>Dic-21</b>	<b>Ene-22</b>
$Dispon = \frac{33.53}{33.53 + 4.78}$	$Dispon = \frac{57.79}{57.79 + 6.47}$	$Dispon = \frac{52.80}{52.80 + 7.20}$
$Dispon = 87.5. \%$	$Dispon = 89.93\%$	$Dispon = 88.00\%$

Tabla 4.22. Cálculos de Disponibilidad - Pre Prueba por grúa

<b>GRUA</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
HIAB X-HIPRO 638E-8	$Disponibilidad = \frac{37.4}{37.4 + 7.2}$ Disponibilidad = 84%
HIAB 090 AW	$Disponibilidad = \frac{26.7}{26.7 + 4.3}$ Disponibilidad = 86%
HIAB 550-5	$Disponibilidad = \frac{45.2}{45.2 + 3.2}$ Disponibilidad = 93%
HIAB X-HIPRO 1058E-10	$Disponibilidad = \frac{71.8}{71.8 + 6.1}$ Disponibilidad = 92%
HIAB X-HIPRO 1058E-10	$Disponibilidad = \frac{98.7}{98.7 + 6.7}$ Disponibilidad = 94%
HIAB 477E-6XS	$Disponibilidad = \frac{57}{57 + 5.1}$ Disponibilidad = 92%
HIAB 330-5	$Disponibilidad = \frac{29.1}{29.1 + 9.4}$ Disponibilidad = 76%

Tabla 4.23. Cálculos del MTBF, MTTR y Disponibilidad – Pre Prueba por mes

GRUAS	Nov-21	Dic-21	Ene-22
Tiempo de Operación (disponible)	1494	1221	1500
Tiempo inoperativo	186	123	180
Número de Intervenciones (Fallas)	39	19	25
MTBF REAL	33.53	57.79	52.80
MTBF Meta	60	60	60
MTTR REAL	4.78	6.47	7.20
MTTR Meta	5	5	5
DISPONIBILIDAD	87.53%	89.93%	88.00%
DISPONIBILIDAD META	90%	90%	90%

Tabla 4.24. Cálculos del MTBF, MTTR y Disponibilidad - Pre Prueba por grúa

GRUA	HIAB X-HIPRO 638E-8	HIAB 090 AW	HIAB 550-5	HIAB X-HIPRO 1058E-10	HIAB X-HIPRO 1058E-10	HIAB 477E- 6XS	HIAB 330-5
HORAS DE OPERACIÓN	579	589.75	630	623	632	621	540
Nº INTERVENCIONES	13	19	13	8	6	10	14
TIEMPO DE FALLA (min)	5580	4935	2520	2940	2400	3060	7920
MTTR REAL	7.2	4.3	3.2	6.1	6.7	5.1	9.4
MTTR META	5	5	5	5	5	5	5
MTBF REAL	37.4	26.7	45.2	71.8	98.7	57.0	29.1
MTBF META	60	60	60	60	60	60	60
DISPONIBILIDAD	84%	86%	93%	92%	94%	92%	76%
DISPONIBILIDAD META	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Donde se obtiene los siguientes gráficos:

Figura 4.6. Gráfico de MTBF – Pre Prueba por grúa

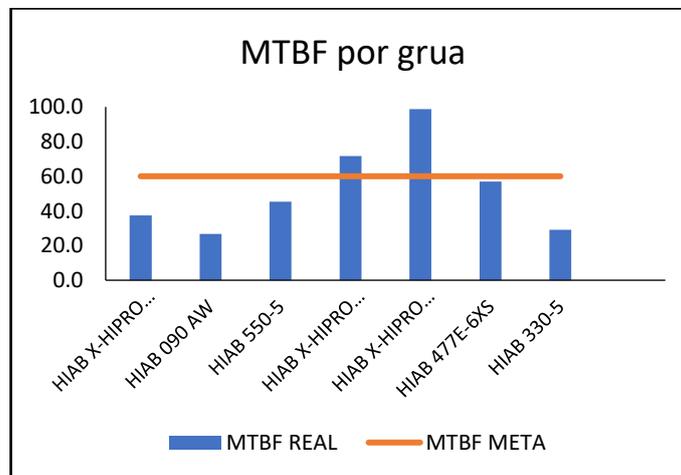


Figura 4.7. Gráfico de MTBF – Pre Prueba por mes

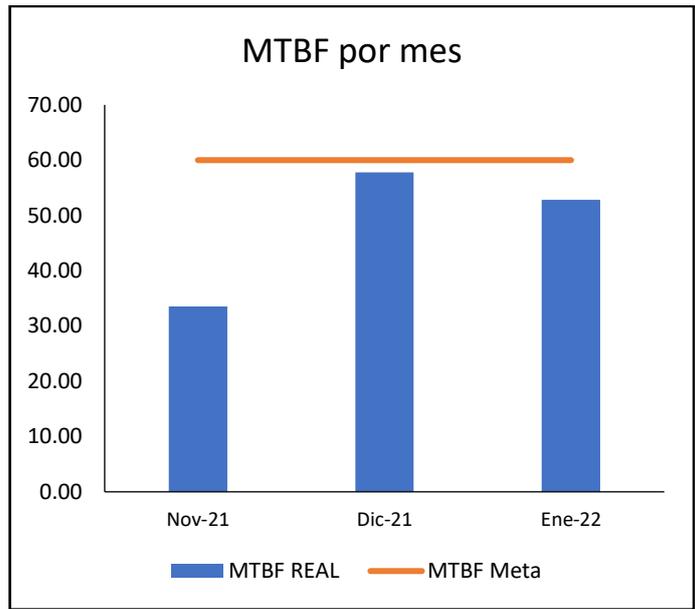


Figura 4.8. Gráfico de MTTR - Pre Prueba por grúa

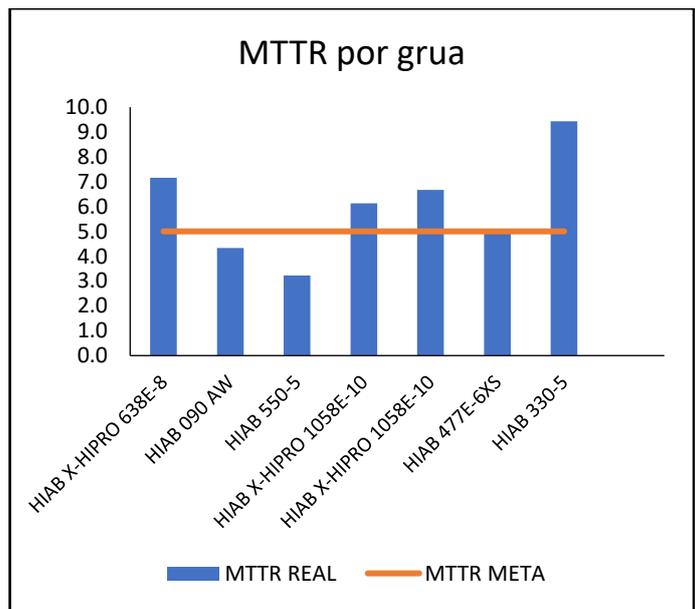


Figura 4.9. Gráfico de MTTR – Pre Prueba por mes

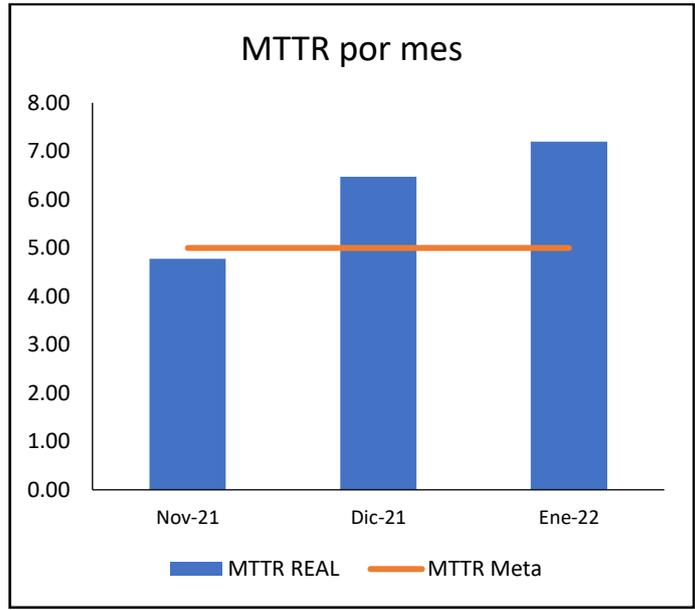


Figura 4.10. Gráfico de Disponibilidad - Pre Prueba por grúa

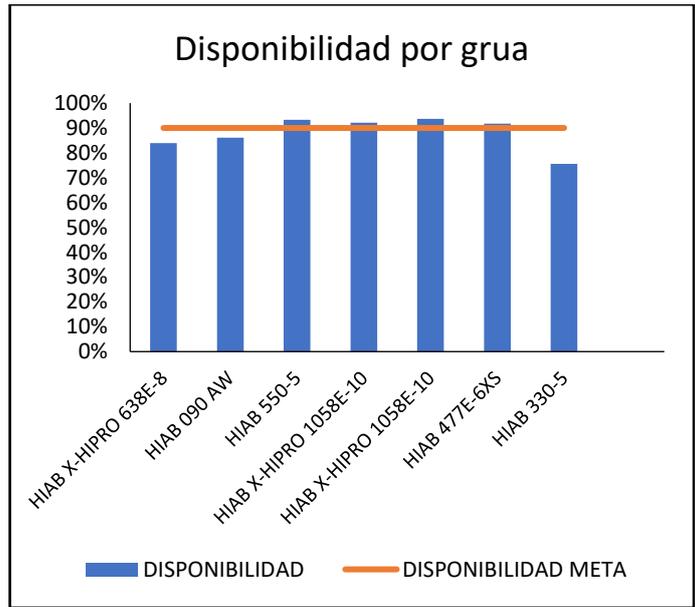
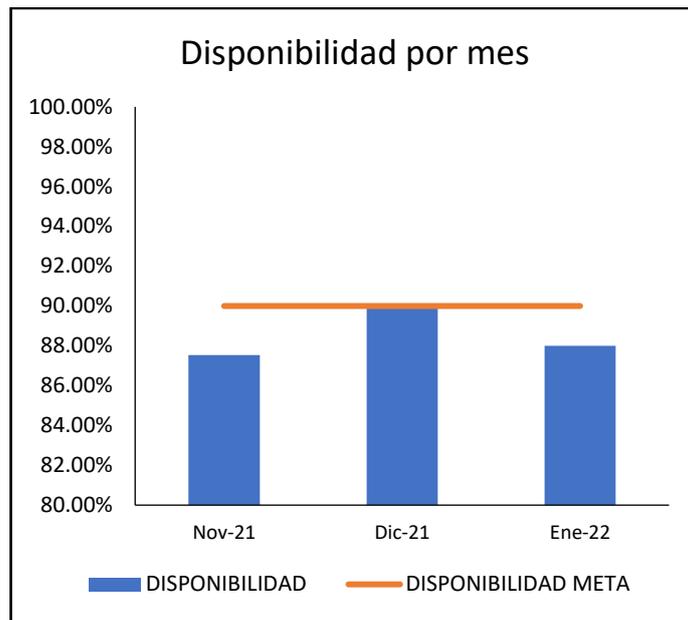


Figura 4.11. Gráfico de la disponibilidad – Pre Prueba



Donde se obtiene la disponibilidad por los meses en estudio que son menores del 90% y la disponibilidad de las grúas HIAB X-HIPRO 638E-8, HIAB 090 AW y HIAB 330-5 son menores del 90%, como se observa en el gráfico de la disponibilidad por grúa.

#### 4.6.2. Etapa 2: Análisis Situacional

##### ○ Análisis FODA

Se aplicará esta herramienta para poder analizar la situación actual de las grúas pertenecientes a la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

Tabla 4.25. Matriz FODA analizando la situación actual

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
<p><b>Capacidad directiva</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso y trabajo en equipo del personal de mantenimiento</li> <li>• Fidelidad del personal de mantenimiento</li> </ul>	<p><b>Factor económico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir los costos de mantenimiento</li> <li>• Aumentar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas.</li> </ul>	<p><b>Capacidad directiva</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinero aportante para el mantenimiento y suministro de repuestos es limitado.</li> <li>• Desconocimiento del mantenimiento preventivo.</li> </ul>	<p><b>Factor económico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del presupuesto al mantenimiento</li> <li>• Inestabilidad política y económica del Perú</li> <li>• Aumento del combustible para el traslado de las grúas.</li> </ul>

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>Capacidad Competitiva</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora continua</li> <li>• Aplicación de nuevas herramientas</li> </ul>	<b>Factor político</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo en el área de mantenimiento</li> </ul>	<b>Capacidad Competitiva</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de visión en los directivos para la implementación de planes de mantenimiento para las grúas.</li> </ul>	<b>Factor político</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Administración pública con nuevas resoluciones restrictivas para los empresarios nacionales</li> </ul>
<b>Capacidad financiera</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos mínimos en el mantenimiento</li> </ul>	<b>Factor social</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación, entrenamiento e implementación adecuado con los EPP.</li> </ul>	<b>Capacidad financiera</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de conocimiento por parte de los directivos para la adquisición de nuevos equipos para el mantenimiento de las grúas.</li> </ul>	<b>Factor social</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Huelgas y bloqueos de carretera.</li> </ul>
<b>Capacidad tecnológica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos tecnológicos avanzados el control remoto</li> </ul>	<b>Factor tecnológico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de herramientas tecnológicas para el mejor tratamiento con el cliente y operario.</li> </ul>	<b>Capacidad tecnológica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de mantenimiento y calibración de los instrumentos para la realización de las tareas de mantenimiento</li> </ul>	<b>Factor tecnológico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuevos cambios en la aplicación de software en mantenimiento</li> </ul>
<b>Capacidad del personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal con una buena remuneración, motivado, experiencia y cultura organizacional</li> </ul>	<b>Factor geográfico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atención rápida y efectiva en el desplazamiento de las grúas.</li> <li>• Zona con espacio para las pruebas operativas</li> </ul>	<b>Capacidad del personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal realiza funciones repetitivas en los procesos de mantenimiento</li> <li>• Falta de cultura en la utilización de los EPP</li> </ul>	<b>Factor del personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotación del personal y accidentes biológicos (COVID-19)</li> </ul>

○ **Análisis Causa – Efecto**

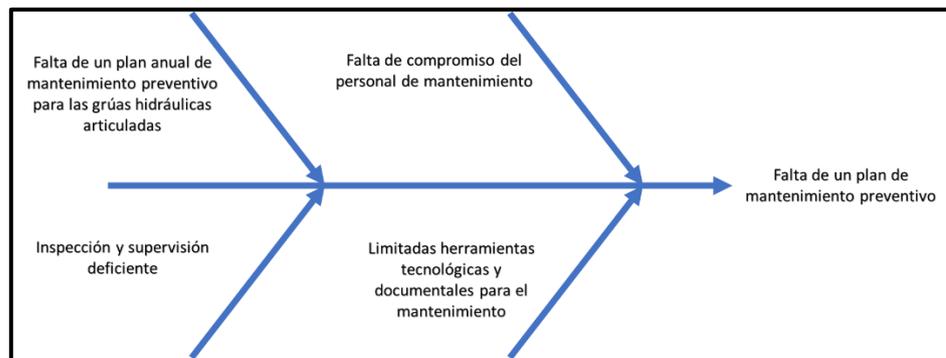
Se analizará por medio de causa y efecto (Ishikawa) las principales causales según la problemática.

Tabla 4.26. Identificación de causas según su importancia

PROBLEMÁTICA	CAUSAS PRINCIPALES	NIVEL DE IMPORTANCIA
Baja disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas	Falta de un plan de mantenimiento preventivo	40%
	Capacidad limitada del área de mantenimiento	30%
	Falta de control y seguimiento al registro de fallas	20%
	Bajo conocimiento de estrategias de mantenimiento	10%
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>

Se logro identificar las causas principales lo cual analizare las causas secundarias de las causas encontradas para lo cual empleare el diagrama de causa – efecto (Ishikawa).

Figura 4.12. Diagrama de Causa - Efecto (Ishikawa)



○ **Criticidad de los equipos**

Según el autor Garrido menciona que no todos los equipos tienen el mismo nivel de importancia (2003, p. 24).

Figura 4.13. Criterios del Análisis de Criticidad

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Fuente: Organización y Gestión Integral de Mantenimiento (GARCIA GARRIDO 2003).

Estos criterios empleamos para determinar la criticidad de las 07 grúas hidráulicas articuladas.

Tabla 4.27. Análisis de Criticidad - Seguridad y Medio Ambiente

EQUIPO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE					
	PRESCINDIBLE	IMPORTANTE		CRÍTICO		
	Poca influencia en seguridad	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas	Necesita revisiones periódicas (anuales)	Ha producido accidentes en el pasado	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales)	Puede originar accidente muy grave
HIAB X-HIPRO 638E-8	0	0	1	0	0	0
HIAB 090 AW	0	0	0	0	1	0
HIAB 550-5	0	0	1	0	0	0
HIAB X-HIPRO 1058E-10	0	0	1	0	0	0

<b>SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>						
<b>EQUIPO</b>	<b>PRESCINDIBLE</b>	<b>IMPORTANTE</b>		<b>CRITICO</b>		
	Poca influencia en seguridad	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas	Necesita revisiones periódicas (anuales)	Ha producido accidentes en el pasado	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales)	Puede originar accidente muy grave
HIAB X-HIPRO 1058E-10	0	0	1	0	0	0
HIAB 477E-6XS	0	0	1	0	0	0
HIAB 330-5	0	0	1	0	0	0

Tabla 4.28. Análisis de Criticidad - Producción

<b>PRODUCCION</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>PRESCINDIBLE</b>	<b>IMPORTANTE</b>	<b>CRITICO</b>
	Poca influencia en producción	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al plan de producción)	Su parada afecta al plan de producción
HIAB X-HIPRO 638E-8	0	0	1
HIAB 090 AW	0	1	0
HIAB 550-5	0	0	1
HIAB X-HIPRO 1058E-10	0	0	1
HIAB X-HIPRO 1058E-10	0	0	1
HIAB 477E-6XS	0	0	1
HIAB 330-5	0	1	0

Tabla 4.29. Análisis de Criticidad - Calidad

EQUIPO	CALIDAD			
	PRESCINDIBLE	IMPORTANTE	CRITICO	
	No afecta a la calidad	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático	Es el causante de un alto porcentaje de rechazos	Es clave para la calidad del producto
HIAB X-HIPRO 638E-8	0	0	0	1
HIAB 090 AW	1	0	0	0
HIAB 550-5	0	0	0	1
HIAB X-HIPRO 1058E-10	0	1	0	0
HIAB X-HIPRO 1058E-10	0	1	0	0
HIAB 477E-6XS	0	0	0	1
HIAB 330-5	1	0	0	0

Tabla 4.30. Análisis de Criticidad - Mantenimiento

EQUIPO	MANTENIMIENTO				
	PRESCINDIBLE	IMPORTANTE	CRITICO		
	Bajo coste de Mantenimiento	Coste Medio en Mantenimiento	Consumo de una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales)	Averías muy frecuentes	Alto coste de reparación en caso de avería
HIAB X-HIPRO 638E-8	0	0	0	0	1
HIAB 090 AW	0	0	1	0	0
HIAB 550-5	0	0	1	0	0
HIAB X-HIPRO 1058E-10	0	0	0	0	1
HIAB X-HIPRO 1058E-10	0	0	0	0	1
HIAB 477E-6XS	0	0	0	0	1
HIAB 330-5	0	0	1	0	0

Tabla 4.31. Cuadro resumen de criticidad

EQUIPO		HIAB X-HIPRO 638E-8	HIAB 090 AW	HIAB 550-5	HIAB X-HIPRO 1058E-10	HIAB X-HIPRO 1058E-10	HIAB 477E-6XS	HIAB 330-5	TOTAL
		SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PRESCINDIBLE	0	0	0	0	0	0
IMPORTANTE	1		0	1	1	1	1	1	6
CRITICO	0		1	0	0	0	0	0	1
PRODUCCION	PRESCINDIBLE	0	0	0	0	0	0	0	0
	IMPORTANTE	0	1	0	0	0	0	1	2
	CRITICO	1	0	1	1	1	1	0	5
CALIDAD	PRESCINDIBLE	0	1	0	0	0	0	1	2
	IMPORTANTE	0	0	0	1	1	0	0	2
	CRITICO	1	0	1	0	0	1	0	3
MANTENIMIENTO	PRESCINDIBLE	0	0	0	0	0	0	0	0
	IMPORTANTE	0	0	0	0	0	0	0	0
	CRITICO	1	1	1	1	1	1	1	7

Según el cuadro resumen se observa que el nivel más crítico es el mantenimiento, esto es debido a los altos costes de reparación en caso de avería y a que consume una parte importante de los recursos de mantenimiento.

#### 4.6.3. Etapa 3: Planificación

- **Codificación de las grúas**

Para codificar las grúas articuladas hidráulicas emplearemos la siguiente tabla:

Tabla 4.32. Codificación de las Grúas

CODIGO DE EQUIPO	CAMION			GRUA HIDRAULICA ARTICULADA			
	Marca	Modelo	Serie	Marca	Modelo	Serie	Capacidad

La cual nos permite poder emplear la información de manera óptima para la formulación de los formatos y registros de la data de manera que se identifique con el código para un rápido análisis.





Figura 4.16. Check List - Inspección de Grúas Articuladas

ELMARVI		REPORTE DE INSPECCIÓN DE GRÚAS ARTICULADAS de campo		(hoja								
				FECHA:								
				ORDEN:								
				N° REP.:								
				LUGAR:								
DATOS GENERALES DE LA GRÚA												
1. MARCA:		4. TIPO DE GRÚA:										
2. MODELO:		5. HORÓMETRO:										
3. SERIE:		6. CAPACIDAD:										
DATOS GENERALES DEL CAMIÓN												
1. MARCA:		4. N° MOTOR:										
2. MODELO:		5. KILOMETRAJE:										
3. PLACA:		6. AÑO FAB:										
DESCRIPCIÓN CAMIÓN	A	R	NA	Comentario	Referencia	DESCRIPCIÓN GRUA ARTICULADA	A	R	NA	Comentario	Referencia	
CABINA DEL CAMIÓN					Manual	ESTABILIZADORES					22-2.1.4(a)	
	Documentos				Manual		Controles					22-1.8.5
	Acceso a cabina				Manual		Vigas					22-1.8.5
	Cinturon seg.				Manual		Gatos					22-1.8.5
	Parabrisas				Manual		Platos de gatos					22-2.1.3(d)
	Plumillas				Manual		Mangueras					Manual
	Espesjes				Manual		Almohadillas					22-1.8.5(a)
	Tablero				Manual		Seguros					22-1.8.5(d)(2)
	Controles manual				Manual		Señal extensión					22-2.1.4(a)
	Pedales control				Manual		Base					22-1.6
CHASIS DEL CAMIÓN					Manual	ESTRUCTURA DE GRÚA					22-2.1.4(a)	
	Freno servicio				Manual		Controles					22-2.1.4(a)
	Freno parqueo				Manual		Tornamesa					22-2.1.4(a)
	Tomafuerza				Manual		Columna					22-2.1.4(a)
	Estructura				Manual		Brazo Principal					22-2.1.4(a)
	Acceso a baranda				Manual		Brazo secundari					22-2.1.4(a)
	Parachoques				Manual		Extens. Telesco					22-2.1.4(a)
	Faros				Manual		Extens. Manual					ASME B30.30
	Ejes de camión				Manual		Gancho					22-2.1.3(h)
	SISTEMAS DEL CAMIÓN						Manual	SISTEMA HIDRÁULICO				
Neumáticos					Manual	Depósito Aceite						22-2.1.4(i)
Caja herramienta					Manual	Motor y bomba						22-2.1.4(j)
Depósito diesel					Manual	Conexiones						22-2.1.3(h)
Uanta repuesto					Manual	Enfriador						22-2.1.4(o)
Rotulo dimensio					Manual	Cilindros						22-2.1.3(d)
SISTEMAS DEL CAMIÓN					Manual	AYUDAS OPERACIONALES					22-1.6.1(c)	
	Cintas reflectivas				Manual		Parada emergenc					22-1.8.2.3
	Filtro de aire				Manual		Indicador nivel					22-1.8.2.2
	Sistema motor				Manual		Indicador carga					22-1.6.3
	Escape				Manual		Control remoto					Manual
SISTEMA ELÉCTRICO					Manual	SEÑALIZACIÓN					22-3.4.2	
	Sistema dirección				Manual		Etiquetas seg.					22-3.3.4
	Sistema transm				Manual		Señales mano					22-1.1
	Tanque neumático				Manual		Placa de ident.					DS 023-2017
	Conexiones neum				Manual		Extintor de fuego					DS 023-2017
	Baterías				Manual		Botiquín					DS 023-2017
	Cartacorriente				Manual		Conos seguridad					DS 023-2017
	Instal. Eléctricas				Manual		Cuffas de seg					22-1.9
	Sistema de luces				Manual		Manual de Ope					22-1.1.3(a)
	Alarma retroceso				Manual		Historial equipo					Manual
SISTEMA ELÉCTRICO					Manual	DOCUMENTOS						
	Alarma retroceso				Manual		Tabla de carga					
	Bocina				Manual							
	Circuítos				Manual							
Instrumentos elec.				Manual								
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:							RESULTADO:					
CAPACIDAD DE GANCHO PRINCIPAL:							DOCUMENTOS DE REFERENCIA:					
N° SEC. TELESCÓPICAS DE PLUMA:							NORMA ESTÁNDAR ASME B30.22-2016					
N° SEC. MANUALES DE PLUMA:							NORMA ESTÁNDAR ASME B30.10-2021					
N° DE ESTABILIZADORES:							NORMA ESTÁNDAR ASME B30.26-2015					
							MANUAL DEL FABRICANTE					
LEYENDA:							FIRMA:					
A: ACEPTABLE							INSPECTOR:					
R: RECHAZADO												
NA: NO APLICA												

- Registro de Ocurrencia de fallas:** Según el formato de ocurrencias de fallas elaborado para poder analizar y extraer los datos requeridos para evaluar MTBF, MTTR y Disponibilidad pos prueba.

▪ **Plan de mantenimiento preventivo**

Tabla 4.34. Plan de Mantenimiento Preventivo de las Grúas Hidráulicas Articuladas

Nº	COMPONENTE	SERVICIO	KM	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	60000	70000
			HM	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
1	Columna de dirección y los componentes del sistema de dirección	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Tuercas en general	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Cobertura del sistema hidráulico y pestillos	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Pasador de bloqueo de la tornamesa	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Adhesivos de señalización	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Pines, muelles, bolsas de aire y bujes	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Alternador y arrancador	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Ruster y selector	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Sistema de gases de escape / Catalizador	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	Radiador, mangueras, freno y conectores	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	Vacuómetro	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	Instrumento de control (Tablero)	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	Llantas (Profundidad de la cocada)	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	Cabina (Asientos, cinturones, extintor, etc.)	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	Sistema eléctrico (Instrumento de control, interruptores de control, sensores)	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	Aceite de dirección	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	Aceite de transmisión	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	Aceite de corona	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	Aceite Hidráulico	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	Nivel de refrigerante, liquido de embrague, aceite de rueda y cubos.	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	Luces en general	Inspeccionar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

## Continuación

Nº	COMPONENTE	SERVICIO	KM	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	60000	70000
			HM	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
22	Filtro de aceite de motor	Cambiar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23	Filtro de combustible	Cambiar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	Filtro de aceite hidráulico de alta presión	Cambiar					X				X				X
25	Filtro de aceite hidráulico	Cambiar					X				X				X
26	Filtro de aire	Cambiar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
27	Filtro de aceite de transmisión	Cambiar			X		X		X		X		X		X
28	Aceite de transmisión	Cambiar						X					X		
29	Aceite de motor 15W40	Cambiar			X		X		X		X		X		X
30	Aceite de dirección	Cambiar						X					X		
31	Aceite hidráulico	Cambiar					X				X				X
32	Refrigerante	Cambiar					X				X				X
33	Tanque de combustible	Comprobar el nivel					X				X				X
34	Tanque de aceite hidráulico	Drenar, limpiar y rellenar					X				X				X
35	Tanque de aire	Drenar, limpiar y rellenar					X				X				X
36	Neumáticos	Compruebe si hay corte, desgaste excesivo y la presión		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
37	Cilindros hidráulicos	Compruebe si hay fugas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
38	Mangueras en los brazos	Compruebe si hay fugas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
39	Mangueras en el chasis	Compruebe si hay fugas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
40	Motores de Tracción	Compruebe si hay fugas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
41	Frenos	Compruebe si hay fugas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
42	Bombas hidráulicas	Compruebe si hay fugas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
43	Motor Diesel	Compruebe si hay fugas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
44	Motor de giro de la tornamesa	Compruebe si hay fugas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

## Continuación

Nº	COMPONENTE	SERVICIO	KM	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	60000	70000
			HM	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
45	Pernos de tornamesa	Torquear como se especifica					X				X				X
46	Pernos de contrapeso	Torquear como se especifica					X				X				X
47	Los cables de extensión y retracción	Torquear como se especifica					X				X				X
48	Brazos (Principal y Articulado)	Ver las soldaduras, las placas, los pasadores y bujes		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
49	Estructura del chasis	Ver las soldaduras, las placas, los pasadores y bujes		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
50	Tornamesa	Ver las soldaduras, las placas, los pasadores y bujes		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
51	Malla de la bomba de combustible	Limpiar y liberar de residuos e impurezas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
52	Batería y alternador	Evaluar los parámetros técnicos			X		X		X		X		X		X
53	Corona de giro de tornamesa	Revisar la tolerancia		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
54	Cojinete de giro de la tornamesa	Lubricar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
55	Puntos de lubricación (Engrase general)	Lubricar		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
56	Válvulas de escape y admisión	Regular		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
57	Elevación de la pluma principal, giro de tornamesa y pluma articulada	Prueba de funcionamiento		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
58	Sistema de seguridad de las plumas	Prueba de funcionamiento		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
59	Sistema de parada de emergencia	Prueba de funcionamiento		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
60	Alarma de movimiento, bocina y baliza	Prueba de funcionamiento		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
61	Horómetro	Prueba de funcionamiento		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
62	Interruptores de control de la plataforma y control de suelo	Prueba de movimiento y el retorno al centro		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

NOTA: Las revisiones y mantenimiento se realizan cuando el tiempo o el kilometraje se cumpla (lo primero que ocurra)  
Los servicios de cada componente continua cíclicamente por los 12 periodos.

Tabla 4.35 Registro de ocurrencia por grúa

FECHA (día)	GRUA - 1			GRUA - 2			GRUA - 3			GRUA - 4			GRUA - 5			GRUA - 6			GRUA - 7			TOTAL		
	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	NUMERO INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA
1/02/2022	8	0	0	8	0	0	4	2	240	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	52	2	240
2/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
3/02/2022	8	0	0	2	4	360	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	50	4	360
4/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
5/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	4	3	240	52	3	240
6/02/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
8/02/2022	8	0	0	8	0	0	6	1	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	1	120
9/02/2022	8	0	0	6	1	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	1	120
10/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	6	2	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	2	120
11/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
12/02/2022	7	1	60	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	4	2	240	8	0	0	51	3	300
13/02/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
15/02/2022	8	0	0	8	0	0	6	2	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	2	120
16/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
17/02/2022	8	0	0	6	1	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	6	1	120	52	2	240
18/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
19/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
20/02/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	4	2	240	8	0	0	52	2	240

Continuación

FECHA (día)	GRUA - 1			GRUA - 2			GRUA - 3			GRUA - 4			GRUA - 5			GRUA - 6			GRUA - 7			TOTAL		
	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	NUMERO INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA
22/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
23/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
24/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
25/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
26/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
27/02/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/02/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
1/03/2022	8	0	0	4	2	240	8	0	0	8	0	0	6	2	120	5	1	180	8	0	0	47	5	540
2/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
3/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	4	1	240	52	1	240
4/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
5/03/2022	8	0	0	8	0	0	4	2	240	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	52	2	240
6/03/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
8/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
9/03/2022	2	3	360	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	50	3	360
10/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
11/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
12/03/2022	8	0	0	6	0	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	0	120
13/03/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	2	2	360	8	0	0	50	2	360

Continuación

FECHA (día)	GRUA - 1			GRUA - 2			GRUA - 3			GRUA - 4			GRUA - 5			GRUA - 6			GRUA - 7			TOTAL		
	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	NUMERO INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA
15/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	0	3	480	48	3	480
16/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	4	1	240	52	1	240
17/03/2022	6	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	0	0
18/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	6	2	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	2	120
19/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
20/03/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/03/2022	8	0	0	4	2	240	6	0	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	50	2	360
22/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
23/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
24/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
25/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
26/03/2022	8	0	0	6	1	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	1	120
27/03/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
29/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
30/03/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	6	1	120	8	0	0	8	0	0	54	1	120
31/03/2022	6	1	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	1	120
1/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
2/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
3/04/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	6	1	120	54	1	120

Continuación

FECHA (día)	GRUA - 1			GRUA - 2			GRUA - 3			GRUA - 4			GRUA - 5			GRUA - 6			GRUA - 7			TOTAL		
	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	NUMERO INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA
5/04/2022	8	0	0	4	2	240	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	52	2	240
6/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	6	1	120	8	0	0	8	0	0	54	1	120
7/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	6	2	120	8	0	0	54	2	120
8/04/2022	3	1	300	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	51	1	300
9/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
10/04/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/04/2022	8	0	0	8	0	0	6	1	120	6	1	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	52	2	240
12/04/2022	8	0	0	6	2	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	2	120
13/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
14/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
15/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
16/04/2022	4	2	240	6	1	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	50	3	360
17/04/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
19/04/2022	8	0	0	4	2	240	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	4	2	240	48	4	480
20/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
21/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
22/04/2022	8	0	0	8	0	0	6	1	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	54	1	120
23/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
24/04/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/04/2022	8	0	0	8	0	0	4	2	240	6	3	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	50	5	360

Continuación

FECHA (día)	GRUA - 1			GRUA - 2			GRUA - 3			GRUA - 4			GRUA - 5			GRUA - 6			GRUA - 7			TOTAL		
	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)	HORAS DE OPERACIÓN	NUMERO INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA
26/04/2022	6	1	120	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	2	1	360	48	2	480
27/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	56	0	0
28/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	6	1	120	8	0	0	8	0	0	54	1	120
29/04/2022	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	5	1	180	8	0	0	53	1	180
30/04/2022	8	0	0	3	1	300	8	0	0	8	0	0	8	1	0	8	0	0	8	0	0	51	2	300

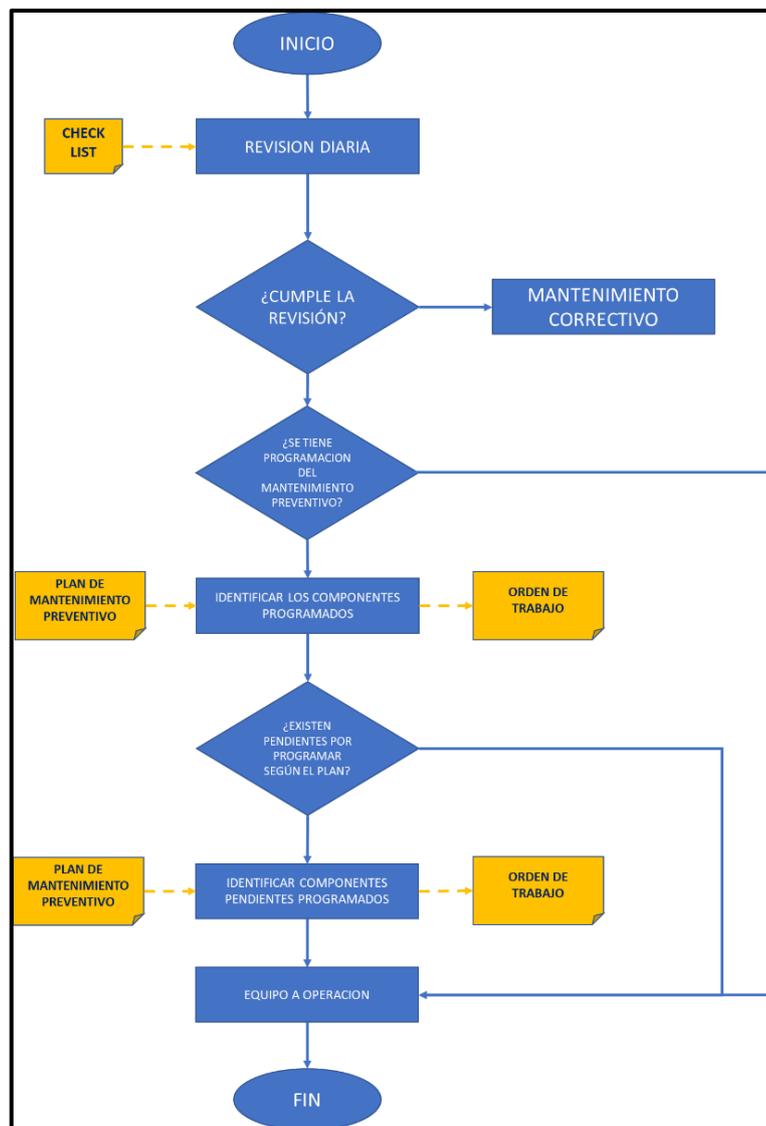
Tabla 4.36. Cuadro resumen de los datos post prueba por grúa

GRUA	HORAS DE OPERACIÓN	Nº INTERVENCIONES	TIEMPO DE FALLA (min)
GRUA – 1	594	9	1200
GRUA – 2	577	19	2340
GRUA – 3	594	11	1320
GRUA – 4	608	8	480
GRUA – 5	608	6	480
GRUA – 6	594	10	1320
GRUA – 7	582	13	2040

- **Flujograma de procesos de la gestión de mantenimiento**

El proceso inicia con la inspección visual para verificar el estado real de la grúa (revisión diaria) lo cual se emplea el formato de inspección para la verificación, luego se identifica los requerimientos del mantenimiento preventivo para lo cual se programa para las partes identificadas mediante los formatos revisando el plan de mantenimiento diseñado, con la finalidad de visualizar la planificación y que se encuentre dentro del periodo establecido para su mantenimiento con ellos se procederá con el mantenimiento y si no se programara para las partes identificadas.

Figura 4.17. Proceso del mantenimiento preventivo



○ **Indicadores de mantenimiento**

- **Mantenibilidad:** Para el cálculo se extraerá el tiempo total de mantenimiento y se dividirá entre el número de reparaciones donde se aplica la ecuación 4.2.

Tabla 4.37. Cálculo del MTTR - Pos Prueba por mes

<b>Feb-22</b>	<b>Mar-22</b>	<b>Abr-22</b>
$MTTR = \frac{35}{22}$	$MTTR = \frac{57}{24}$	$MTTR = \frac{61}{30}$
$MTTR = 1.59$	$MTTR = 2.38$	$MTTR = 2.03$

Tabla 4.38. Cálculo del MTTR - Pos Prueba por grúa

<b>GRUA</b>	<b>MTTR</b>
GRUA – 1	$MTTR = \frac{20}{9}$ $MTTR = 2.2$
GRUA – 2	$MTTR = \frac{39}{19}$ $MTTR = 2.1$
GRUA – 3	$MTTR = \frac{22}{11}$ $MTTR = 2.0$
GRUA – 4	$MTTR = \frac{8}{8}$ $MTTR = 1.0$
GRUA – 5	$MTTR = \frac{8}{6}$ $MTTR = 1.3$
GRUA – 6	$MTTR = \frac{22}{10}$ $MTTR = 2.2$
GRUA – 7	$MTTR = \frac{34}{13}$ $MTTR = 2.6$

- **Confiabilidad:** De los formatos aplicados se extraerá los datos para el cálculo del MTBF donde se aplica la ecuación 4.1.

Tabla 4.39. Cálculo del MTBF - Pos Prueba por mes

<b>Feb-22</b>	<b>Mar-22</b>	<b>Abr-22</b>
$MTBF = \frac{1309 - 35}{22}$	$MTBF = \frac{1453 - 57}{24}$	$MTBF = \frac{1395 - 61}{30}$
$MTBF = 57.91$	$MTBF = 58.17$	$MTBF = 44.47$

Tabla 4.40. Cálculo del MTBF - Pos Prueba por grúa

<b>GRUA</b>	<b>MTBF</b>
GRUA - 1	$MTBF = \frac{594 - 20}{9}$ $MTBF = 63.8$
GRUA - 2	$MTBF = \frac{577 - 39}{19}$ $MTBF = 28.3$
GRUA - 3	$MTBF = \frac{594 - 22}{11}$ $MTBF = 52.0$
GRUA - 4	$MTBF = \frac{608 - 8}{8}$ $MTBF = 75.0$
GRUA - 5	$MTBF = \frac{608 - 8}{6}$ $MTBF = 100.0$
GRUA - 6	$MTBF = \frac{594 - 22}{10}$ $MTBF = 57.2$
GRUA - 7	$MTBF = \frac{582 - 34}{15}$ $MTBF = 42.2$

- **Disponibilidad:** Con la data procesada evaluaremos la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas con los datos de los indicadores de las tablas 4.37, 4.38, 4.39 y 4.40 donde se aplica la ecuación 4.3.

Tabla 4.41. Cálculo del Disponibilidad - Pos Prueba por mes

<b>Feb-22</b>	<b>Mar-22</b>	<b>Abr-22</b>
$Dispon = \frac{57.91}{57.91 + 1.59}$	$Dispon = \frac{58.17}{58.17 + 2.38}$	$Dispon = \frac{44.47}{44.47 + 2.03}$
$Dispon = 97.33\%$	$Dispon = 96.08\%$	$Dispon = 95.63\%$

Tabla 4.42 Cálculo del Disponibilidad - Pos Prueba por grúa

<b>GRUA</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
GRUA – 1	Disponibilidad = $\frac{63.8}{63.8 + 2.2}$
	Disponibilidad = 97%
GRUA – 2	Disponibilidad = $\frac{28.3}{28.3 + 2.1}$
	Disponibilidad = 93%
GRUA – 3	Disponibilidad = $\frac{52.0}{52.0 + 2.0}$
	Disponibilidad = 96%
GRUA – 4	Disponibilidad = $\frac{75.0}{75.0 + 1.0}$
	Disponibilidad = 99%
GRUA – 5	Disponibilidad = $\frac{100}{100 + 1.3}$
	Disponibilidad = 99%
GRUA – 6	Disponibilidad = $\frac{57.2}{57.2 + 2.2}$
	Disponibilidad = 96%
GRUA – 7	Disponibilidad = $\frac{42.2}{42.2 + 2.6}$
	Disponibilidad = 94%

Tabla 4.43. Resumen de los Cálculos del MTBF, MTTR y Disponibilidad - Pos Prueba por mes

<b>GRUA</b>	<b>Feb – 22</b>	<b>Mar – 22</b>	<b>Abr - 22</b>
<b>Tiempo de Operación (disponible) - (min)</b>	1309	1453	1395
<b>Tiempo inoperativo</b>	35	57	61
<b>Número de Intervenciones (Fallas)</b>	22	24	30
<b>MTBF REAL</b>	57.91	58.17	44.47
<b>MTBF Meta</b>	60	60	60
<b>MTTR REAL</b>	1.59	2.38	2.03
<b>MTTR Meta</b>	5	5	5
<b>DISPONIBILIDAD</b>	97.33%	96.08%	95.63%
<b>DISPONIBILIDAD META</b>	90%	90%	90%

Tabla 4.44. Resumen de los Cálculos del MTBF, MTTR y Disponibilidad - Pos Prueba por grúa

GRUA	GRUA - 1	GRUA - 2	GRUA - 3	GRUA - 4	GRUA - 5	GRUA - 6	GRUA - 7
<b>HORAS DE OPERACIÓN</b>	594	577	594	608	608	594	582
<b>Nº INTERVENCIONES</b>	9	19	11	8	6	10	13
<b>TIEMPO DE FALLA (min)</b>	1200	2340	1320	480	480	1320	2040
<b>MTTR REAL</b>	2.2	2.1	2.0	1.0	1.3	2.2	2.6
<b>MTTR META</b>	5	5	5	5	5	5	5
<b>MTBF REAL</b>	63.8	28.3	52.0	75.0	100.0	57.2	42.2
<b>MTBF META</b>	60	60	60	60	60	60	60
<b>DISPONIBILIDAD</b>	97%	93%	96%	99%	99%	96%	94%
<b>DISPONIBILIDAD META</b>	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%

Figura 4.18. Gráfico MTBF por grúa - Pos Prueba

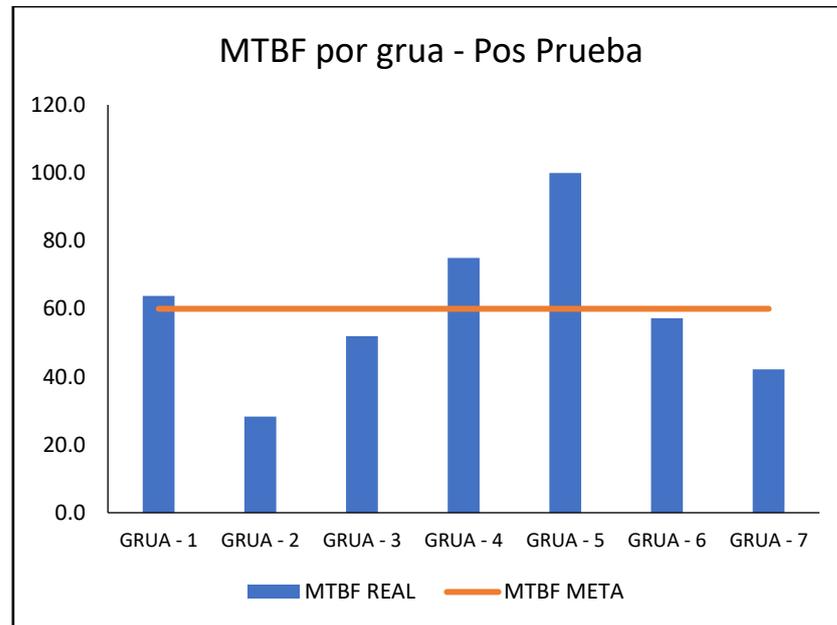


Figura 4.19. Gráfico MTBF por mes – Pos Prueba

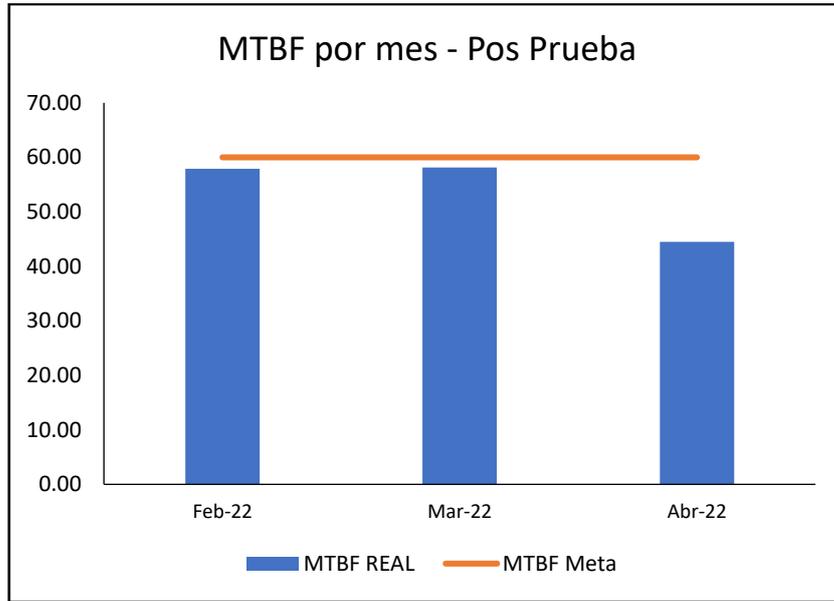


Figura 4.20. Gráfico MTTR por grúa – Pos Prueba

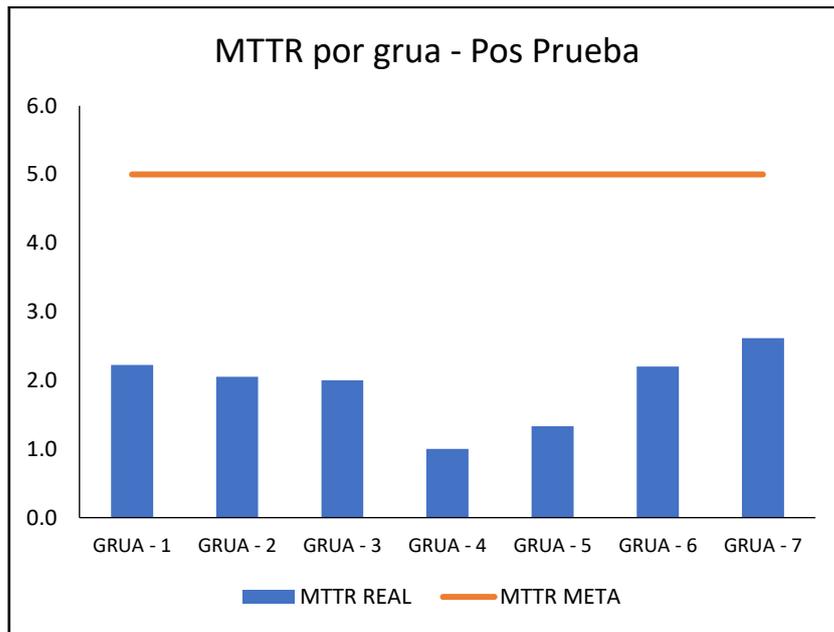


Figura 4.21. Gráfico MTTR por mes – Pos Prueba

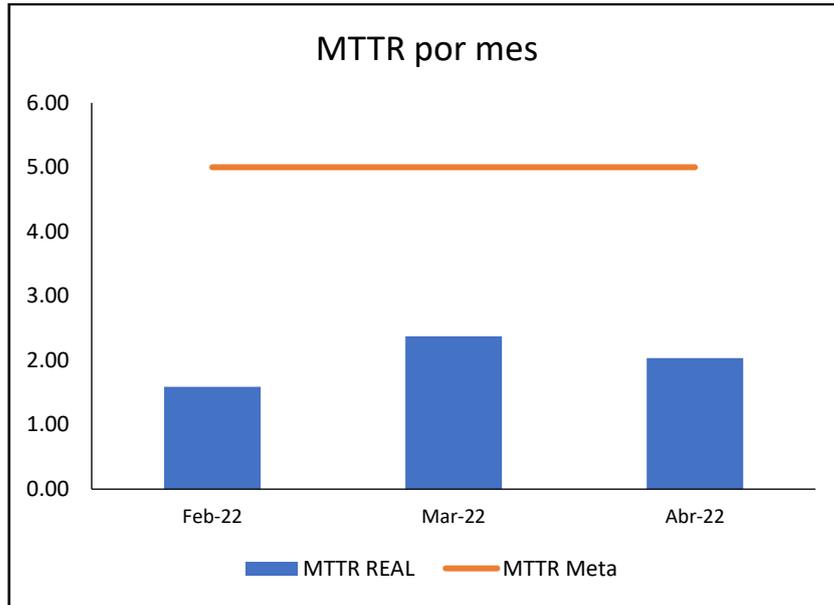


Figura 4.22. Gráfico de Disponibilidad por grúa - Pos Prueba

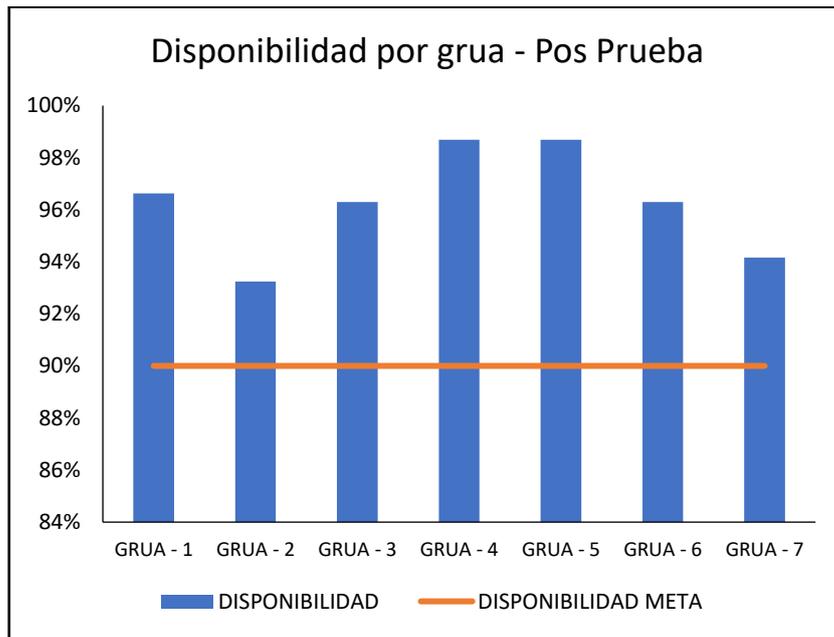
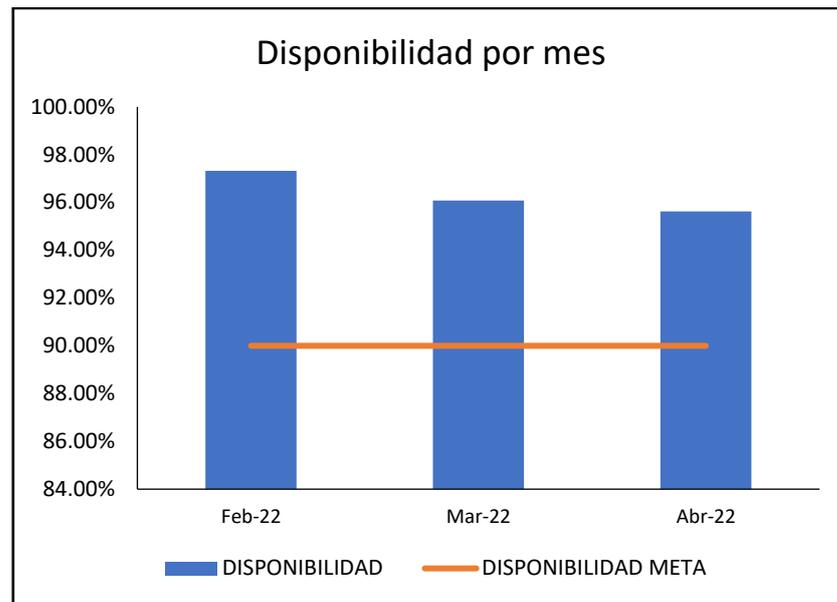


Figura 4.23. Gráfico de Disponibilidad por mes – Pos Prueba



Donde se logra la disponibilidad mayor del 90% los cuales en el mes de febrero se llegó a una disponibilidad de 97.33%, mes de marzo a una disponibilidad de 96.08% y se obtiene una disponibilidad en el mes de abril del 95.63% y según nuestra meta se logró superar la meta deseada y logrando un incremento en la disponibilidad. Por consiguiente, se analizó el registro de fallas pos prueba la cual el tiempo de intervención es de 14,410 min (240 horas) y el tiempo de intervención pre prueba es de 36,615 min (610 horas), en donde se logra una reducción en el tiempo de intervención en un 60.66% en comparativo con la intervención pre prueba.

#### 4.7. Aspectos éticos en investigación

Al elaborar el informe final de investigación, se efectuó con la ética profesional y principios morales. Teniendo el cuidado al momento de usar información privada, normas y leyes en la divulgación.

Por lo que al momento de emplear los instrumentos para la recolección de información se empleara respetando la confidencialidad y los acuerdos establecidos con la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

## V. RESULTADOS

Se detallará los resultados en este capítulo de lo analizado previamente en el capítulo IV subcapítulo 4.6, el cual consiste en el análisis pre y pos prueba en la aplicación del plan de mantenimiento preventivo diseñado para las grúas hidráulicas articuladas pertenecientes a la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C con el objetivo de analizar la disponibilidad por mes y por grúa.

### 5.1. Resultados descriptivos

#### 5.1.1. Análisis estadístico descriptivo

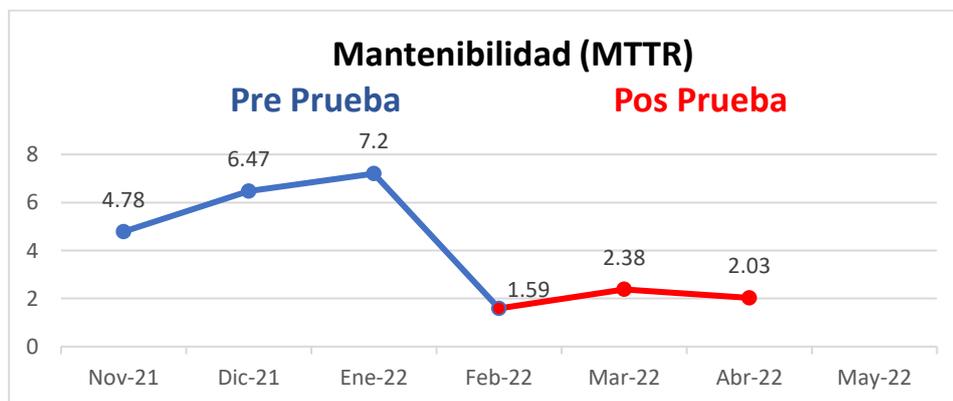
- **Indicador de Mantenibilidad**

En el informe de final de investigación en el capítulo 2, sub capítulo 2.2.4., indicadores de mantenimiento se describió que la mantenibilidad se calcula entre el tiempo total de intervenciones dividido entre el número de intervenciones (fallas), lo cual se denota como el MTTR.

Tabla 5.1. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de Mantenibilidad por mes

Mes	Mantenibilidad Pre prueba	Mes	Mantenibilidad Pos Prueba
Nov - 2021	4.78	Feb - 2022	1.59
Dic - 2021	6.47	Mar - 2022	2.38
Ene - 2022	7.20	Abr - 2022	2.03
<b>Promedio</b>	<b>6.15</b>		<b>2.00</b>

Figura 5.1. Gráfico de Líneas - Comparativa de Pre y Pos Prueba de Mantenibilidad por mes



Según el cuadro comparativo del pre y pos prueba de Mantenibilidad por mes, se observa que el promedio del MTTR en la pre prueba de los 3 meses de estudio comprendido entre noviembre del 2021 hasta enero del 2022 es de 6.52 horas e implementando el plan de mantenimiento preventivo se reduce el promedio de los 3 meses consecutivos siguientes de estudio se obtiene 2.00 horas en el tiempo promedio de reparación de las grúas hidráulicas articuladas, con ello se logró el incremento en la mantenibilidad.

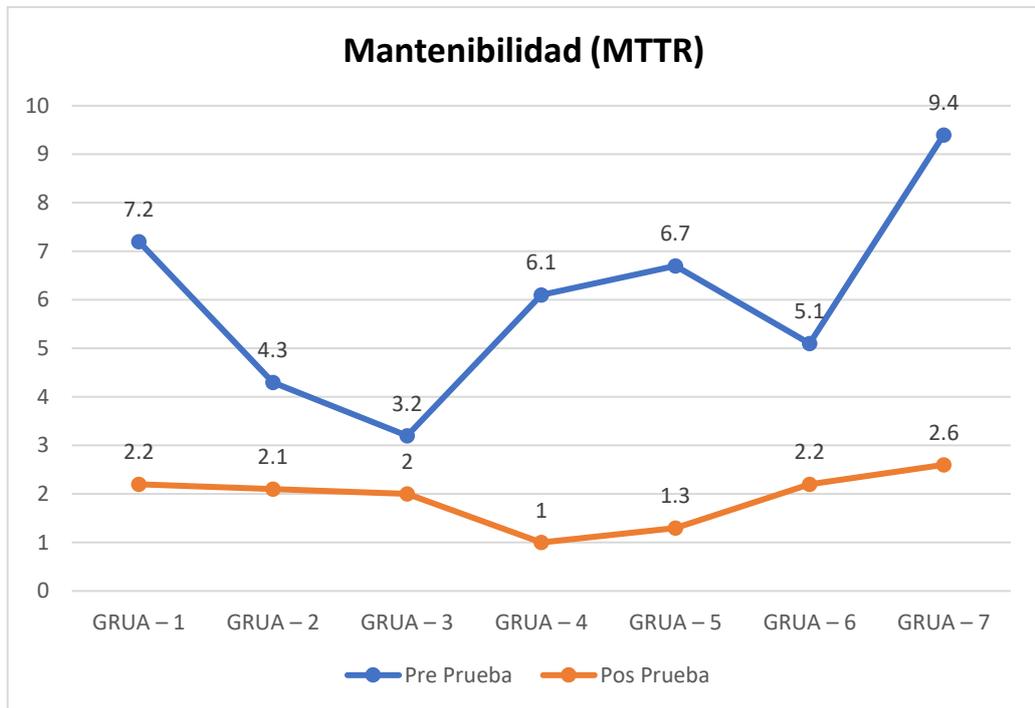
Analizamos el pre y pos prueba de la mantenibilidad por grúas para una mejor referencia del comportamiento de las grúas en estudio.

Tabla 5.2. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de Mantenibilidad por grúa

<b>Grúa</b>	<b>Mantenibilidad Pre prueba</b>	<b>Grúa</b>	<b>Mantenibilidad Pos Prueba</b>
GRUA – 1	7.15	GRUA – 1	2.2
GRUA – 2	4.33	GRUA – 2	2.1
GRUA – 3	3.23	GRUA – 3	2.0
GRUA – 4	6.13	GRUA – 4	1.0
GRUA – 5	6.67	GRUA – 5	1.3
GRUA – 6	5.1	GRUA – 6	2.2
GRUA – 7	9.43	GRUA – 7	2.6
<b>Promedio</b>	6.01		1.91

Realizando un análisis por cada grúa del pre y pos prueba de Mantenibilidad, se observa que el promedio del MTTR en la pre prueba de las 07 grúas en estudio es 6.01 horas e implementando el plan de mantenimiento preventivo se reduce el promedio a 1.91 horas el tiempo promedio de reparación de las grúas hidráulicas articuladas, con ello se logró el incremento en la mantenibilidad.

Figura 5.2. Gráfico de Dispersión - Comparativa de Pre y Pos Prueba de Mantenibilidad por grúa



En la figura podemos observar que la mantenibilidad de las 07 grúas articuladas hidráulicas de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C., tiene una mayor puntuación en la pre prueba en comparación de la pos prueba donde se aplicó el plan de mantenimiento preventivo para las grúas hidráulicas articuladas, con ello determinamos que se obtuvo un menor tiempo de reparación luego de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo con ello se determinó que se incrementó la mantenibilidad.

Donde las medidas descriptivas de la mantenibilidad empleando el SPSS versión 25, analizaremos la mantenibilidad de la pre prueba y pos prueba.

Tabla 5.3. Medidas descriptivas de la mantenibilidad pre y pos prueba por grúa

	Mantenibilidad		
	Pre Prueba	Pos Prueba	
<b>N</b>	<b>Válido</b>	7	7
	<b>Perdidos</b>	0	0
<b>Media</b>	6.0057	1.9143	
<b>Mediana</b>	6.1300	2.1000	
<b>Moda</b>	3,23 <sup>a</sup>	2,20	
<b>Desviación estándar</b>	2.03408	.56104	
<b>Asimetría</b>	.419	-.819	
<b>Error estándar de asimetría</b>	.794	.794	
<b>Curtosis</b>	.252	-.328	
<b>Error estándar de curtosis</b>	1.587	1.587	
<b>Mínimo</b>	3.23	1.00	
<b>Máximo</b>	9.43	2.60	
<b>Percentiles</b>	<b>25</b>	4.3300	1.3000
	<b>50</b>	6.1300	2.1000
	<b>75</b>	7.1500	2.2000

Donde se encontró que el MTTR para la determinación de la mantenibilidad en la pre prueba la media es de 6.4125 horas con una desviación estándar de 2.22225 y en la pos prueba la media es 2.2750 horas con una desviación estándar de 1.14486. Por lo que el tiempo de reparación disminuyo en un 4.1375 horas con ello determino que la mantenibilidad incremento.

- **Indicador de Confiabilidad**

En el informe de final de investigación en el capítulo 2, sub capítulo 2.2.4., indicadores de mantenimiento se describió que la confiabilidad se calcula entre la diferencia del número de horas acumuladas del equipo con el número de horas acumuladas de las intervenciones esto es dividido entre el número de intervenciones (fallas), lo cual se denota como el MTBF.

Tabla 5.4. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de Confiabilidad por mes

Mes	Confiabilidad	Mes	Confiabilidad
	Pre prueba		Pos Prueba
Nov-21	35.53	Feb-22	57.91
Dic-21	57.79	Mar-22	58.17
Ene-22	52.8	Abr-22	44.47
<b>Promedio</b>	48		54

Según el cuadro comparativo y la gráfica del pre y pos prueba de la confiabilidad, se observa que el promedio del MTBF en la pre prueba de los 3 meses de estudio comprendido entre noviembre del 2021 hasta enero del 2022 es de 48 e implementando el plan de mantenimiento preventivo de los 3 meses consecutivos siguientes de estudio obteniendo 54, lo cual indica que debe transcurrir 54 horas para que pueda suceder una avería en las grúas hidráulicas articuladas, con ello se logró el incremento en la confiabilidad.

Figura 5.3. Gráfico de Líneas - Comparativa de Pre y Pos Prueba de Confiabilidad por mes

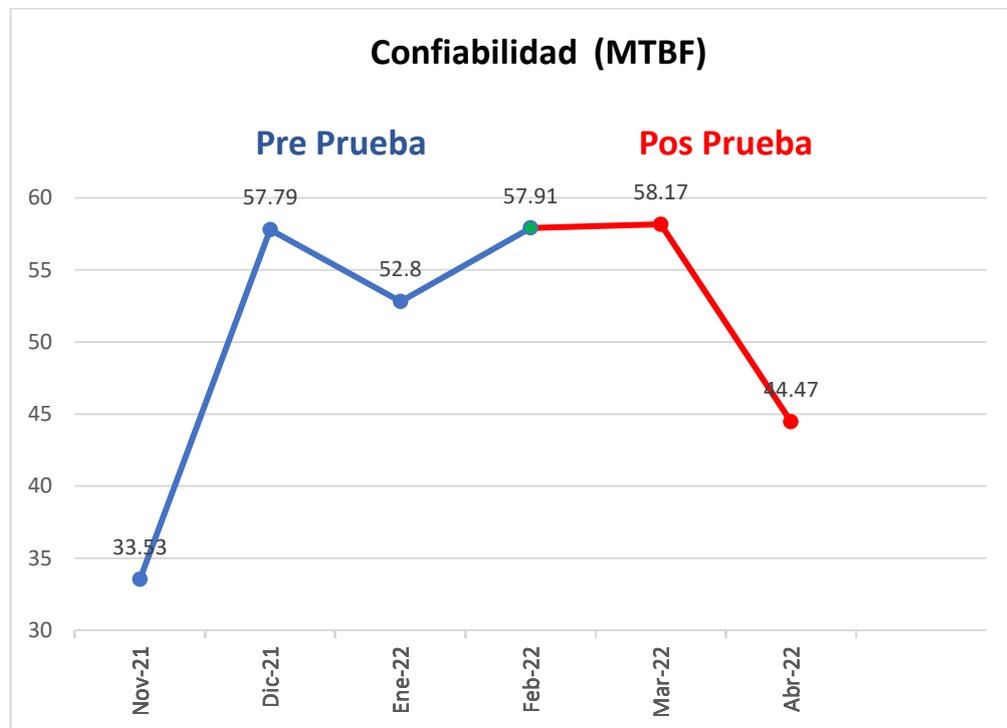
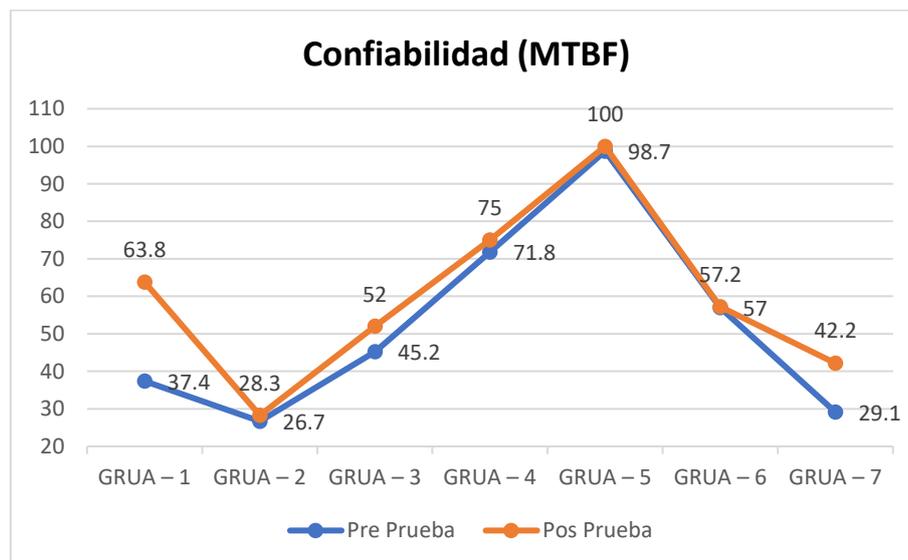


Tabla 5.5. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de Confiabilidad por grúa

Mes	Confiabilidad	
	Pre prueba	Pos Prueba
GRUA – 1	37.4	63.8
GRUA – 2	26.7	28.3
GRUA – 3	45.2	52
GRUA – 4	71.8	75
GRUA – 5	98.7	100
GRUA – 6	57	57.2
GRUA – 7	29.1	42.2
<b>Promedio</b>	<b>52.27</b>	<b>59.79</b>

Según el cuadro comparativo del pre y pos prueba de Confiabilidad por grúa, se observa que el promedio del MTBF en la pre prueba de las 07 grúas en estudio es 52.27 e implementando el plan de mantenimiento preventivo se incrementa el promedio a 59.79 el tiempo promedio que transcurre entre dos intervenciones de las grúas hidráulicas articuladas, con ello se logró el incremento en la confiabilidad.

Figura 5.4. Gráfico de Dispersión - Comparativa de Pre y Pos Prueba de Confiabilidad por grúa



En la figura podemos observar que la confiabilidad de las 07 grúas articuladas hidráulicas de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.,

tiene una menor puntuación en la pre prueba en comparación de la pos prueba donde se aplicó el plan de mantenimiento preventivo para las grúas hidráulicas articuladas, con ello determinamos que se obtuvo un mayor tiempo medio que ocurra una falla. Por lo que se determinó el incremento de la confiabilidad.

Donde las medidas descriptivas de la confiabilidad empleando el SPSS versión 25, analizaremos la confiabilidad de la pre prueba y pos prueba.

Tabla 5.6. Medidas descriptivas de la confiabilidad pre y pos prueba por grúa

N	Confiabilidad	
	Pre Prueba	Pos Prueba
<b>Válido</b>	7	7
<b>Perdidos</b>	0	0
<b>Media</b>	52.2686	59.7857
<b>Mediana</b>	45.2300	57.2000
<b>Moda</b>	26,71 <sup>a</sup>	28,30 <sup>a</sup>
<b>Desviación estándar</b>	25.86628	23.21167
<b>Asimetría</b>	1.007	.587
<b>Error estándar de asimetría</b>	.794	.794
<b>Curtosis</b>	.380	.631
<b>Error estándar de curtosis</b>	1.587	1.587
<b>Mínimo</b>	26.71	28.30
<b>Máximo</b>	98.67	100.00
<b>Percentiles</b>		
<b>25</b>	29.1400	42.2000
<b>50</b>	45.2300	57.2000
<b>75</b>	71.7500	75.0000

Donde se encontró que el MTBF para la determinación de la confiabilidad en la pre prueba la media es de 52.2686 horas con una desviación estándar de 25.86628 y en la pos prueba la media es 59.7857 horas con una desviación estándar de 23.21167. Por lo que el tiempo de que ocurra una falla aumento en unas 5.765 horas con ello se determinó que la confiabilidad incremento.

- **Disponibilidad**

En el informe de final de investigación en el capítulo 2, sub capítulo 2.2.4., indicadores de mantenimiento se describió la ecuación 2.3., para el cálculo de la disponibilidad. Donde emplea el MTTR y MTBF para su análisis.

Tabla 5.7. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de la Disponibilidad por mes

Mes	Disponibilidad		
	Pre prueba	Pos Prueba	
Nov-21	87.53%	Feb-22	97.33%
Dic-21	89.93%	Mar-22	96.08%
Ene-22	88.00%	Abr-22	95.63%
<b>Promedio</b>	88.49%		96.35%

Según el cuadro comparativo y la gráfica del pre y pos prueba de la disponibilidad, se observa que el promedio de la disponibilidad en la pre prueba de los 3 meses de estudio comprendido entre noviembre del 2021 hasta enero del 2022 es el 88.49% e implementando el plan de mantenimiento preventivo de los 3 meses consecutivos siguientes de estudio obteniendo 96.35%, con ello se logró el incremento en la disponibilidad y superando la limitante del 90% de disponibilidad.

Figura 5.5. Gráfico de Líneas - Comparativa de Pre y Pos Prueba de la Disponibilidad por mes

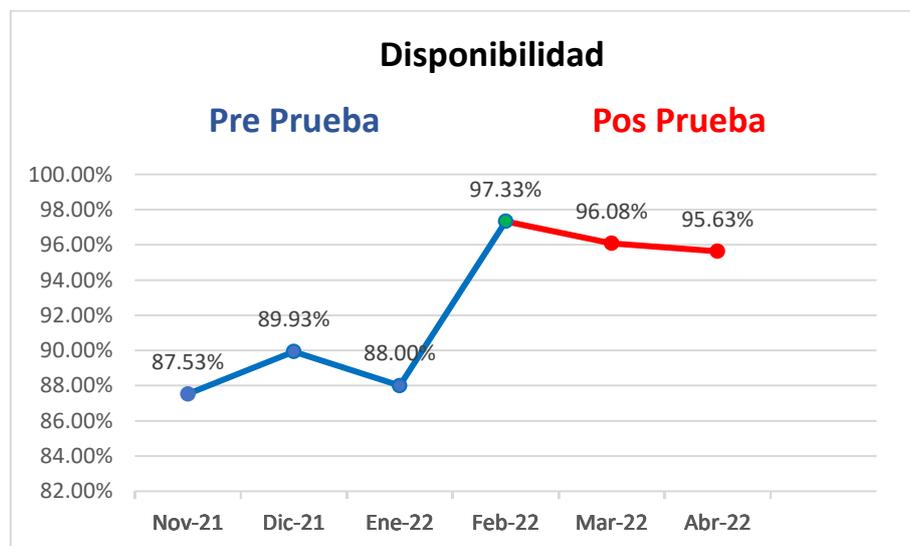
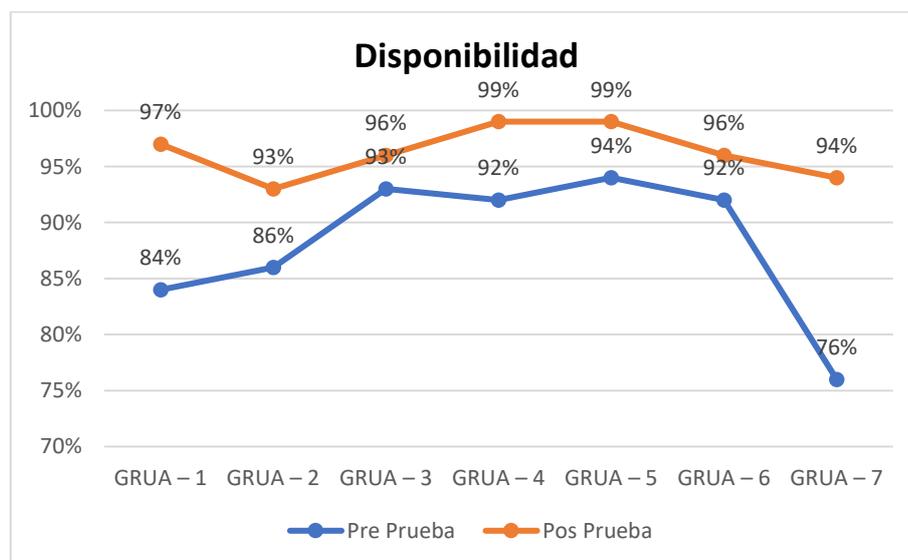


Tabla 5.8. Cuadro comparativo de pre y pos prueba de la Disponibilidad por grúa

Grúa	Disponibilidad Pre prueba	Grúa	Disponibilidad Pos Prueba
GRUA – 1	84%	GRUA – 1	97%
GRUA – 2	86%	GRUA – 2	93%
GRUA – 3	93%	GRUA – 3	96%
GRUA – 4	92%	GRUA – 4	99%
GRUA – 5	94%	GRUA – 5	99%
GRUA – 6	92%	GRUA – 6	96%
GRUA – 7	76%	GRUA – 7	94%
<b>Promedio</b>	<b>88%</b>		<b>96%</b>

Según el cuadro comparativo del pre y pos prueba de la Disponibilidad por grúa, se observa que el promedio de la disponibilidad en la pre prueba de las 07 grúas en estudio es el 87% e implementando el plan de mantenimiento preventivo se incrementa el promedio a 95% la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas, con ello se logró el incremento en la disponibilidad.

Figura 5.6. Gráfico de Dispersión - Comparativa de Pre y Pos Prueba de la Disponibilidad por grúa



En la figura podemos observar que la disponibilidad de las 07 grúas articuladas hidráulicas de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C., tiene una menor puntuación en la pre prueba en comparación de la pos prueba donde se aplicó el plan de mantenimiento preventivo para las grúas hidráulicas articuladas, con ello se obtuvo una mayor disponibilidad.

De los datos analizados con anterioridad y empleando el SPSS versión 25, analizaremos la disponibilidad de la pre prueba y pos prueba.

Tabla 5.9. Medidas descriptivas de la disponibilidad pre y pos prueba por grúa

<b>N</b>		<b>Disponibilidad</b>	<b>Disponibilidad</b>
		<b>Pre Prueba</b>	<b>Pos Prueba</b>
<b>N</b>	<b>Válido</b>	7	7
	<b>Perdidos</b>	0	0
<b>Media</b>		88.1429	96.2857
<b>Mediana</b>		92.0000	96,0000
<b>Moda</b>		92,00	96,00 <sup>a</sup>
<b>Desviación estándar</b>		6.54290	2.28869
<b>Asimetría</b>		-1.200	-.138
<b>Error estándar de asimetría</b>		.794	.794
<b>Curtosis</b>		.771	-1.102
<b>Error estándar de curtosis</b>		1.587	1.587
<b>Mínimo</b>		76,00	93,00
<b>Máximo</b>		94,00	99,00
<b>Percentiles</b>	<b>25</b>	84.0000	94.0000
	<b>50</b>	92.0000	96.0000
	<b>75</b>	93.0000	99.0000

Donde se encontró que la disponibilidad en la pre prueba la media es de 86.8750 con una desviación estándar de 7.03943 y en la pos prueba la media es 94.8750 con una desviación estándar de 4.51782. Por lo que la disponibilidad se incrementó en un 8%. Donde observamos que la pos prueba supera la meta del 90% en la disponibilidad.

## 5.2. Resultados inferenciales

### 5.2.1. Prueba de Normalidad

De los datos recopilados en la pre prueba las cuales nos permitirán comparar con los datos de la pos prueba, la cual nos permitirá validar el objetivo de incrementar la disponibilidad producto de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para las grúas hidráulicas articuladas.

La cual se recopiló los datos de las 07 grúas hidráulicas articuladas para el análisis mediante la prueba de normalidad de la variable dependiente que es la disponibilidad, con sus indicadores que es la mantenibilidad y confiabilidad con los datos del pre y pos prueba.

Donde se tiene la significancia:

- Sig > 0.05, se acepta la Ho
- Sig < 0.05, se rechaza la Ho

Formulación de la hipótesis:

- Ho = La variable tiene una distribución normal.
- H1 = La variable no tiene una distribución normal

Tabla 5.10. Prueba de Normalidad de la Mantenibilidad (MTTR), Confiabilidad y Disponibilidad de las grúas

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Mantenibilidad Pre Prueba</b>	.144	7	.200*	.983	7	.972
<b>Mantenibilidad Pos Prueba</b>	.275	7	.118	.892	7	.285
<b>Confiabilidad Pre Prueba</b>	.179	7	.200*	.912	7	.413
<b>Confiabilidad Pos Prueba</b>	.146	7	.200*	.980	7	.959
<b>Disponibilidad Pre Prueba</b>	.294	7	.069	.852	7	.127
<b>Disponibilidad Pos Prueba</b>	.168	7	.200*	.926	7	.518

De la prueba de la normalidad mostrada en la tabla, la cual utilizaremos la prueba de Shapiro-Wilk donde observamos que la significancia de la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad en el pre y pos prueba son mayores que el 0.05. Por lo que se acepta la hipótesis nula y con ello

determinamos que las variables tienen una distribución normal y se aplicara una estadística paramétrica conocida como T-Student.

Tabla 5.11. Prueba de Normalidad a las diferencias de la Mantenibilidad (MTTR), Confiabilidad y Disponibilidad de las grúas

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Diferencia Mantenibilidad</b>	,237	7	,200*	,941	7	,652
<b>Diferencia Confiabilidad</b>	,246	7	,200*	,797	7	,038
<b>Diferencia disponibilidad</b>	,298	7	,061	,863	7	,162

De la prueba de la normalidad mostrada en la tabla 5.10, la cual se empleó la prueba de Shapiro-Wilk donde se observa que la significancia de la diferencia en la disponibilidad y mantenibilidad como de sus diferencias son mayores que el 0.05. Por lo que se acepta la hipótesis nula y con ello determinamos que las variables tienen una distribución normal y se aplicara una estadística paramétrica conocida como T-Student, pero para la confiabilidad analizando las diferencias para el análisis de muestras emparejadas se observó que es menor que el 0.05 y debido a esto se empleara la estadística no paramétrica de Wilcoxon.

## 5.2.2. Estadística paramétrica T-Student

- **Mantenibilidad**

Se formula los criterios:

- Ho = El plan de mantenimiento no incrementa la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.
- H1 = El plan de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

Teniendo el nivel de significación para la toma de decisión:

- Sig > 0.05, se acepta la Ho
- Sig < 0.05, se rechaza la Ho

Tabla 5.12. Prueba T-Student - Mantenibilidad

		<b>Prueba de muestras emparejadas</b>					t	gl	Sig.
		Diferencias emparejadas							
		Desviación estándar		Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	estándar	estándar	Inferior	Superior			
Par 1	Mantenibilidad Pre Prueba	4,0914	2,0009	,7563	2,2409	5,9420	5,410	6	,002
	Mantenibilidad Pos Prueba								

Mediante la prueba T-Student se obtuvo la significancia 0.002 la cual es menor que 0.05, por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (H1).

Contrastamos con los datos recopilados (ver tabla 5.2), la cual analizamos los datos descriptivos.

Tabla 5.13. Estadística de muestras emparejadas de la mantenibilidad

		<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>			
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Mantenibilidad Pre Prueba	6,0057	7	2,03408	,76881
	Mantenibilidad Pos Prueba	1,9143	7	0,56104	,21205

De la tabla podemos comparar la mantenibilidad pre prueba (6.0057) con la mantenibilidad pos prueba (1.9143), donde se visualiza una disminución en el MTTR de 4.0914 horas, eso significa que el tiempo medio entre reparaciones disminuyo, entonces incrementa la mantenibilidad.

Con ello determinamos que el plan de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

- **Disponibilidad**

Se formula los criterios:

- Ho = El diseño del plan de mantenimiento preventivo no incrementa la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.
- H1 = El diseño del plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

Teniendo el nivel de significación para la toma de decisión:

- Sig > 0.05, se acepta la Ho
- Sig < 0.05, se rechaza la Ho

Tabla 5.14. Prueba T-Student

		Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Sig.
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior			
Par	Disponibilidad Pre								
1	Prueba Disponibilidad Pos Prueba	-8,1429	5,4292	2,0520	-13,1640	-3,1217	-3,968	6	,007

Mediante la prueba T-Student se obtuvo la significancia 0.007 la cual es menor que 0.05, por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (H1).

Contrastamos con los datos recopilados (ver tabla 5.8), la cual analizamos los datos descriptivos.

Tabla 5.15. Estadística de muestras emparejadas de la Disponibilidad

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Disponibilidad Pre Prueba	88,1429	7	6.54290	2,47298
	Disponibilidad Pos Prueba	96,2857	7	2.28869	0.86504

De la tabla podemos comparar la disponibilidad pre prueba (88.1429%) con la disponibilidad pos prueba (96.2857%), donde se visualiza un incremento de un 8.14% la cual también superar la meta planteada del 90%.

Con ello determinamos que el plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

### 5.2.3. Estadística no paramétrica Wilcoxon

- **Confiabilidad**

Se formula los criterios:

- $H_0$  = El plan de mantenimiento no incrementa la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.
- $H_1$  = El plan de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

Teniendo el nivel de significancia para la toma de decisión:

- $p > 0.05$ , se acepta la  $H_0$
- $p < 0.05$ , se rechaza la  $H_0$

Tabla 5.16. Prueba de Wilcoxon- Confiabilidad

	N	Rango promedio	Suma de rangos
Confiabilidad Pos Prueba - Confiabilidad Pre Prueba	Rangos negativos	0 <sup>a</sup>	.00
	Rangos positivos	7 <sup>b</sup>	4.00
	Empates	0 <sup>c</sup>	28.00
	Total	7	

a. Confiabilidad Pos Prueba < Confiabilidad Pre Prueba

b. Confiabilidad Pos Prueba > Confiabilidad Pre Prueba

c. Confiabilidad Pos Prueba = Confiabilidad Pre Prueba

Tabla 5.17. Estadísticos de prueba - Confiabilidad

	Confiabilidad Pos Prueba - Confiabilidad Pre Prueba
Z	-2.366 <sup>b</sup>
Sig. asin. (bilateral)	.018

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Mediante la prueba de Wilcoxon se obtuvo un valor de  $Z = -2.366$  (valor de  $p = 0.018$ ), como el valor de  $p$  es inferior del 0.05 por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

Contrastamos con los datos recopilados (ver tabla 5.5), la cual analizamos los datos descriptivos.

Tabla 5.18. Estadística descriptiva de la confiabilidad

	N	Media	Desv. estándar	Mínimo	Máximo
Confiabilidad Pre Prueba	7	52.2686	25.86628	26.71	98.67
Confiabilidad Pos Prueba	7	59.7857	23.21167	28.30	100.00

De la tabla podemos comparar la media de la confiabilidad pre prueba (52.2686) con la confiabilidad pos prueba (59.7857), donde se visualiza un incremento en el MTBF de 7.517 horas, eso significa que incrementa la confiabilidad.

Se determina que el plan de mantenimiento incrementa la confiabilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados**

#### **6.1.1. Contratación de la hipótesis general**

La hipótesis general se plantea lo siguiente “El diseño del plan de mantenimiento preventivo permite incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.”

Donde se inició con la recopilación de la información antes de aplicar el plan de mantenimiento preventivo la cual elaboramos un cuadro resumen de la data inicial (Tabla 4.17) donde luego se analizó la situación actual de la empresa y determinamos que el problema es la falta de un plan de mantenimiento preventivo (Tabla 4.26 y Fig. 4.12) y con una criticidad encontrada en el mantenimiento de criticidad (Tabla 4.32).

Donde recolectamos la data pos prueba (Tabla 4.36) por el plan de mantenimiento preventivo (Tabla 4.37) y mediante el análisis y procesamiento de datos del pre y pos prueba obtuvimos los datos del MTTR, MTBF y disponibilidad (Tabla 4.44 y 4.45), a continuación, calculamos el pre y pos prueba en la mantenibilidad (Tabla 5.1 y 5.2) y se obtiene por las medidas descriptivas una media en la pre prueba de 6.4125 horas y en la pos prueba la media es 2.2750 horas (Tabla 5.3). Por lo que el tiempo de reparación disminuyo en un 4.1375 horas con ello determino que la mantenibilidad incremento, luego calculamos la confiabilidad (Tabla 5.4 y 5.5) obteniendo en el MTBF para la determinación de la confiabilidad por medidas descriptivas (Tabla 5.6) en la pre prueba la media es de 49.8725 horas y en la pos prueba la media es 55.6375 horas observando el incremento en la confiabilidad y con estos datos calculamos la disponibilidad (Tabla 5.7 y 5.8) obteniendo un incremento del 8% llegando en la pos prueba a una disponibilidad del 95% (Tabla 5.9).

Por lo que se contrasta y se acepta la hipótesis general

### 6.1.2. Contrastación de las hipótesis específicas

- Se plantea en la primera hipótesis específica “El levantamiento de información permite analizar la situación del mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.”

Se comprobó que la información recolectada durante la pre prueba nos permitió analizar la situación del mantenimiento de las 07 grúas hidráulicas articuladas de la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C. (ver tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 y 4.15).

Donde iniciamos con la identificación del área de mantenimiento de las grúas (Fig. 4.4), luego procedimos a la recopilación de los datos, pero la empresa no contaba con un plan de mantenimiento preventivo para las grúas hidráulicas articuladas por lo que se elaboró formatos que nos permitieran la extracción (Fig. 4.5). Con ello nos permitió realizar el análisis situacional de la empresa antes de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo (Tabla 4.17) donde se encontró las horas de operación, número de intervenciones (fallas) y el tiempo de falla antes de la prueba.

Por lo que se acepta la primera hipótesis específica.

- En la segunda hipótesis se especifica “El análisis situacional permite la planificación de los trabajos de mantenimiento en las maquinarias de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.”

Se comprobó el análisis situacional de la empresa por medio de un análisis mediante la matriz FODA (Tabla 4.26) y empleando el diagrama de causa y efecto (Ishikawa) se determinó por lo que el problema central es la falta de mantenimiento (Fig. 4.12) y por medio del análisis de criticidad de Garrido se contrasto que el crítico es el mantenimiento (Tabla 4.32). Con la identificación del problema nos permite tener un mejor panorama de la empresa

CORPORACION ELMARVI S.A.C., referente al mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas y con ello podremos planificar un mantenimiento preventivo.

Por lo que se acepta la segunda hipótesis específica.

- En la tercera hipótesis se especifica “La planificación del mantenimiento preventivo permite su aplicación en las grúas hidráulicas articuladas de la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.”

Mediante la recopilación de datos durante la etapa 1 y el análisis situacional de la etapa 2 se prosiguió con la codificación de las grúas (Fig. 4.20) para poder analizar de forma más óptima los datos obtenidos por cada grúa. Por lo que se elabora un formato (OT) para los trabajos de mantenimiento preventivo (Fig. 4.15) y se planteó un check list para la inspección inicial antes de operar la grúa con la finalidad de corroborar el estado de la grúa para iniciar con el izamiento de cargas (Fig. 4.16).

Pero para poder tener un orden y secuencia en el mantenimiento que se aplica se elaboró el proceso (Fig. 4.17) donde se elaboró un formato que nos permita procesar los datos pos prueba la cual se extrajo los datos (Tabla 4.34) y con ello se extrajo el número de ocurrencias de falla de cada grúa en el intervalo de tiempo comprendido entre febrero y abril del 2022 (Ver tabla 4.35), de esta manera la información no permitirá comprobar durante la aplicación la mejora deseada.

Por lo que se acepta la tercera hipótesis específica.

- En la cuarta hipótesis se especifica “La aplicación del plan de mantenimiento permite incrementar la confiabilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.”

De los datos recopilados (Tabla 4.36) se determinó el MTBF pre prueba (Tabla 4.18 y 4.19) para la cual se calculó el MTBF pos prueba de las grúas (Tabla 4.40 y 4.41) donde el promedio del MTBF pre prueba es 49.88 horas y el promedio pos prueba es del 55.6375 horas (Tabla 5.4 y 5.5) corroborando por las medidas descriptivas (Tabla 5.6) un incremento en la confiabilidad la cual se visualiza en (Fig. 5.1, 5.2 y 5.3) donde se determina el incremento de la confiabilidad en 5.76 horas.

Por lo que se acepta la cuarta hipótesis específica.

- En la quinta hipótesis se especifica “La aplicación del plan de mantenimiento permite incrementar la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.”

De los datos recopilados (Tabla 4.36) se determinó el MTTR pre prueba (Tabla 4.20 y 4.21) para la cual se calculó el MTTR pos prueba de las grúas (Tabla 4.38 y 4.39) donde el promedio del MTTR pre prueba es 6.41 horas y el promedio pos prueba es de las 2.275 horas (Tabla 5.1 y 5.2) corroborando por las medidas descriptivas (Tabla 5.3) una reducción del MTTR en 4.1375 horas por lo que la mantenibilidad incrementa.

Por lo que se acepta la quinta hipótesis específica.

## **6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares**

### **6.2.1. Contrastación de los resultados con estudios internacionales**

- Según la tesis perteneciente a Troncoso (2021) con el título “**Desarrollar plan de mantenimiento de grúa de brazo articulado modelo: PALFINGER PK 23500**”. Nos permite reforzar el estudio realizado en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las grúas articuladas donde Troncoso menciona en el capítulo 4, sub capítulo 4.4 que la importancia que tiene diseñar un plan de mantenimiento en la empresa es alta, con lo que es acorde a la alta

disponibilidad que requerimos como meta mayor del 90% en la disponibilidad y de esta forma evitar detenciones inoportunas que conlleven a incrementar el costo del mantenimiento y a disminuir la disponibilidad y confiabilidad de la grúa; por ello el DS 024-2016-EM, especifica que toda máquina debe contar con un programa de mantenimiento.

- Según la tesis perteneciente a Salinas y Sinchi (2020) con el título **“Propuesta de un Plan de mantenimiento mediante un análisis de criticidad de fallos para vehículos de categoría N de la prefectura del Azuay”**. Nos permite reforzar el estudio realizado en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las grúas articuladas donde Salinas y Sinchi menciona los ejemplos de usos para vehículos de categoría N y O (Figura 1.7) al camión grúa dentro de la subcategoría N3, con ello establece el estudio para los camiones grúa donde plantea plan de mantenimiento para vehículos semipesados (subcapítulo 3.5 y anexo 8.32) y en el capítulo IV establece la estructura del programa empleando donde menciona la ficha de identificación (Compuesta por tipo de vehículo, marca, modelo, placa, codificación, año, etc.) la cual establece las actividades o tareas de mantenimiento con el periodo de recorrido (5000, 10000, 15000, 20000, etc.), check list y solicitud de repuesto. Esto nos permitió establecer la frecuencia de kilometraje de 5000 Km e incrementando en 5000 como también la elaboración del check list pre operacional para la inspección diaria y el instrumento de recolección de datos (Orden de trabajo) la cual se emplea cuando la solicitud procede en la ejecución de la actividad preventiva o correctiva.
- Según la tesis perteneciente a Zavala y Valenzuela (2020) con el título **“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para camiones grúa en la empresa JPL Comercial LTDA”**. Nos permite reforzar el estudio realizado en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las grúas articuladas donde Zavala y

Valenzuela menciona que para mejorar la gestión del mantenimiento para realizar el plan de mantenimiento se debe iniciar con la recopilación de información del estado actual de la empresa con el mantenimiento aplicado al camión grúa por ello en la siguiente etapa menciona el trabajo que realizan e identifica los elementos críticos de los camiones grúa, donde le permitirá elaborar las actividades preventivas que contemplara su plan de mantenimiento. Esto nos permitió poder complementar en la etapa 1 y 2 que es la recolección de información para luego realizar el análisis situacional de la empresa respecto al mantenimiento y considerar algunas actividades preventivas para la elaboración del plan de mantenimiento como tener en consideración al trabajo que realizara y en donde del camión grúa.

#### **6.2.2. Contratación de los resultados con estudios nacionales**

- Según la tesis perteneciente a Samanez (2019) con el título **“Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la flota de camiones grúa y grúas telescópicas de una empresa minera en Arequipa”**. Donde las propuestas de mejora según su diagnóstico y análisis de cómo se encuentra el mantenimiento de sus grúas antes y después de la aplicación del plan de mantenimiento por lo que elabora check list y cartillas de mantenimiento según las horas de operación (ver sub capítulo 6.2 de Samanez) por lo que analiza antes y después logrando incrementar la disponibilidad en un 2.2% (ver tabla 36 de Samanez), por lo cual realizamos la comparativa para poder visualizar la mejora por grúa, por lo que logramos un incremento en la disponibilidad de un 8% (ver tabla 5.8 y Fig. 5.6).
- Según la tesis perteneciente a Vega (2017) con el título **“Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017”**. Debido a la similitud en la recopilación de los datos nos permitió a través de una hoja Excel poder extraer los datos necesarios del registro de ocurrencias para nuestros cálculos aun que el calcula la fiabilidad y en mi

estudio cálculo la confiabilidad mediante el cálculo del MTBF, analizando sus datos (Tabla N° 32 de Vega) logra un aumento en su disponibilidad de un 7.6%, pero en nuestra investigación con el cálculo de la confiabilidad incrementamos la disponibilidad en un 8%.

- Según la tesis perteneciente a Centeno y León (2021) con el título **“Mejorar la disponibilidad de equipos de Camión Grúa aplicando la Teoría de Restricciones para el servicio en unidades mineras del Sur del Perú”**. Fue importante en la investigación para analizar la situación actual de la empresa por medio de la matriz FODA y el diagrama de causa-efecto la cual nos permitió poder identificar la problemática de la falta de un plan de mantenimiento (Fig. 4.12) y en su estudio su problemática es la falta de toma de decisiones efectiva para la resolución en el incumplimiento de la demanda y la carencia de planificación – programación de mantenimiento de los equipos (Tabla 17 de Centeno y León), para la cual emplea una teoría distinta de nuestro estudio (teoría de restricciones). Si comparo con esta investigación su estudio logra el 90% de la disponibilidad de su población la cual es mucho menor con la disponibilidad obtenida del 95%, pero el nivel de identificación de los factores de la falta de disponibilidad es cerca de un 100%.

### **6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

El autor del informe final para la titulación se responsabiliza por la información emitida en la investigación titulada “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para incrementar la disponibilidad de las Grúas Hidráulicas Articulas de la Empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.” donde se somete a las normas, reglamentos y directivas de la Universidad Nacional de Callao para la obtención del título profesional.

## VII. CONCLUSIONES

- Se concluye de las 07 grúas hidráulicas articuladas de nuestro estudio se logró incrementar la disponibilidad en promedio de un 8% y analizando la meta según lo planteado en nuestra descripción del problema, logrando superar el 90% en la disponibilidad acorde con la meta trazada.
- Se concluye que el levantamiento de información de nuestra muestra de 07 grúas hidráulicas articuladas las cuales pertenecen a la marca HIAB con distintos modelos y capacidades, nos permitió analizar la situación de la empresa y de su mantenimiento a las grúas, teniendo como resultado que no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo para las grúas hidráulicas articuladas. Por lo que se elaboró formatos que nos permitió recolectar e identificar a las grúas para su análisis.
- Se concluye que el análisis situacional de la empresa analizado mediante la matriz FODA y el diagrama de causa-efecto (Ishikawa) se identificó el problema principal que es la falta de mantenimiento preventivo y por medio de un estudio de criticidad a las 07 grúas se determinó que el factor más crítico es el mantenimiento. Con este análisis se planifico y se elaboró las actividades del mantenimiento preventivo para las grúas hidráulicas articuladas.
- Se concluye que la planificación empleando el plan de mantenimiento preventivo, OT y formatos elaborados se logró extraer los datos para el análisis del MTBF, MTTR y la disponibilidad durante el periodo de los 6 meses en estudio, siguiendo con el proceso del mantenimiento la cual verifica que lo planificado se aplicó de manera satisfactoria.
- Se concluye que del análisis del MTBF se obtiene una diferencia de 7.51, por lo que el tiempo de que ocurra una falla incrementa y así se logró incrementar la confiabilidad.
- Se concluye que del análisis de MTTR se obtiene una diferencia en 4.09, esto representa que el tiempo medio de reparación disminuya en 4.09 y con ello se determina que la mantenibilidad incrementa.

## VIII. RECOMENDACIONES

- El área de mantenimiento debe analizar a cada grúa según el tipo de trabajo que será sometido y los factores externos que afecte la vida útil de los componentes, para realizar el plan de mantenimiento preventivo con actividades de mantenimiento según los tiempos de operación.
- El área de mantenimiento debe realizar una lista de requerimiento para iniciar el levantamiento de información, capacitar al personal y dar seguimiento a los datos recopilados mediante el informe del personal encargado.
- El área de mantenimiento debe realizar encuestas e instalar el buzón de sugerencias al personal de mantenimiento para analizar la situacional actual de la empresa e identificar oportunidades de mejora, con ello se realizará la planificación de las actividades en el plan de mantenimiento preventivo.
- El área de mantenimiento debe dar seguimiento y generar una cultura del mantenimiento preventivo al personal involucrado en la realización de las actividades programadas del plan de mantenimiento preventivo para evitar algún incidente o accidente futuro.
- El área de mantenimiento debe cumplir con las normas, manual de mantenimiento y criterios de inspección vigentes para las grúas hidráulicas articuladas para incrementar o mantener la confiabilidad mediante el análisis del indicador del MTBF.
- El área de mantenimiento debe entrenar al personal operativo en la utilización de formatos (Check list, entre otros) como ser participe en la elaboración del procedimiento escrito de trabajo seguro y del plan de Izaje para que el operario pueda identificar alguna anomalía o falla en el equipo antes de la operación y al trabajo al cual será sometido, con la finalidad de evitar que una falla se agrave y por ende incremente los tiempos de reparación donde el indicador del MTTR incrementa haciendo así que la mantenibilidad disminuya.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUADO QUINTEO, N., 2008. Mantenimiento preventivo en maquinas herramientas. *GestioPolis* [en línea]. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/mantenimiento-preventivo-maquinas-herramientas/>.
- ARMIJOS BOLAÑOS, F.R. y MOYOTA FLORES, C.A., 2013. *Implementacion de un sistema de gestión de mantenimiento para el hospital de la brigada N° 11 galápagos*. S.I.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- ASME B30.22, 2016. *Articulating Boom Cranes*. New York: American Society Of Mechanical Engineers. ISBN 978-0-7918-7052-5.
- BEMBIBRE, C., 2010. Definición de Camión. *Definición ABC* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/tecnologia/camion.php>.
- BERNAL TORRES, C.A., 2010. *Metodología de la Investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. 3era ed. Bogotá: Pearson Educación. ISBN 978-958-699-129-2.
- BORJA SUÁREZ, M., 2016. *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo: s.n.
- CENTENO BATALLANOS, J.M. y LEON DURAN, G., 2021. *Mejorar la disponibilidad de equipos de Camión Grúa aplicando la Teoría de Restricciones para el servicio en unidades mineras del Sur del Perú*. S.I.: Universidad Tecnológica del Perú.
- CORDERO VARGAS, J.R., 2010. *Plan de mejora del mantenimiento de las unidades de la flota de camiones gruas articuladas de 12 TM*. S.I.: Universidad Nacional de Ingeniería.
- DERCO CENTER, 2022. Conoce tu vehículo: función del diferencial. *¿Que es el diferencial de un auto?* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.dercocenter.cl/noticias/conoce-tu-vehiculo-funcion-del-diferencial-de-un-auto>.
- DUFFUAA, S.O., RAOUF, A. y CAMPBELL, J.D., 2000. *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. Primera ed. México: Grupo Noriega Editores. ISBN 968-18-5918-9.

- ELEBIA AUTOHOOKS S.L.U., 2021. Grúa Articulada: Qué es, Características y Usos. *¿Qué es la grúa articulada?* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2021]. Disponible en: <https://elebia.com/gancho-grua/grua-articulada/>.
- ELISAVA, 2021. ¿Qué es ingeniería de diseño industrial? *¿Qué es diseño industrial?* [en línea]. [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.elisava.net/es/noticias/que-es-ingenieria-diseno-industrial>.
- ESPINOZA MONTES, C., 2010. *Metodología de investigación tecnológica pensando en sistemas*. Primera ed. Huancayo: Imagen Grafica S.A.C. ISBN 978-612-00-0222-3.
- GARCIA, Bélgica, 2022. ¿Qué es el diferencial? *MEMO LIRA* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://memolira.com/breaking-news/que-es-el-diferencial/>.
- GARCIA, Eliza, 2022. Conoce el sistema eléctrico de tu camión. *AMATRUCK* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://blog.amatruck.com.mx/conoce-el-sistema-electrico-de-tu-camion/>.
- GARCIA GARRIDO, S., 2003. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A. ISBN 84-7978-548-9.
- HANKOOK, 2022. Funciones de los neumáticos. *Hankook driving emotion* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.hankooktire.com/es/services-tips/tire-guide/functions.html>.
- HEIZER, J. y RENDER, B., 2009. *Principios de Administración de Operaciones*. Séptima ed. Naucalpan: Pearson Educación de México. ISBN 978-607-442-099-9.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. del P., 2014. *Metodología de la Investigación*. Sexta edic. México: Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- INFRASPEAK, 2022. ¿Que es el MTBF y como calcularlo? *Mantenimiento* [en línea]. [Consulta: 17 julio 2022]. Disponible en: <https://blog.infraspeak.com/es/que-es-mtbf/>.
- INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TÉCNICAS, 2009. *Herramientas para la mejora de la calidad*. Montevideo: Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.

- MARTÍNEZ MELO, A.C. y GARCIA PINEDA, L.D., 2017. *Gestión del Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa COLMINERALES LTDA. S.I.*: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- MENA, J., 2020. Guía Articulada Sobre Camión. *CONSITEC CERTIFICACIONES & CONSULTORIA* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://consitecperu.com/guia-articulada-sobre-camion/>.
- MOHAMMAD NAGHI, N., 2002. *Metodología de la Investigación*. Editorial. México: Grupo Noriega Editores. ISBN 968-18-5517-5.
- MORA GUTIÉRREZ, L.A., 2009. *Mantenimiento Planeación, ejecución y control*. Primer Ed. México: Alfaomega Grupo Editor S.A. ISBN 978-958-682-769-0.
- ORÉ, H., 2018. Lo que debes saber sobre la tabla de carga de una grúa. *Certificaciones CCH Perú* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://certificacionscch.com/lo-que-debes-saber-sobre-tabla-carga-grua/>.
- PALFINGER, 2022. Grúas Hidráulicas Articuladas. *PALFINGER* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.palfinger.com/es-es/productos/gruas-hidraulicas-articuladas>.
- PÉREZ RONDÓN, F.A., 2021. *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Primera ed. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás. ISBN 978-958-8477-92-3.
- PLANAS, O., 2018. ¿Qué es un motor? *DEMOTOR* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://demotor.net/blog/que-es-un-motor>.
- PRANDO, R., 1996. *Manual gestión de mantenimiento a la medida*. Primera ed. San Salvador: Editorial Pieda Santa. ISBN 84-8377-399-6.
- REDACCIÓN, 2017. ¿Cómo inspeccionar el sistema eléctrico de un camión? *Ideas de Alto Impacto S.A.* [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.indicadorautomotriz.com.mx/tendencias/como-inspeccionar-el-sistema-electrico-de-un-camion/>.
- ROMO, J., 2021. El diseño en la ingeniería civil. *Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos* [en línea], Disponible en: [https://www.revistadeobraspublicas.com/articulos/el-diseno-en-la-](https://www.revistadeobraspublicas.com/articulos/el-diseno-en-la)

ingenieria-civil/.

- RUDA SUAREZ, R.R., 2015. *Elaboración de un manual de operación para izaje de carga de la empresa colombia crane & service*. Duitama: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- SALINAS CASTRO, W.H. y SINCHI SINCHI, L.M., 2020. *Propuesta de un plan de mantenimiento mediante un analisis de criticidad de fallos para vehiculos de categoria N de la prefectura del Azuay*. S.I.: Universidad Politécnica Salesiana.
- SAMANEZ OLIVARES, S.C. y HERRERA MACHACA, A.O., 2019. *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la flota de camiones grúa y grúas telescópicas de una empresa minera en Arequipa*. S.I.: Universidad Antonio Ruiz de Montoya.
- SHIROSE, K., 1984. *TPM para mandos intermedios de fábrica*. Primera ed. 1994: TGP Hoshin S.L. ISBN 84-87022-11-1.
- TRONCOSO MORALES, G.E., 2021. *Desarrollar plan de mantenimiento de grúa de brazo articulado modelo: PALFINGER PK 23500*. S.I.: Universidad Técnica Federico Santa María.
- VALDERRAMA MENDOZA, S., 2013. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta*. Segunda ed. Lima: Editorial San marcos E.I.R.L. ISBN 978-612-302-878-7.
- VARA HORNA, A.A., 2012. *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*. Tercera ed. Lima: Universidad San Martín de Porres.
- VEGA ACUÑA, A.M., 2017. *Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa grúas américa s.a.c. Santa Anita, 2017*. S.I.: Universidad César Vallejo.
- YUNI, J.A. y URBANO, C.A., 2014. *Técnicas para investigar: Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación*. Primera Ed. Córdova: Editorial Brujas. ISBN 978-987-591-548-0.
- ZAVALA HORMAECHEA, L.M. y VALENZUELA ROSENZUAIG, H., 2020. *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para camiones grúa en la empresa JPL Comercial LTDA*. S.I.: Universidad Católica de Valparaíso.

# ANEXOS

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cómo diseñar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa Corporación ELMARVI S.A.C.?	<b>OBJETIVO GENERAL</b> Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b> El diseño del plan de mantenimiento preventivo permite incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.			Área de mantenimiento de las grúas	<b>Tipo de investigación</b> APLICADA
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> •¿Cómo realizar un levantamiento de información para analizar la situación del mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACION ELMARVI S.A.C.? •¿Cómo realizar un análisis situacional para planificar los trabajos de mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.? •¿Cómo realizar la planificación del mantenimiento preventivo para su aplicación en las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.? •¿Cómo aplicar el plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.? •¿Cómo aplicar el plan de mantenimiento para incrementar la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.?	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> •Realizar un levantamiento de información para analizar la situación del mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C. •Realizar un análisis situacional para planificar los trabajos de mantenimiento en las maquinarias de las de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C. •Realizar la planificación del mantenimiento preventivo para su aplicación en las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C. •Aplicar el plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C. •Aplicar el plan de mantenimiento para incrementar la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b> •El levantamiento de información permite analizar la situación del mantenimiento de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C. •El análisis situacional permite la planificación de los trabajos de mantenimiento en las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C. •La planificación del mantenimiento preventivo permite su aplicación en las grúas hidráulicas articuladas de la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C. •La aplicación del plan de mantenimiento permite incrementar la confiabilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C. •La aplicación del plan de mantenimiento permite incrementar la mantenibilidad de las grúas hidráulicas articuladas en la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.	<b>Variable Independiente</b>  Plan de Mantenimiento Preventivo	Análisis situacional  Planificación	Reporte de mantenimiento  Orden de trabajo  Ocurrencia de fallas	<b>Diseño de la investigación</b> EXPERIMENTAL  <b>Nivel de investigación</b> PRE EXPERIMENTAL  <b>Enfoque</b> CUANTITATIVO  <b>Estudio</b> LONGITUDINAL  <b>Método de investigación</b> Analítico y Sintético
				Aplicación	Indicadores de mantenimiento	<b>Población</b> 08 grúas hidráulicas articuladas
				Confiabilidad	MTBF (Hrs)	<b>Muestra:</b> 07 grúas hidráulicas articuladas
			<b>Variable dependiente</b>  Disponibilidad	Mantenibilidad	MTTR (Hrs)	<b>Técnica de recolección de datos</b> Documental y empírico
						<b>Instrumento</b> Orden de Trabajo

## ANEXO 2: CARTA DE AUTORIZACION DE USO DE DATOS DE LA EMPRESA



### CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE DATOS DE LA EMPRESA



Yo Kevin Gustavo Igrada Valer Identificado con DNI N° 70849650, en mi calidad de Gerente General de la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C. con R.U.C N° 20601229766

#### OTORGO LA AUTORIZACION

Al señor Christian Kevin Caceres Sanchez identificado con el DNI N° 70508698, alumno del curso ciclo taller de tesis de la unidad de pregrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía que utilice la siguiente información de la empresa:

- Datos de los equipos
- Datos de fallas de los equipos
- Logo de la empresa
- Formatos de la empresa

Con la finalidad de que pueda desarrollar su tesis para optar el grado de ingeniero.

Con respecto al uso del nombre de la empresa, en mi calidad de representante legal, manifesté que:

- ( ) Se debe mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa o
- (X) Se puede mencionar el nombre de la empresa en la tesis.

Adjuntar a esta carta la siguiente información del representante legal (firmada):

- Vigencia de Poder o Ficha RUC o consulta RUC (*para el caso de empresas privadas*).
- ROF o MOF o Resolución de designación, (*para el caso de empresas públicas*).
- Copia del DNI del Representante Legal (*para validar su firma en el formato*).

CORPORACION ELMARVI S.A.C.  
Kevin Igrada Valer  
GERENTE GENERAL

Firma y sello del Representante Legal  
DNI: 70849650

El Tesisista declara que los datos emitidos en esta carta y en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el bachiller será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

Firma del Bachiller  
DNI: 70508698

**FICHA RUC : 20601229766**  
**CORPORACION ELMARVI SOCIEDAD ANONIMA CERRADA**

Número de Transacción : 541181785  
 CIR - Constancia de Información Registrada

Incorporado al Régimen de Buenos Contribuyentes (D. Leg 912) a partir del 01/05/2019  
 Mediante Resolución N° 0230050265146

**Información General del Contribuyente**

Apellidos y Nombres ó Razón Social : CORPORACION ELMARVI SOCIEDAD ANONIMA CERRADA  
 Tipo de Contribuyente : 39-SOCIEDAD ANONIMA CERRADA  
 Fecha de Inscripción : 17/05/2016  
 Fecha de Inicio de Actividades : 17/05/2016  
 Estado del Contribuyente : ACTIVO  
 Dependencia SUNAT : 0023 - INTENDENCIA LIMA  
 Condición del Domicilio Fiscal : HABIDO  
 Emisor electrónico desde : 12/09/2019  
 Comprobantes electrónicos : FACTURA (desde 12/09/2019), (desde 12/11/2019),BOLETA (desde 21/10/2021)

**Datos del Contribuyente**

Nombre Comercial : -  
 Tipo de Representación : -  
 Actividad Económica Principal : 0990 - ACTIVIDADES DE APOYO PARA OTRAS ACTIVIDADES DE EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CANTERAS  
 Actividad Económica Secundaria 1 : 7730 - ALQUILER Y ARRENDAMIENTO DE OTROS TIPOS DE MAQUINARIA, EQUIPO Y BIENES TANGIBLES  
 Actividad Económica Secundaria 2 : 4390 - OTRAS ACTIVIDADES ESPECIALIZADAS DE CONSTRUCCIÓN  
 Sistema Emisión Comprobantes de Pago : MANUAL  
 Sistema de Contabilidad : MANUAL  
 Código de Profesión / Oficio : -  
 Actividad de Comercio Exterior : SIN ACTIVIDAD  
 Número Fax : -  
 Teléfono Fijo 1 : -  
 Teléfono Fijo 2 : -  
 Teléfono Móvil 1 : 1 - 942778075  
 Teléfono Móvil 2 : -  
 Correo Electrónico 1 : gerencia@elmarvi.com  
 Correo Electrónico 2 : contabilidad@elmarvi.com

**Domicilio Fiscal**

Actividad Economica : 0990 - ACTIVIDADES DE APOYO PARA OTRAS ACTIVIDADES DE EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CANTERAS  
 Departamento : LIMA  
 Provincia : LIMA  
 Distrito : LURIGANCHO  
 Tipo y Nombre Zona : URB. LOTIZACION EL CLUB II ETAPA  
 Tipo y Nombre Vía : AV. LOS CISNES  
 Nro : -  
 Km : -  
 Mz : H2  
 Lote : 13C  
 Dpto : -  
 Interior : -  
 Otras Referencias : REPARTO PARALELA A RAMIRO PRIALE  
 Condición del inmueble declarado como Domicilio Fiscal : ALQUILADO

**Datos de la Empresa**

Fecha Inscripción RR.PP : 25/04/2016  
 Número de Partida Registral : 13615221  
 Tomo/Ficha : -  
 Folio : -  
 Asiento : -  
 Origen del Capital : NACIONAL  
 País de Origen del Capital : -

**Registro de Tributos Afectos**

Tributo	Afecto desde	Marca de Exoneración	Exoneración	
			Desde	Hasta
IGV - OPER. INT. - CTA. PROPIA	17/05/2016	-	-	-
RENTA 4TA. CATEG. RETENCIONES	01/08/2018	-	-	-
RENTA 5TA. CATEG. RETENCIONES	01/08/2018	-	-	-
RENTA - REGIMEN MYPE TRIBUTARIO	01/01/2017	-	-	-
ESSALUD SEG REGULAR TRABAJADOR	01/08/2018	-	-	-

SNP - LEY 19990	01/08/2018	-	-	-
SENCICO	17/05/2016	-	-	-

**Representantes Legales**

Tipo y Número de Documento	Apellidos y Nombres	Cargo	Fecha de Nacimiento	Fecha Desde	Nro. Orden de Representación
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD -70849650	IGREDA VALER KEVIN GUSTAVO Dirección URB. VALLE HERMOSO DPTO. 401 AV. LOS INGENIEROS 175	GERENTE GENERAL Ubigeo LIMA LIMA SANTIAGO DE SURCO	28/07/1993 Teléfono 15 --	25/11/2020 Correo -	-

**Otras Personas Vinculadas**

Tipo y Nro.Doc.	Apellidos y Nombres	Vinculo	Fecha de Nacimiento	Fecha Desde	Origen	Porcentaje
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD -70849650	IGREDA VALER KEVIN GUSTAVO Dirección	SOCIO Ubigeo ---	28/07/1993 Teléfono ---	05/09/2020	- Correo -	50.000000000
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD -04080958	VALER VALVERDE DELIA ELIZABETH Dirección	SOCIO Ubigeo ---	31/07/1970 Teléfono ---	25/04/2016	- Correo -	50.000000000

**Establecimientos Anexos**

Código	Tipo	Denominación	Ubigeo	Domicilio	Otras Referencias	Cond.Legal
0001	OF.ADMINIST.	-	PASCO PASCO YANACANCHA	APV. GERARDO PATIÑO LOPEZ PRO. LAS AMERICAS Mz H Lote 13	-	ALQUILADO

**Importante**

La SUNAT se reserva el derecho de verificar el domicilio fiscal declarado por el contribuyente en cualquier momento.

Documento emitido a través de SOL - SUNAT Operaciones en Línea, que tiene validez para realizar trámites Administrativos, Judiciales y demás

DEPENDENCIA SUNAT  
Fecha:19/07/2022  
Hora:09:09

## ANEXO 3: VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE JUICIO DE EXPERTO 1

### INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERAL:

- 1.1. **Apellidos y Nombres (Juez):** MEJIA GONZALES JORGE ERNESTO
- 1.2. **Grado Académico:** BACHILLER TITULADO
- 1.3. **Profesión:** ING. MECÁNICO
- 1.4. **Institución donde trabaja:** CM & C SM S.A.C.
- 1.5. **Cargo que desempeña:** GERENTE DE OPERACIONES
- 1.6. **Denominación del Instrumento:** ORDEN DE TRABAJO
- 1.7. **Apellidos y Nombres del autor del Instrumento:** CACERES SANCHEZ CHRISTIAN KEVIN

#### II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
<b>Claridad</b>	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.					✓
<b>Actualidad</b>	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del tesista.					✓
<b>Consistencia</b>	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Callao.					✓
<b>Coherencia</b>	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del instrumento.					✓
<b>Pertinencia</b>	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.					✓

<b>Suficiencia</b>	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.					✓
SUMATORIA PARCIAL						30
SUMATORIA TOTAL		30				

**III. RESULTADOS**

3.1. Valoración Total: 30

3.2. Opinión: \_\_\_\_\_

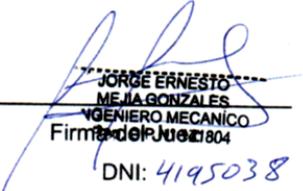
Favorable: ✓

No Favorable: \_\_\_\_\_

3.3. Observaciones:

El instrumento presentado es apropiado para la evaluación de los proyectos de tesis de pregrado y posgrado. Se sugiere que, levantadas las observaciones, pase a la unidad académica correspondiente para su aprobación y aplicación.

Bellavista, 20 de JULIO de 2022

  
 -----  
 JORGE ERNESTO  
 MEJÍA GONZALES  
 INGENIERO MECANICO  
 Firmado por: Jorge Ernesto Mejía Gonzales  
 DNI: 41950381

## ANEXO 4: VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE JUICIO DE EXPERTO 2

### INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERAL:

- 1.1. Apellidos y Nombres (Juez): NUNTON MILLONES, JOSÉ RUFINO
- 1.2. Grado Académico: TITULADO BACHILLER
- 1.3. Profesión: INGENIERO MECÁNICO
- 1.4. Institución donde trabaja: CMBC JM SAC
- 1.5. Cargo que desempeña: SUPERVISOR / INSPECTOR
- 1.6. Denominación del Instrumento: ORDEN DE TRABAJO
- 1.7. Apellidos y Nombres del autor del Instrumento: CACERES  
SANCHEZ CHRISTIAN KEVIN

#### II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
<b>Claridad</b>	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				✓	
<b>Actualidad</b>	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del tesista.				✓	
<b>Consistencia</b>	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Callao.				✓	
<b>Coherencia</b>	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del instrumento.					✓
<b>Pertinencia</b>	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.					✓



## ANEXO 5: VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE JUICIO DE EXPERTO 3

### INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERAL:

- 1.1. **Apellidos y Nombres (Juez):** HUAHAN ALFARO JUAN CARLOS
- 1.2. **Grado Académico:** MAESTRIA
- 1.3. **Profesión:** ING. MECANICA
- 1.4. **Institución donde trabaja:** FIME - UNAC
- 1.5. **Cargo que desempeña:** DOCENTE - METODOLOGO
- 1.6. **Denominación del Instrumento:** ORDEN DE TRABAJO
- 1.7. **Apellidos y Nombres del autor del Instrumento:**  
CACERES SANCHEZ CHRISTIAN KEVIN

#### II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
<b>Claridad</b>	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				✓	
<b>Actualidad</b>	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del tesista.				✓	
<b>Consistencia</b>	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Callao.					✓
<b>Coherencia</b>	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del instrumento.					✓
<b>Pertinencia</b>	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.				✓	

<b>Suficiencia</b>	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.						✓
SUMATORIA PARCIAL					12	15	
SUMATORIA TOTAL							27

**III. RESULTADOS**

3.1. Valoración Total: 27

3.2. Opinión: \_\_\_\_\_

Favorable: ✓

No Favorable: \_\_\_\_\_

3.3. Observaciones:

El instrumento presentado es apropiado para la evaluación de los proyectos de tesis de pregrado y posgrado. Se sugiere que, levantadas las observaciones, pase a la unidad académica correspondiente para su aprobación y aplicación.

Bellavista, 20 de JULIO de 2022



Firma del Juez

DNI: 40607588

**ANEXO 6: CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DE LA GRUA HIAB X-HIPRO 638E-8, CON SERIE 6380163 – GRUA 1.**

**CM&C JM S.A.C.**  
Certificado N° 112020 / A02819



**CM&C JM S.A.C.**

Lima, 05 de Noviembre del 2020

**CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD**

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1 Nombre del solicitante : **CORPORACION ELMARVI S.A.C.**
- 1.2 Dirección : Jr. Anemonas N° 539 Int 402 – San Juan de Lurigancho – Lima.
- 1.3 Propósito de la certificación : Verificar la operatividad de un Camión Grúa con Pluma Articulada marca **HIAB**, modelo **X-HIPRO 638E-8**, de acuerdo a los requerimientos siguientes:
- Datos de la máquina (verificación de las placas de identificación del equipo).
  - Inspección visual y estado de las partes, componentes y elementos de seguridad (sistema eléctrico, cabina y accesorios, sistema hidráulico, sistema de frenos, otros).
  - Prueba de operatividad.
- 1.4 Normas de referencia : - ANSI / ASME B30.22 – 2016.  
- ANSI / ASME B30.10 – 2019.  
- Manual de operación y mantenimiento del equipo.
- 1.5 Apellidos y nombres del inspector : - Mejía Gonzales, Jorge E.  
- Cáceres Sánchez, Christian K.

**2. DATOS DEL PRODUCTO**

- 2.1 Identificación : **CAMION GRUA CON PLUMA HIDRAULICA ARTICULADA**

Camión	
Marca <sup>(1)</sup>	: SINOTRUCK
Modelo <sup>(1)</sup>	: ZZ5437V4667E1
N° placa <sup>(1)</sup>	: BAR-712
N° de ejes en chasis <sup>(1)</sup>	: Cuatro (04)
N° de ruedas <sup>(1)</sup>	: Doce (12)
Color <sup>(1)</sup>	: Rojo Negro
N° de serie <sup>(1)</sup>	: LZZ1BYNFXJN398462
N° de Motor <sup>(1)</sup>	: 180607030357
Año de Fabricación <sup>(1)</sup>	: 2018

Grúa Articulada	
Marca <sup>(1)</sup>	: HIAB
Modelo <sup>(1)</sup>	: X-HIPRO 638E-8
N° Serie <sup>(1)</sup>	: 6380163
Tipo de pluma <sup>(1)</sup>	: Hidráulico articulado
N° Secciones de pluma <sup>(1)</sup>	: Dos (02) articuladas + Ocho (08) telescópicas
Capacidad nominal del equipo <sup>(1)</sup>	: 22.000 Kg (a 2.0 m)
N° de estabilizadores <sup>(1)</sup>	: Cuatro (04)
Año de Fabricación <sup>(1)</sup>	: 2020
Color del equipo <sup>(1)</sup>	: Negro

<sup>(1)</sup> Declarado por el cliente.

**CM&C JM S.A.C.**

Página 1 de 5

**ANEXO 7: CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DE LA GRUA HIAB 090 AW,  
CON SERIE 90.118 – GRUA 2.**

**CM&C JM S.A.C.**  
Certificado N° 072020 / A02628



**CM&C JM S.A.C.**

Lima, 07 de Julio del 2020

**CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD**

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1 Nombre del solicitante : **CORPORACION ELMARVI S.A.C.**
- 1.2 Dirección : Jr. Anemonas N° 539 Int 402 – San Juan de Lurigancho – Lima.
- 1.3 Propósito de la certificación : Verificar la operatividad de un Camión Grúa con Pluma Articulada marca **HIAB**, modelo **090 AW**, de acuerdo a los requerimientos siguientes:  
- Datos de la máquina (verificación de las placas de identificación del equipo).  
- Inspección visual y estado de las partes, componentes y elementos de seguridad (sistema eléctrico, cabina y accesorios, sistema hidráulico, sistema de frenos, otros).  
- Prueba de operatividad.
- 1.4 Normas de referencia : - ANSI / ASME B30.22 – 2016.  
- ANSI / ASME B30.10 – 2018.  
- Manual de operación y mantenimiento del equipo.
- 1.5 Apellidos y nombres del inspector : - Mejía Gonzales, Jorge E.  
- Cáceres Sánchez, Christian Kevin.

**2. DATOS DEL PRODUCTO**

- 2.1 Identificación : CAMION GRUA CON PLUMA HIDRAULICA ARTICULADA

Camión	
Marca (*)	: HINO
Modelo (*)	: FT
N° placa (*)	: AMX-783
N° de ejes en chasis (*)	: Dos (02)
N° de ruedas (*)	: Seis (06)
Color (*)	: Blanco Negro
N° de serie (*)	: JHDFT1JGSFXX10016
N° de Motor (*)	: J08CUM12102
Año de Fabricación (*)	: 2015

Grúa Articulada	
Marca (*)	: HIAB
Modelo (*)	: 090 AW
N° Serie (*)	: 090.118
Tipo de pluma (*)	: Hidráulico Articulado
N° Secciones de pluma (*)	: Dos (02) articuladas + Tres (03) telescópicas
Capacidad nominal del equipo (*)	: 4,500 Kg (a 1.8 m).
N° de estabilizadores (*)	: Cuatro (04)
Año de Fabricación	: 2011
Color del equipo (*)	: Negro

(\*) Declarado por el cliente.

**CM&C JM S.A.C.**

Página 1 de 5

**ANEXO 8: CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DE LA GRUA HIAB 550-5,  
CON SERIE 550.114 – GRUA 3.**

<b>CM&amp;C JM S.A.C.</b> Certificado N° 072020 / A02643	
Lima, 15 de Julio del 2020	<b>CM&amp;C JM S.A.C.</b>
<b>CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1 Nombre del solicitante	: CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.
1.2 Dirección	: Jr. Anemonas Nro. 539 Int. 402 – S.J.L. – Lima.
1.3 Propósito de la certificación	: Verificar la operatividad de un Camión Grúa con Pluma Articulada marca <b>HIAB</b> , modelo <b>550-5</b> , de acuerdo a los requerimientos siguientes: - Datos de la máquina (verificación de las placas de identificación del equipo). - Inspección visual y estado de las partes, componentes y elementos de seguridad (sistema eléctrico, cabina y accesorios, sistema hidráulico, sistema de frenos, otros). - Prueba de operatividad.
1.4 Normas de referencia	: - ANSI / ASME B30.22 – 2016. - ANSI / ASME B30.10 – 2018. - Manual de operación y mantenimiento del equipo.
1.5 Apellidos y nombres del inspector	: - Mejía Gonzales, Jorge E. - Nunton Millones, José Rufino.
<b>2. DATOS DEL PRODUCTO</b>	
2.1 Identificación	: CAMION GRUA CON PLUMA HIDRAULICA ARTICULADA
<b>Camión</b>	
Marca <sup>(1)</sup>	: INTERNATIONAL
Modelo <sup>(1)</sup>	: 7600 SBA 6X4
N° placa <sup>(1)</sup>	: AWI - 803
N° de ejes en chasis <sup>(1)</sup>	: Tres (03)
N° de ruedas <sup>(1)</sup>	: Diez (10)
Color <sup>(1)</sup>	: Blanco-Negro-Amarillo
N° de serie <sup>(1)</sup>	: 3HTWYAHT5JN051139
N° de Motor <sup>(1)</sup>	: 35345267
Año de Fabricación <sup>(1)</sup>	: 2017
<b>Grúa Articulada</b>	
Marca <sup>(1)</sup>	: HIAB
Modelo <sup>(1)</sup>	: 550 - 5
N° Serie <sup>(1)</sup>	: 550.114
Tipo de pluma <sup>(1)</sup>	: Hidráulico Articulado
N° Secciones de pluma <sup>(1)</sup>	: Dos (02) articuladas + seis (06) telescópicas
Capacidad nominal del equipo <sup>(1)</sup>	: 18,000 Kg.
N° de estabilizadores <sup>(1)</sup>	: Cuatro (04)
Año de Fabricación	: 2012
Color del equipo <sup>(1)</sup>	: Negro

<sup>(1)</sup>Declarado por el cliente.



Página 1 de 5

CM & C JM S.A.C. - APV. Los Pinos de Santa Rosa Mz'G' Lt 6 – San Martín de Porres – Lima  
Web: [www.cmcm.com](http://www.cmcm.com) / E-mail: [administracion@cmcm.com](mailto:administracion@cmcm.com) / Movil: +511 99354656

**ANEXO 9: CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DE LA GRUA HIAB X-HIPRO 1058E-10, CON SERIE 10580145 – GRUA 4.**

**CM&C JM S.A.C.**  
Certificado N° 062020 / A02611



**CM&C JM S.A.C.**

Lima, 17 de Junio del 2020

**CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD**

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1 Nombre del solicitante : **CORPORACION ELMARVI S.A.C.**
- 1.2 Dirección : Jr. Anemonas Nro. 539 Int. 402 – S.J.L. – Lima.
- 1.3 Propósito de la certificación : Verificar la operatividad de un Camión Grúa con Pluma Articulada marca **HIAB**, modelo **X-HIPRO 1058E-10**, de acuerdo a los requerimientos siguientes:  
- Datos de la máquina (verificación de las placas de identificación del equipo).  
- Inspección visual y estado de las partes, componentes y elementos de seguridad (sistema eléctrico, cabina y accesorios, sistema hidráulico, sistema de frenos, otros).  
- Prueba de operatividad.
- 1.4 Normas de referencia : - ANSI / ASME B30.22 – 2016.  
- ANSI / ASME B30.10 – 2018.  
- Manual de operación y mantenimiento del equipo.
- 1.5 Apellidos y nombres del inspector : - Mejía Gonzales, Jorge E.  
- Cáceres Sánchez, Christian Kevin

**2. DATOS DEL PRODUCTO**

- 2.1 Identificación : CAMIÓN GRUA CON PLUMA HIDRAULICA ARTICULADA
- Camión**
- Marca (\*) : FOTON  
Modelo (\*) : BJ3319DNPJ-A3  
N° placa (\*) : BAC-925  
N° de ejes en chasis (\*) : Cuatro (04)  
N° de ruedas (\*) : Doce (12)  
Color (\*) : Amarillo Negro  
N° de serie (\*) : LVBV7PEC3JT015981  
N° de Motor (\*) : 76226935  
Año de Fabricación (\*) : 2018
- Grúa Articulada**
- Marca (\*) : HIAB  
Modelo (\*) : X-HIPRO 1058E-10  
N° Serie (\*) : 10580145  
Tipo de pluma (\*) : Hidráulico Articulado  
N° Secciones de pluma (\*) : Dos (02) articuladas + Diez (10) telescópicas  
Capacidad nominal del equipo (\*) : 22,000 Kg (a 3.0 m)  
N° de estabilizadores (\*) : Cuatro (04)  
Año de Fabricación : 2018  
Color del equipo (\*) : Negro

(\*) Declarado por el cliente.

**CM&C JM S.A.C.**

Página 1 de 5

**ANEXO 10: CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DE LA GRUA HIAB X-HIPRO 1058E-10, CON SERIE 10580065 – GRUA 5.**

**CM&C JM S.A.C.**  
**Certificado N° 102019 / A02349**



**CM&C JM S.A.C.**

Lima, 23 de Octubre del 2019

**CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD**

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1 Nombre del solicitante : **IMPROMEC S.R.L.**
- 1.2 Dirección : Pj. Jose C. Mariategui Mza. E lote 23 Int. 3 Urb. Covima – La Molina - Lima.
- 1.3 Propósito de la certificación : Verificar la operatividad de un Camión Grúa con Pluma Articulada marca **HIAB**, modelo **X – HIPRO 1058E – 10**, de acuerdo a los requerimientos siguientes:  
 - Datos de la máquina (verificación de las placas de identificación del equipo).  
 - Inspección visual y estado de las partes, componentes y elementos de seguridad (sistema eléctrico, cabina y accesorios, sistema hidráulico, sistema de frenos, otros).  
 - Prueba de operatividad.
- 1.4 Normas de referencia : - ANSI / ASME B30.22 – 2016.  
 - ANSI / ASME B30.10 – 2014.  
 - Manual de operación y mantenimiento del equipo.
- 1.5 Apellidos y nombres del inspector : - Mejia Gonzales, Jorge E.

**2. DATOS DEL PRODUCTO**

- 2.1 Identificación : **CAMION GRUA CON PLUMA HIDRAULICA ARTICULADA**

**Camión**

Marca <sup>(1)</sup>	: DAF
Modelo <sup>(1)</sup>	: FAD CF85
N° placa <sup>(1)</sup>	: ATL-928
N° de ejes en chasis <sup>(1)</sup>	: Cuatro (04)
N° de ruedas <sup>(1)</sup>	: Doce (12)
Color <sup>(1)</sup>	: Blanco-Negro
N° de serie <sup>(1)</sup>	: XLRAD85MCJG154922
N° de Motor <sup>(1)</sup>	: A285543
Año de Fabricación <sup>(1)</sup>	: 2017

**Grúa Articulada**

Marca <sup>(1)</sup>	: HIAB
Modelo <sup>(1)</sup>	: X-HIPRO 1058E-10
N° Serie <sup>(1)</sup>	: 10580065
Tipo de pluma <sup>(1)</sup>	: Hidráulico Articulado
N° Secciones de pluma <sup>(1)</sup>	: Dos (02) articuladas + Diez (10) telescópicas
Capacidad nominal del equipo <sup>(1)</sup>	: 22,000 Kg (a 3.0 m).
N° de estabilizadores <sup>(1)</sup>	: Cuatro (04)
Año de Fabricación	: 2016
Color del equipo <sup>(1)</sup>	: Negro

<sup>(1)</sup> Declarado por el cliente.

**CM&C JM S.A.C.**

**ANEXO 11: CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DE LA GRUA HIAB 477E-6XS, CON SERIE 4771029 – GRUA 6.**

CM&C JM S.A.C.  
Certificado N° 012022 / A03647



CM&C JM S.A.C.

Lima, 24 de Enero del 2022

**CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD**

**1. DATOS GENERALES**

- 1.1 Nombre del solicitante : **CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.**
- 1.2 Dirección : Jr. Anemonas N° 539 Int. 402 – San Juan de Lurigancho – Lima.
- 1.3 Propósito de la certificación : Verificar la operatividad de un Camión Grúa con Pluma Articulada marca **HIAB**, modelo **477E-6XS**, de acuerdo a los requerimientos siguientes:  
- Datos de la máquina (verificación de las placas de identificación del equipo).  
- Inspección visual y estado de las partes, componentes y elementos de seguridad (sistema eléctrico, cabina y accesorios, sistema hidráulico, sistema de frenos, otros).  
- Prueba de operatividad.
- 1.4 Normas de referencia : - ANSI / ASME B30.22 – 2016.  
- ANSI / ASME B30.10 – 2019.  
- Manual de operación y mantenimiento del equipo.
- 1.5 Apellidos y nombres del inspector : - Mejía Gonzales, Jorge E.

**2. DATOS DEL PRODUCTO**

- 2.1 Identificación : CAMION GRUA CON PLUMA HIDRAULICA ARTICULADA

**Camión**

Marca <sup>(1)</sup>	: HINO
Modelo <sup>(1)</sup>	: FM
N° placa <sup>(1)</sup>	: BNA-939
N° de ejes en chasis <sup>(1)</sup>	: Tres (03)
N° de ruedas <sup>(1)</sup>	: Diez (10)
Color <sup>(1)</sup>	: AMARILLO – NEGRO
N° de serie <sup>(1)</sup>	: JHDFM1AR7NXX10371
N° de Motor <sup>(1)</sup>	: A09CUR20892

**Grúa Articulada**

Marca <sup>(1)</sup>	: HIAB
Modelo <sup>(1)</sup>	: 477E-6XS
N° Serie <sup>(1)</sup>	: 4771029
Tipo de pluma <sup>(1)</sup>	: Hidráulico Articulado
N° Secciones de pluma <sup>(1)</sup>	: Dos (02) articuladas + Siete (07) telescópicas
Capacidad nominal del equipo <sup>(1)</sup>	: 14,880 Kg (a 2.5m)
N° de estabilizadores <sup>(1)</sup>	: Cuatro (04)
Año de Fabricación	: 2016
Color del equipo <sup>(1)</sup>	: Negro

<sup>(1)</sup> Declarado por el cliente.

**CM&C JM S.A.C.**

Página 1 de 5

# ANEXO 12: CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD DE LA GRUA HIAB 330-5, CON SERIE 330-114 – GRUA 7.

CM&C JM S.A.C.  
Certificado N° 042022 / A03819

Lima, 02 de Abril del 2022



## CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

### 1. DATOS GENERALES

- 1.1 Nombre del solicitante : **IMPROMEC S.R.L.**
- 1.2 Dirección : Pj. Jose C. Mariategui Mza. E Lote 23 Int. 3 Urb. Covima – La Molina – Lima.
- 1.3 Propósito de la certificación : Verificar la operatividad de un Camión Grúa con Pluma Articulada marca **HIAB**, modelo **330-5**, de acuerdo a los requerimientos siguientes:  
- Datos de la máquina (verificación de las placas de identificación del equipo).  
- Inspección visual y estado de las partes, componentes y elementos de seguridad (sistema eléctrico, cabina y accesorios, sistema hidráulico, sistema de frenos, otros).  
- Prueba de operatividad.
- 1.4 Normas de referencia : - ANSI / ASME B30.22 – 2016.  
- ANSI / ASME B30.10 – 2019.  
- Manual de operación y mantenimiento del equipo.
- 1.5 Apellidos y nombres del inspector : - Mejía Gonzales, Jorge E.

### 2. DATOS DEL PRODUCTO

- 2.1 Identificación : CAMION GRUA CON PLUMA HIDRAULICA ARTICULADA

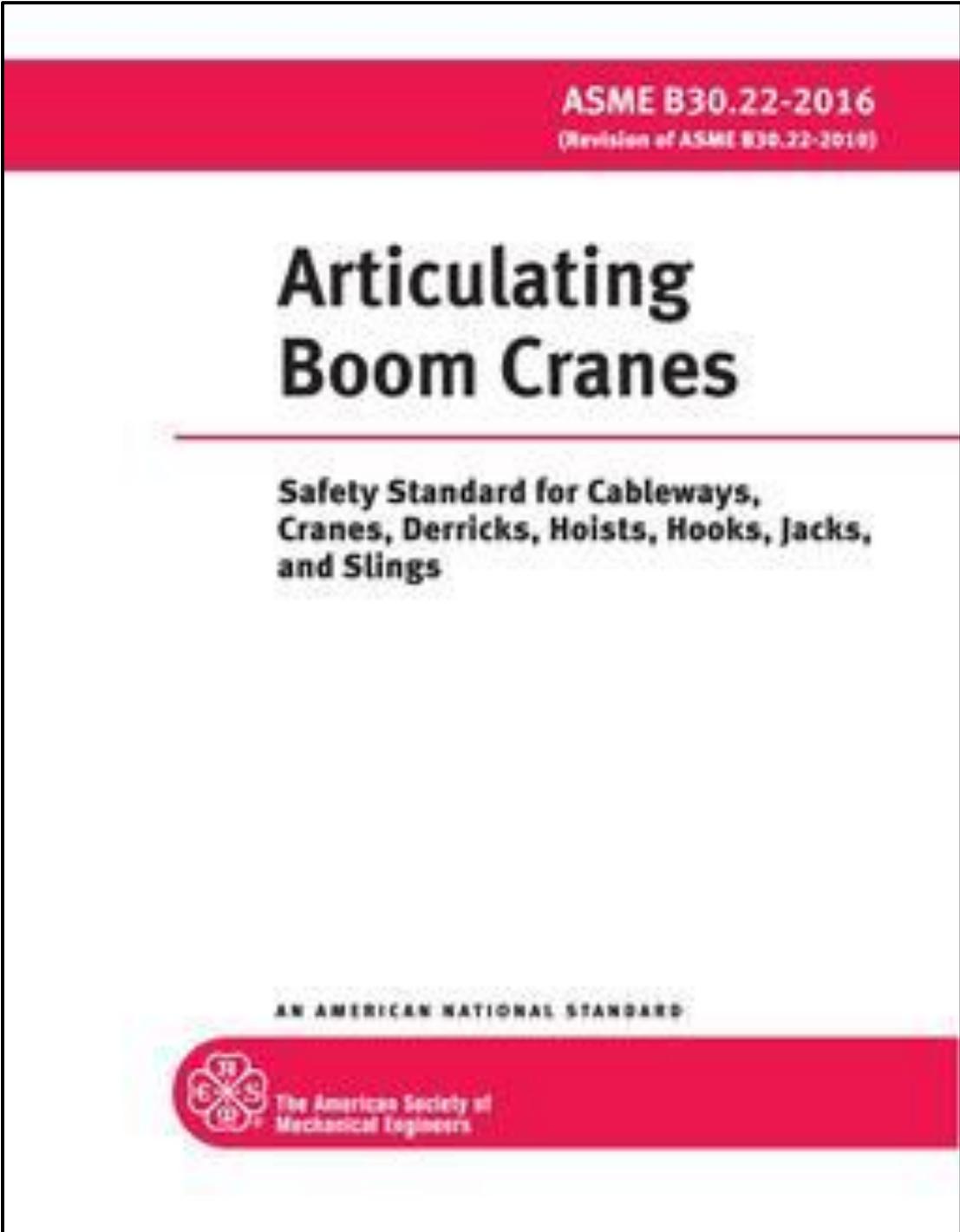
Camión	
Marca <sup>(1)</sup>	: HINO
Modelo <sup>(1)</sup>	: FM
N° placa <sup>(1)</sup>	: W5Y-866
N° de ejes en chasis <sup>(1)</sup>	: Tres (03)
N° de ruedas <sup>(1)</sup>	: Diez (10)
Color <sup>(1)</sup>	: BLANCO NEGRO
N° de serie <sup>(1)</sup>	: JHDFM2PRSGXX10553
N° de Motor <sup>(1)</sup>	: P11CVR10983

Grúa Articulada	
Marca <sup>(1)</sup>	: HIAB
Modelo <sup>(1)</sup>	: 330-5
N° Serie <sup>(1)</sup>	: 330.114
Tipo de pluma <sup>(1)</sup>	: Hidráulico Articulado
N° Secciones de pluma <sup>(1)</sup>	: Dos (02) articuladas + Cinco (05) telescópicas
Capacidad nominal del equipo <sup>(1)</sup>	: 12,000 Kg (a 2.3m)
N° de estabilizadores <sup>(1)</sup>	: Cuatro (04)
Año de Fabricación	: 2014
Color del equipo <sup>(1)</sup>	: Negro

<sup>(1)</sup> Declarado por el cliente.

CM&C JM S.A.C.

**ANEXO 13: NORMA ASME B30.22 – Articulating Boom Cranes**



## ANEXO 14: NORMA ASME B30.22 – SECTION 22-2.3: MAINTENANCE

ASME B30.22-2016

(c) The need for load testing of repaired, altered, or modified cranes shall be determined by a qualified person. When a load test is required, testing shall be in accordance with para. 22-2.2.2(b)(1) through (b)(4), as necessary, depending on the extent of the repair or alteration.

### (16) 22-2.2.3 Stability Test

(a) Prior to use, all new and reinstalled vehicle-mounted cranes shall be stability tested by or under the direction of a qualified person. The test shall be conducted with the completed, unloaded vehicle on a firm, level surface. Tests shall be conducted in accordance with SAE J765. A written test report shall be prepared and kept on file. Test loads shall correspond with the inverse of the maximum load ratings percentage listed in para. 22-1.1.1 at the maximum horizontal reach and in the least stable direction(s) relative to the mounting.

(b) Operational aids that function to restrict the capacity of the crane may be temporarily overridden during the performance of the stability test, if required to handle the test load.

(c) The need for stability testing of a repaired, altered, or modified vehicle-mounted crane shall be determined by a qualified person. When a stability test is required, testing shall be in accordance with para. 22-2.2.3(a) and (b), as necessary, depending on the extent of the repair or alteration.

## SECTION 22-2.3: MAINTENANCE

### 22-2.3.1 Preventive Maintenance

(a) A preventive maintenance program shall be established and should be based on the recommendations outlined in the crane manufacturer's manual. If a qualified person determines it is appropriate, the program should also include that individual's additional recommendations based on a review of the crane application and operations. Dated records should be placed on file.

(b) It is recommended that replacement parts be obtained from the original equipment manufacturer or be of equal quality.

### (16) 22-2.3.2 Maintenance Procedure

(a) Before adjustments and repairs are started on a crane, the following precautions shall be taken as applicable:

(1) Place crane where it will cause the least interference with other equipment or operations in the area.

(2) Set all controls in the "OFF" position and ensure all operating features are secured from inadvertent motion.

(3) Render starting means inoperative.

(4) Stop power plant or disconnect at power takeoff.

(5) Lower the boom to the ground, if possible, or otherwise secure against dropping.

(6) Lower the lower load block to the ground or otherwise secure against dropping.

(7) Relieve hydraulic oil pressure from all hydraulic circuits before loosening or removing hydraulic components.

(b) "Warning" or "Out of Order" signs shall be placed on the crane controls. Signs shall be removed only by authorized personnel.

(c) After adjustments and repairs have been made, the crane shall not be returned to service until all guards have been reinstalled, trapped air removed from the hydraulic system, and maintenance equipment removed.

### 22-2.3.3 Adjustments, Alterations, and Repairs (16)

(a) Any hazardous conditions disclosed by the inspection requirements of Section 22-2.1 shall be corrected before operation of the crane is resumed. Adjustments, alterations, and repairs shall be done only by designated personnel.

(b) Adjustments shall be made within the manufacturer's specified tolerances to maintain correct functioning of components. The following are examples of components that may need adjustment:

(1) functional operating mechanisms

(2) operational aids

(3) pneumatic, electronic, hydraulic, and mechanical control systems

(4) power plants

(5) braking systems

(c) Repairs or replacements shall be provided as needed for operation. The following are examples:

(1) critical parts of functional operating mechanisms that are cracked, broken, corroded, bent, or excessively worn.

(2) critical parts of the crane structure that are cracked, bent, broken, or excessively corroded.

(3) damaged or worn hooks as described under "Maintenance" in ASME B30.10. Repairs by welding or reshaping are not recommended.

(d) Repairs shall be made according to the manufacturer's instructions if instructions are available. Absent instructions from the manufacturer, repairs shall be made according to the directions of a qualified person.

(e) Repairs shall return the crane to a condition of structural, mechanical, and functional integrity to permit operation of the crane in accordance with the manufacturer's published performance specifications.

(f) Alterations shall only be performed according to instructions from the manufacturer. Absent instructions from the manufacturer, a qualified person may provide instructions for the alteration.

(g) Instructions shall be provided by the manufacturer for the removal of air from hydraulic circuits.

**22-2.3.4 Lubrication**

(a) All moving parts of the crane for which lubrication is specified should be regularly lubricated. Lubricating systems should be checked for proper delivery of lubricant. Care should be taken to follow the manufacturer's recommendations as to the points and frequency of lubrication, maintenance of lubricant levels, and types of lubricant to be used.

(b) Machinery shall be stationary while lubricants are being applied and protection provided as called for in paras. 22-2.3.2(a)(2) through 22-2.3.2(a)(5), unless equipped for automatic or remote lubrication.

**SECTION 22-2.4: ROPE INSPECTION, REPLACEMENT, AND MAINTENANCE****(16) 22-2.4.1 General**

All inspections shall be performed by a designated person. Any deficiencies identified shall be examined and a determination made by a qualified person as to whether they constitute a hazard, and if so, what additional steps need to be taken to address the hazard.

Due to crane design configuration to maintain mobility, sheave diameters, drum diameters, and rope design factors are limited. Because of these limited design parameters, inspection to detect deterioration in accordance with para. 22-2.4.2 and timely replacement in accordance with para. 22-2.4.3 are essential. If synthetic ropes are provided in lieu of wire ropes, the inspection, replacement, and maintenance criteria for the rope shall be provided by the synthetic rope manufacturer or a qualified person.

**(16) 22-2.4.2 Inspection****(a) Frequent Inspection**

(1) All running ropes in service should be visually inspected once each working day. A visual inspection shall consist of observation of all rope that can reasonably be expected to be in use during the day's operations. These visual observations should be concerned with discovering gross damage that may be an immediate hazard, including the following:

(-a) distortion of the rope such as kinking, crushing, unstranding, birdcaging, main strand displacement, or core protrusion. Loss of rope diameter in a short rope length or unevenness of outer strands should provide evidence that the rope or ropes must be replaced.

(-b) general corrosion.

(-c) broken or cut strands.

(-d) number, distribution, and type of visible broken wires [see paras. 22-2.4.3(b)(1), 22-2.4.3(b)(2), and 22-2.4.3(b)(7) for further guidance].

(-e) core failure in rotation-resistant ropes (see Fig. 22-2.4.2-1). When such damage is discovered, the rope shall be either removed from service or given an inspection as detailed in para. 22-2.4.2(b).

(2) Care shall be taken when inspecting sections of rapid deterioration such as flange points, crossover points, and repetitive pickup points on drums.

(3) Care shall be taken when inspecting rotation-resistant ropes, because of their higher susceptibility to damage and increased deterioration when working on equipment with limited design parameters. The internal deterioration of rotation-resistant ropes may not be readily observable.

**(b) Periodic Inspection**

(1) The inspection frequency shall be determined by a qualified person and shall be based on such factors as expected rope life as determined by experience on the particular installation or similar installations, severity of environment, percentage of capacity lifts, frequency rates of operation, and exposure to shock loads. Inspections need not be at equal calendar intervals and should be more frequent as the rope approaches the end of its useful life. This inspection shall be performed at least annually.

(2) This inspection shall cover the entire length of the rope. Only the surface wires of the rope need be inspected. No attempt should be made to open the rope. Any deterioration resulting in an appreciable loss of original strength, such as the conditions described below, shall be noted and determination made as to whether further use of the rope would constitute a hazard.

(-a) points listed in para. 22-2.4.2(a)

(-b) reduction of rope diameter below nominal diameter due to loss of core support or internal or external corrosion

(-c) severely corroded or broken wires at end connections

(-d) severely corroded, cracked, bent, worn, or improperly applied end connections

(3) Care shall be taken when inspecting sections of rapid deterioration, such as the following:

(-a) sections in contact with saddles, equalizer sheaves, or other sheaves where rope travel is limited

(-b) sections of the rope at or near terminal ends where corroded or broken wires may protrude

**22-2.4.3 Rope Replacement**

(a) No precise rules can be given for determination of the exact time for rope replacement since many variable factors are involved. Once a rope reaches anyone of the specified removal criteria, it may be allowed to operate to the end of the work shift, based on the judgment of a qualified person. The rope shall be replaced after that work shift, at the end of the day, or at the latest time prior to the equipment being used by the next work shift.

(b) Removal criteria for rope replacement shall be as follows:

(1) broken wires

### 8.1 Servicio



#### PELIGRO

- No realice usted mismo ninguna operación de soldadura en la grúa. Las operaciones de soldadura en la grúa solo deben ser realizadas por un taller de servicio HIAB o en estrecha colaboración con este.
- No realice usted mismo ninguna operación de perforación en la grúa. Las operaciones de perforación en la grúa solo deben ser realizadas por un taller de servicio HIAB o en estrecha colaboración con este.
- No intente nunca volver a instalar la grúa. Solo un distribuidor HIAB puede volver a instalar la grúa.



#### Antes de realizar cualquier soldadura en el vehículo:

- Desconectar la alimentación entre el vehículo y la grúa.
- Contactar con el fabricante del vehículo.

#### Después de realizar una operación de soldadura en el vehículo:

- Conectar la alimentación entre el vehículo y la grúa.

## Fugas

**PELIGRO**

- Manténgase alejado de una fuga de aceite del sistema hidráulico. Las salpicaduras de aceite pueden causar graves heridas. El aceite en el sistema hidráulico está sometido a altas presiones.
- No sustituya usted mismo los flexibles o tuberías hidráulicas: deben tomarse precauciones al desconectar los flexibles y tuberías hidráulicas para asegurarse de que la tubería no conserve presión hidráulica cuando se desconecta la alimentación eléctrica del sistema. Las tuberías hidráulicas pueden conservar presión después de desconectar la alimentación eléctrica.
- Póngase siempre en contacto con un taller de servicio HIAB.

**En caso de fuga de aceite, haga lo siguiente:**

1. Apoye la grúa en el suelo o sobre la plataforma del camión.
2. Desconecte el sistema operativo.
3. Desacople la TDF.
4. Acoplamiento con fugas:  
Apriete el acoplamiento con una llave.  
Si esto no resuelve la fuga, póngase en contacto con un taller de servicio HIAB.
5. Fuga pequeña en una tubería o flexible:  
Compruebe si es posible estacionar la grúa.  
Si es posible: estacione la grúa y vaya a un taller de servicio HIAB. Si no es posible: póngase en contacto con un taller de servicio HIAB.
6. En cualquier otro caso, póngase en contacto con un taller de servicio HIAB.

**8.2 Garantía**

HIAB solo ofrecerá una garantía si:

- Se cumplen los "Términos y Condiciones de la Garantía" especificados en el "Manual de Servicio y Garantía".
- La grúa se somete, al menos una vez al año, a un procedimiento de inspección y mantenimiento en un taller de servicio Hiab tal como se especifica en el "Manual de Servicio y Garantía".
- Se usan recambios originales HIAB en las tareas de reparación y mantenimiento.
- Todos los precintos de las válvulas siguen intactos.

Utilice siempre piezas y herramientas originales HIAB.

### **8.3 Respete las instrucciones de mantenimiento.**

Lleve la grúa al menos una vez al año a un taller de servicio HIAB para su revisión y mantenimiento. Realice el mantenimiento de los accesorios de elevación de acuerdo con las instrucciones del fabricante.



#### **AVISO**

- Asegúrese de reparar de inmediato cualquier avería de la grúa.
- No repare usted mismo averías que solo pueden ser reparadas por un taller de servicio HIAB.
- Solo deberá realizar por sí mismo las reparaciones y operaciones de mantenimiento para las que tenga los conocimientos y experiencia necesarios.

Si la grúa no va a utilizarse durante un mes o más:

- Lubrique bien la grúa de acuerdo con el programa de lubricación.
- Coloque la grúa en la posición de transporte.

### 8.3.1

## Mantenimiento y servicio

### Filtros

Sustituya el cartucho del filtro

- después de las primeras 50 horas de utilización
- a continuación, después de cada 1000 horas de utilización
- o una vez al año como mínimo.

### Limpieza

Limpie regularmente la grúa y sus accesorios, pero:

- No utilice agentes limpiadores agresivos.
- No utilice un limpiador de agua a presión sobre las piezas electrónicas, los componentes de plástico, las señales, los cojinetes, los distribuidores, los cilindros ni el depósito de aceite. Solo las superficies de la grúa pueden limpiarse con un limpiador de agua a presión.

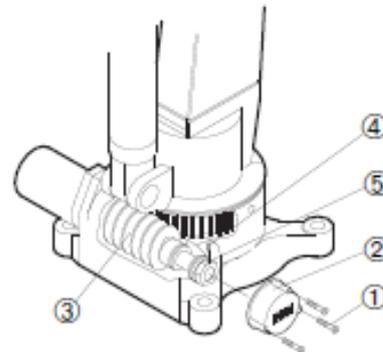
### Comprobación del engranaje helicoidal

Para garantizar una transmisión por engranaje helicoidal eficiente, el eje debe estar fijado axialmente.

Coloque el brazo primero en posición horizontal y mueva el brazo manualmente de lado a lado mientras inspecciona el eje:

- Desmonte los tornillos ① y la cubierta ② para comprobar la holgura. El eje del engranaje helicoidal ③ no debe mostrar ningún signo de movimiento axial.
- Si debe apretarse el eje del engranaje helicoidal ③, debe aflojarse el tornillo de seguridad ④ antes de poder apretar la tuerca ⑤.
- Apriete la tuerca para eliminar la holgura.

Compruebe el engranaje helicoidal a intervalos regulares.



### 8.3.1 Revisión diaria

Consulte la lista de control de inspección diaria para fotocopiar al final de este manual.

**Dispositivos de bloqueo del estabilizador**

- Compruebe que los dispositivos de bloqueo del estabilizador no presenten daños y funcionen correctamente.

**Ejes, cierres del eje, cojinetes y casquillos**

- Compruebe que los ejes, los cierres del eje, los cojinetes y los casquillos no presenten daños y funcionen correctamente.

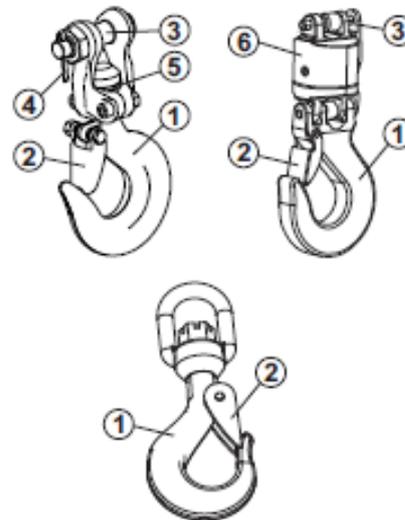
**Botones de parada**

- Compruebe que los botones de parada no presenten daños y funcionen correctamente.

**Ganchos**

Antes de cada elevación:

- Compruebe el estado general del gancho y de sus piezas ① y que no presenten deformaciones ni daños en la superficie de una profundidad importante.
- Revise los posibles daños en la estructura del gancho (por ejemplo, la formación de grietas).
- Compruebe que el pasador de seguridad ② se cierra completamente.
- Compruebe que el eje ③ y el pasador de fijación ④ estén en su sitio.
- Compruebe que el cojinete del plano ⑤ o el de giro ⑥ estén en buen estado.



**PELIGRO**

Si observa daños o desgastes que planteen un riesgo para la seguridad:

- No utilice el gancho.
- Haga que reparen la grúa de inmediato en un taller de servicio HIAB.

**Palancas**

- Compruebe que las palancas funcionen correctamente.
- Compruebe que las palancas regresen a la posición de punto muerto.

**Componentes electrónicos [opción]**

- Compruebe que estén en buen estado.
- Prueba de LED

Para realizar la prueba:

1. Pulse el botón de ON/OFF durante un mínimo de tres segundos. Se activa la prueba y se iluminan todos los LED rojos.
2. Suelte el botón. Después de tres segundos, se iluminan todos los LED verdes. La prueba finaliza cuando se apagan todos los LED.

**Estructura de la grúa**

- Revise los posibles daños en la estructura de la grúa (por ejemplo, la formación de grietas).

**PELIGRO**

En caso de observar daños que planteen un riesgo para la seguridad:

- No utilice la grúa.
- Repare la grúa de inmediato en un taller de servicio HIAB.

**Sistema hidráulico**

- Compruebe que no haya fugas en los manguitos, tuberías y conexiones hidráulicas.

**Filtros**

- Compruebe el indicador del filtro. Si está rojo, sustituya el cartucho.

**Equipo adicional (cabrestante, etc.)**

- Compruebe los cables, conexiones, guías y puntos de conexión del equipo adicional.
- Mantenga todos los equipos adicionales, auxiliares, etc. de acuerdo con las instrucciones incluidas.

**Nivel del depósito de aceite**

- Para comprobar el nivel del depósito de aceite:  
Aparque el vehículo en un suelo llano con la grúa en la posición de transporte.
- En caso necesario, añada más aceite.

**8.3.2 Inspección y mantenimiento mensual**

Además de la inspección diaria, realice las siguientes inspecciones una vez al mes:

**Barras de los pistones**

- En los casos en los que la barra del pistón del cilindro esté expuesta a la suciedad debido a la posición de aparcamiento, deben limpiarse y engrasarse las superficies cromadas para evitar la corrosión. Esta operación debe realizarse regularmente.

**Pernos de pivote y casquillos**

- Revise todos los pernos de pivote y casquillos del brazo y los cilindros de la grúa en busca de daños, holgura, etc.

**Pernos y tornillos de fijación**

- Compruebe que todos los pernos tornillos de fijación están debidamente apretados. Si están sueltos, póngase en contacto con un taller de servicio HIAB

**Cables y sensores**

- Compruebe que estén en buen estado.

**Programa de lubricación**

- Lubrique de acuerdo con las instrucciones.

**Cojinete de giro/cojinete superior de la columna**

- Compruebe que el cojinete de giro/cojinete superior de la columna esté debidamente engrasado.

**Sistema hidráulico**

- Compruebe que los tornillos de fijación de la bomba hidráulica estén bien apretados.
- Compruebe si es necesario cambiar el aceite del sistema hidráulico.
- O pida al taller o a un especialista que comprueben el aceite.

**Equipo adicional, etc.**

- Mantenga todos los equipos adicionales, auxiliares, etc., de acuerdo con las instrucciones incluidas.

**8.3.3 Mantenimiento anual**

Lleve la grúa al menos una vez al año a un taller de servicio HIAB para su revisión y mantenimiento.

Realice las siguientes operaciones de mantenimiento como mínimo una vez al año.

**Sistema hidráulico**

- Cambie el aceite hidráulico.  
O solicite una prueba a un taller o especialista.
- Cambie el tapón de llenado del depósito de aceite.
- Sustituya los filtros.

**! ¡OBSERVACIÓN!**

Si la grúa se utiliza en climas cálidos, podría ser necesario cambiar el aceite con más frecuencia.

**8.4 Lubricación****AVISO**

Siga con exactitud el programa de lubricación. Si no lo hace, podría ocasionar graves daños a la grúa y el equipo adicional.

**Tipo de grasa**

Use grasa con base de litio que contenga aditivos EP (se recomiendan las consistencias 2 y 3, en función del clima).

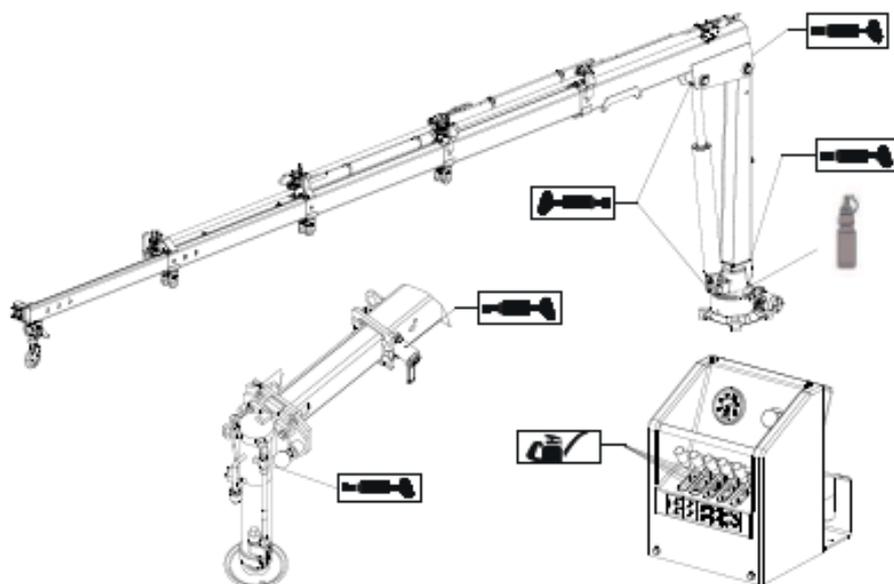
**Grasas recomendadas:**

BP LS EP 2, ESSO UNIWAY EP2 N, AGIP GR MU/EP3, NYNÄS UNIFETT EP.

 **! ¡OBSERVACIÓN!**

Evite las grasas con aditivos de grafito o bisulfuro de molibdeno.

**8.4.1 Programa de lubricación**



	Lubricar cada 16 horas de utilización.
	SG 02.94 p/n 551350. Lubricar cada 50 horas de utilización.

## 8.4.2

## Mantenimiento y servicio



Lubricar cada 50 horas de utilización.

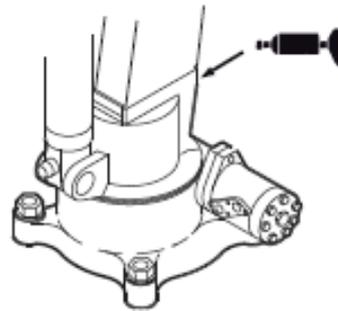
Si no va a utilizarse la máquina durante algún tiempo, deben lubricarse todos los puntos.

### 8.4.2 Lubricación de los cojinetes de la columna



#### PELIGRO

Los cojinetes de la columna deben lubricarse mientras la grúa está girada. Si una persona lubrica los cojinetes de la columna mientras otra hace girar la grúa: tenga cuidado de que la persona que lubrica los cojinetes no entre en contacto ni sea aplastada por la grúa.



Si está lubricando los cojinetes de la columna sin ayuda:

- Lubricar los cojinetes con un poco de grasa.
- Gire un poco la grúa.
- Vuelva a lubricar con un poco de grasa. Repita el proceso hasta haber girado la columna por completo.

**8.4.3 Lubricación de los ganchos**

• **Ganchos con cojinete de plano.**

Si el gancho no gira fácilmente sin carga:

1. Lubrique las superficies del cojinete de plano ①.

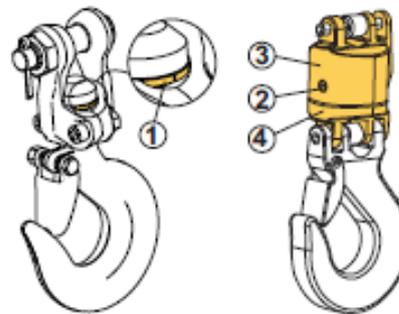
Use una grasa en spray penetrante de altas prestaciones de tipo "ZEP 2000" o calidad equivalente.

• **Ganchos giratorios.**

Lubrique si la parte giratoria no gira fácilmente:

1. Retire el tornillo ② e instale una boquilla de engrase.
2. Añada grasa hasta que esta aparezca entre la carcasa ③ y el vástago ④.
3. Coloque el tornillo ②.

Use una grasa para cojinetes tipo "Texaco Multifak EP 2" o calidad equivalente.



## 8.5 Componentes hidráulicos

### 8.5.1 Sustitución del cartucho del filtro de aceite de retorno

Filtro de aceite de retorno con indicador de obstrucción



! ¡OBSERVACIÓN!

No limpie el cartucho del filtro.

Cambie el filtro de respiración del tapón de llenado al mismo tiempo que el cartucho del filtro de retorno.

Cuando el indicador de atascos se pone en rojo o ha llegado el momento de cambiar el filtro (lo que antes ocurra), sustituya el cartucho. Si no hay indicador, cambie el cartucho periódicamente siguiendo las recomendaciones de Hiab.

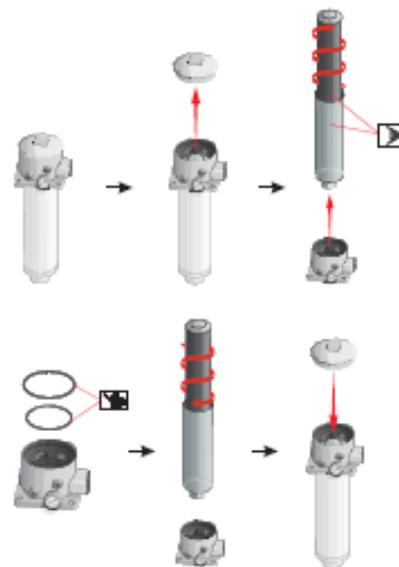


#### AVISO

La suciedad puede dañar el sistema hidráulico

Compruebe que la zona alrededor del filtro esté limpia para evitar que el aceite hidráulico se contamine.

1. Desconecte el sistema hidráulico y suelte el filtro de presión.
2. Limpie la zona que se encuentra alrededor del filtro.
3. Retire la cubierta.
4. Retire el cartucho del filtro junto con la carcasa del filtro usando el asa.
5. Examine la superficie del cartucho del filtro por si hubiera restos de tierra o partículas más grandes que podrían indicar daños en los componentes.
6. Examine la carcasa del filtro por si hubiera daños mecánicos.
7. Sustituya el cartucho del filtro por uno nuevo.
8. Extraiga las juntas tóricas antiguas y cámbielas (engráselas antes de montarlas).
9. Coloque el cartucho del filtro con cuidado en su carcasa y enrósquelo. Tenga cuidado con la posición del asa.
10. Instale el cartucho del filtro junto con la carcasa del filtro.
11. Vuelva a colocar la cubierta.
12. Cambie el filtro de respiración de la tapa del filtro.
13. Conecte el sistema hidráulico y compruebe si hay fugas en el filtro.



### 8.5.2 Comprobar el nivel del depósito de aceite

1. Colocar la grúa y las patas estabilizadoras en la posición de transporte.
2. Coloque el vehículo sobre una superficie plana.
3. Compruebe el nivel de aceite en el depósito.
4. Nivel de aceite demasiado bajo:  
Rellene con aceite hidráulico.



### 8.5.3 Sustitución del aceite hidráulico



#### AVISO

El aceite puede estar caliente y provocar lesiones.

1. Utilice la grúa durante un rato para calentar el aceite. Coloque la grúa en la posición de estacionamiento. Tenga cuidado de que la temperatura del aceite no supere el punto en el que pueda manejarlo con seguridad. En ese caso, deje que se enfríe el aceite antes de avanzar al siguiente paso.



#### AVISO

- Debe utilizar protección adecuada de los ojos y las manos mientras realiza esta operación y, si existe riesgo de inhalación de vapores de aceite, también una mascarilla.
- Inhalación de vapores de aceite: avise a un médico.
- Contacto con la piel: quítese la ropa contaminada y lávese con agua y jabón. En caso de inyección del producto a alta presión, vea a un médico de inmediato.
- Contacto con los ojos: enjuáguese los ojos con abundante agua y vea a un médico si continúa la irritación.

2. Vacíe el depósito de aceite por el orificio de vaciado. Asegúrese de que quede la menor cantidad de aceite posible en el sistema.

Use un recipiente con capacidad suficiente.



**! ¡OBSERVACIÓN!**

Asegúrese de desechar el aceite usado de forma segura y de acuerdo con las normativas medioambientales locales.

3. Cambie al mismo tiempo:

- todos los filtros

4. Vuelva a colocar el tapón de vaciado.

**Rellene el depósito de aceite con aceite hidráulico**

El aceite utilizado para rellenar debe estar limpio. No mezcle aceites diferentes.

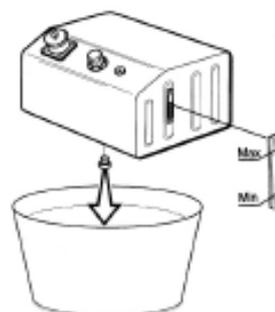
Los aceites hidráulicos deben haberse manejado de acuerdo con los requisitos de limpieza de ISO 4406: -/16/13.

El aceite hidráulico aprobado para los productos HIAB debe cumplir una de las siguientes normas o equivalentes:

- ISO 11158 HV
- DIN 51524 parte 3 HVLP
- ISO 6743/4 L-HV

Los proveedores de aceite hidráulico deben verificar que la calidad y el rendimiento cumpla las anteriores normas.

Al cambiar de aceite mineral a un aceite sintético no contaminante o al cambiar a un aceite biodegradable, póngase en contacto con un taller de servicio HIAB.



**Viscosidad del aceite**

La viscosidad del aceite es de gran importancia para obtener una alta eficiencia del sistema hidráulico.

El nombre del aceite en la tabla siguiente: 32, 46 o 68 indica la viscosidad de dicho aceite a 40 °C (temperatura de referencia).

Viscosidad del aceite a 40 °C	Intervalo de temperatura
32	De -25 °C a 75 °C
46	De -15 °C a 90 °C
68	De -5 °C a 90 °C

La viscosidad recomendada durante las condiciones de trabajo normales es entre 16 y 40 cSt.

HIAB recomienda encarecidamente una temperatura de funcionamiento del aceite inferior a 70 °C. En caso necesario, considere instalar un calentador o enfriador de aceite.

**! ;OBSERVACIÓN!**

Al trabajar en condiciones árticas, considere usar un aceite con una viscosidad inferior al aceite 32 en la tabla anterior.

**Aceite ecológico**

Los aceites respetuosos con el medio ambiente recomendados para productos HIAB son fluidos hidráulicos sintéticos basados en éster (éster sintético).

**! ;OBSERVACIÓN!**

Los aceites vegetales no cumplen los requisitos de HIAB y no deben usarse.

**Después de rellenar el depósito**

1. Accione cada una de las funciones de la grúa hasta su posición final.
2. Mueva la grúa hasta la posición de estacionamiento.

3. Compruebe y rellene el depósito de aceite hasta el nivel máximo del indicador del depósito.
4. Purgue el sistema.

### 8.5.4 Purgar el aire del sistema hidráulico

**Purgue el aire del sistema hidráulico:**

- después de cambiar el aceite hidráulico
- después de trabajar en el sistema hidráulico
- si la grúa funciona de forma lenta o a sacudidas
- si la grúa no se ha utilizado durante mucho tiempo



#### AVISO

El aire en el sistema hidráulico puede causar averías y daños

**Para purgar el aire del sistema hidráulico, proceda del siguiente modo:**

Mueva cada cilindro de la grúa y cada componente de equipo adicional de accionamiento hidráulico al menos dos veces hasta sus posiciones límite (despacio).

## 8.6 Solución de problemas

### 8.6.1 Averías de la grúa

Las averías de la grúa deben repararse de inmediato.

## 8.6.1

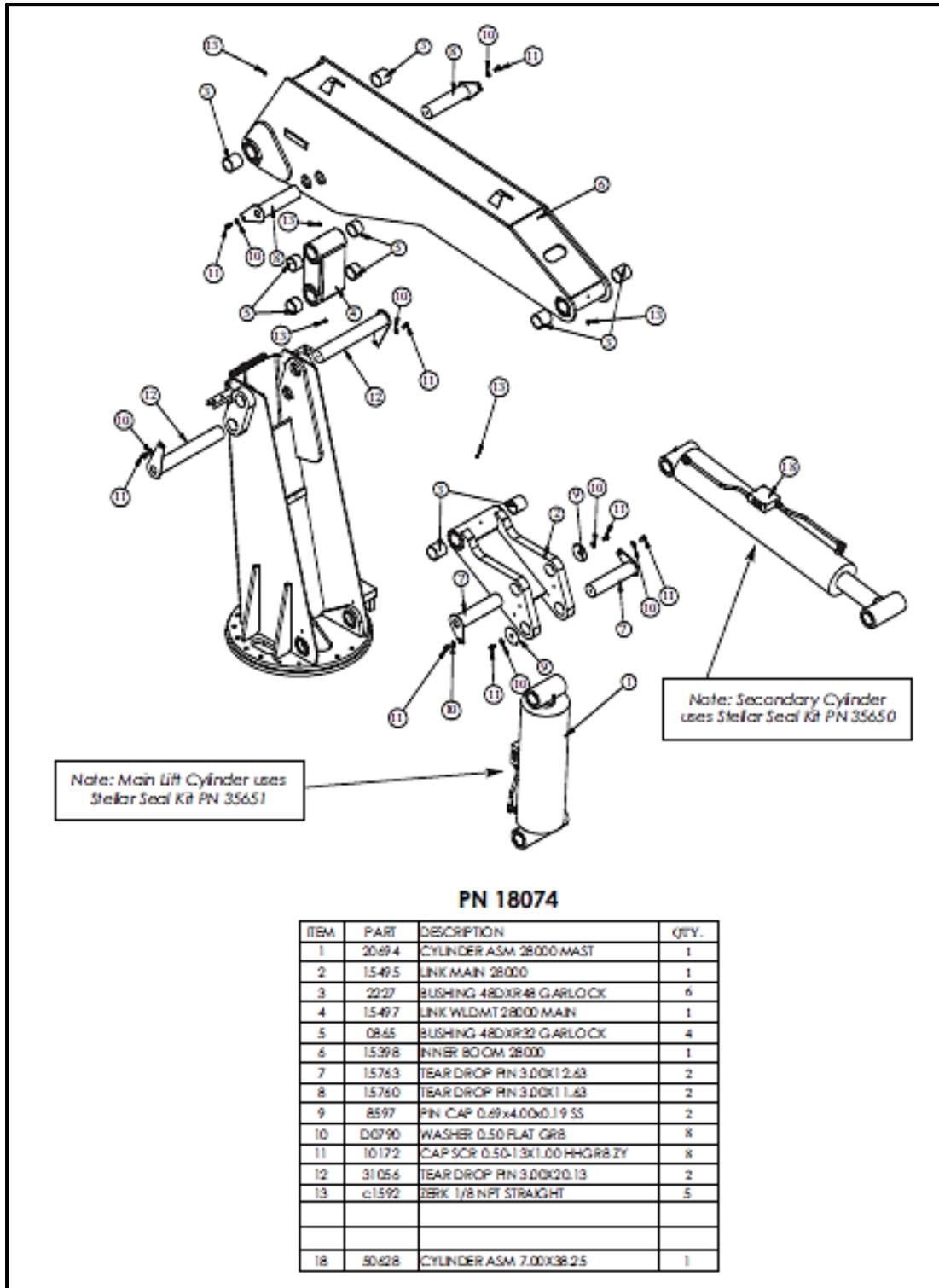
## Mantenimiento y servicio

**PELIGRO**

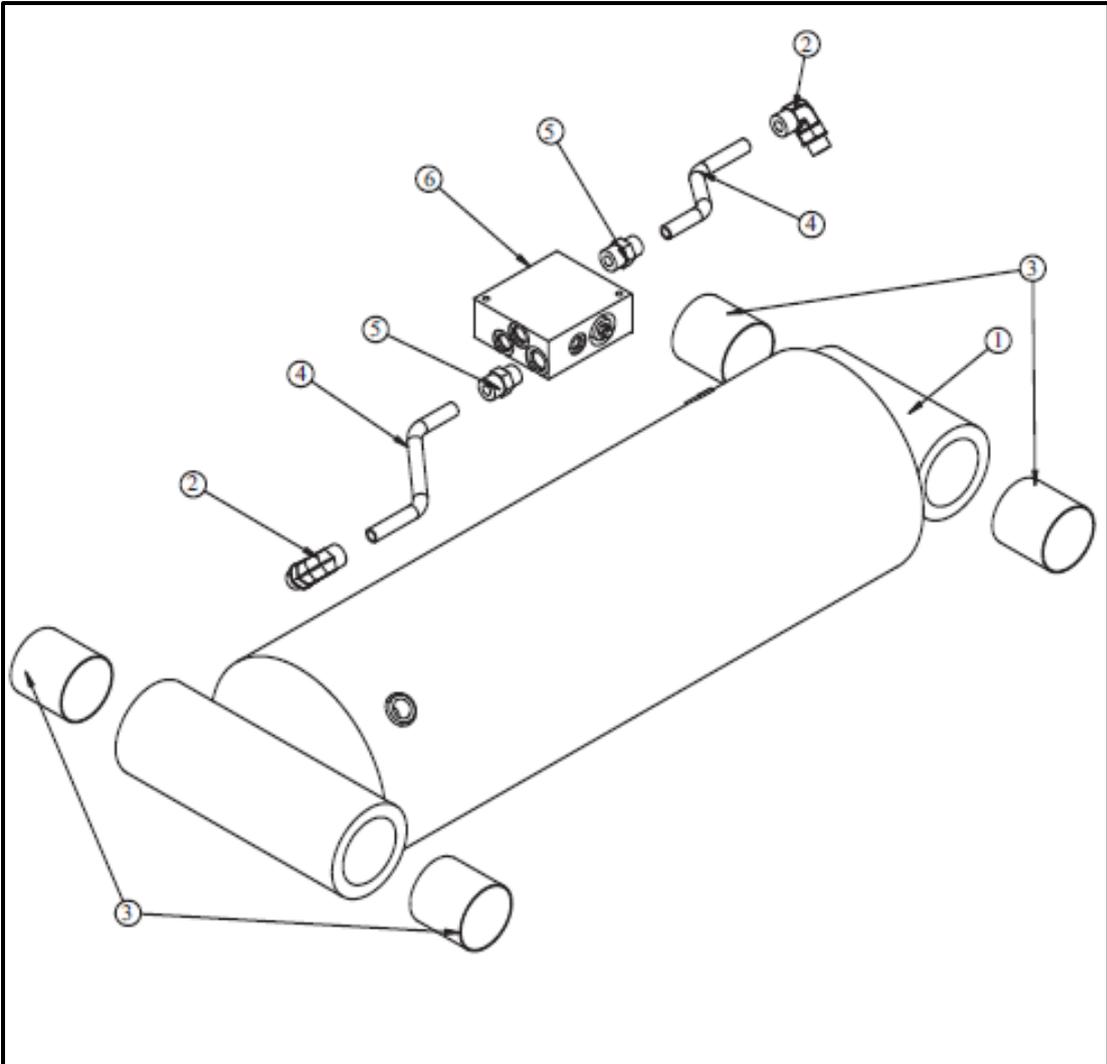
- Repare usted mismo solo las averías que pueda corregir de acuerdo con la tabla.
- Siga las instrucciones con exactitud.
- Todas las demás averías deben ser reparadas por el personal de un taller de servicio HIAB.

Avería	Causa probable	Acción
La bomba hidráulica hace ruido. Tres causas: ¡Advertencia! ¡Deje de usar la grúa inmediatamente!	El respiradero del tapón de llenado del depósito de aceite está obstruido.	Limpie la obstrucción o sustituya todo el tapón de llenado.
	El nivel de aceite del depósito es demasiado bajo.	Rellene el depósito de aceite y purgue el sistema hidráulico.
	La bomba hidráulica es defectuosa.	Acuda a un taller de servicio HIAB.
Las extensiones de estabilizadores no se despliegan.	Las extensiones siguen bloqueadas.	Desbloquee las extensiones.
Los movimientos de giro son irregulares o producen ruidos anómalos.	Aceite insuficiente en el sistema hidráulico.	Rellene el depósito de aceite
	Los cojinetes de la columna no están bien lubricados.	Lubricar los cojinetes
	Los cojinetes de la columna están dañados.	Vaya a un taller de servicio HIAB
El equipo adicional no funciona correctamente (rotador, cabrestante, etc.)	Los conectores no están bien conectados.	Vuelva a conectar el equipo adicional de acuerdo con las instrucciones.
	Otro defecto.	Vaya a un taller de servicio HIAB
Fuga del sistema hidráulico: tubería, manguito o acoplamiento con fugas ¡Peligro! Manténgase alejado de cualquier fuga de aceite.		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pulse el botón de parada.</li> <li>2. Desacople la TDF.</li> <li>3. Póngase en contacto con un taller de servicio HIAB</li> </ol>

## ANEXO 16: DETALLE DEL DESPIECE DE LA PLUMA PRINCIPAL



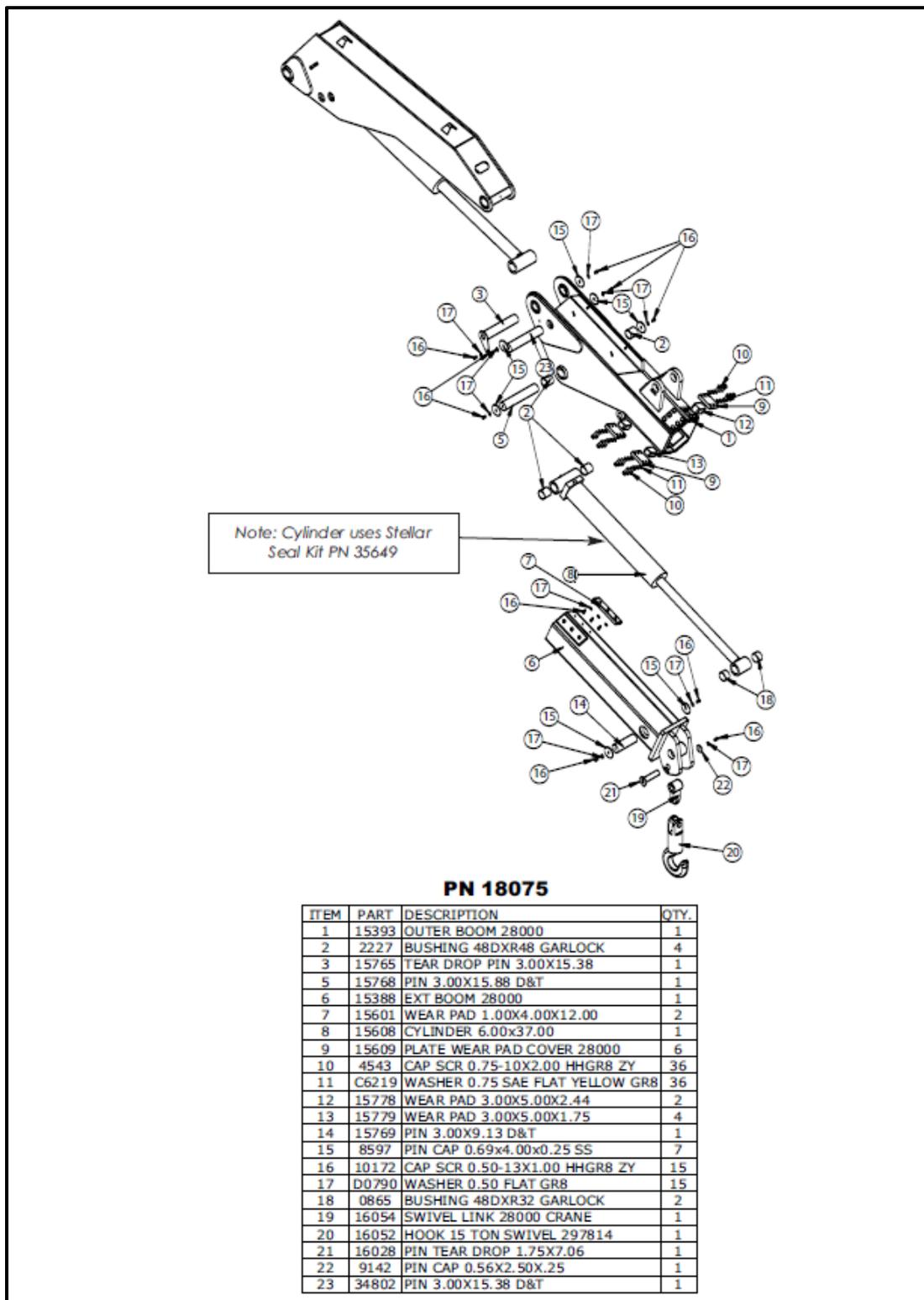
**ANEXO 17: DETALLE DE CILINDRO DE PLUMA PRINCIPAL**



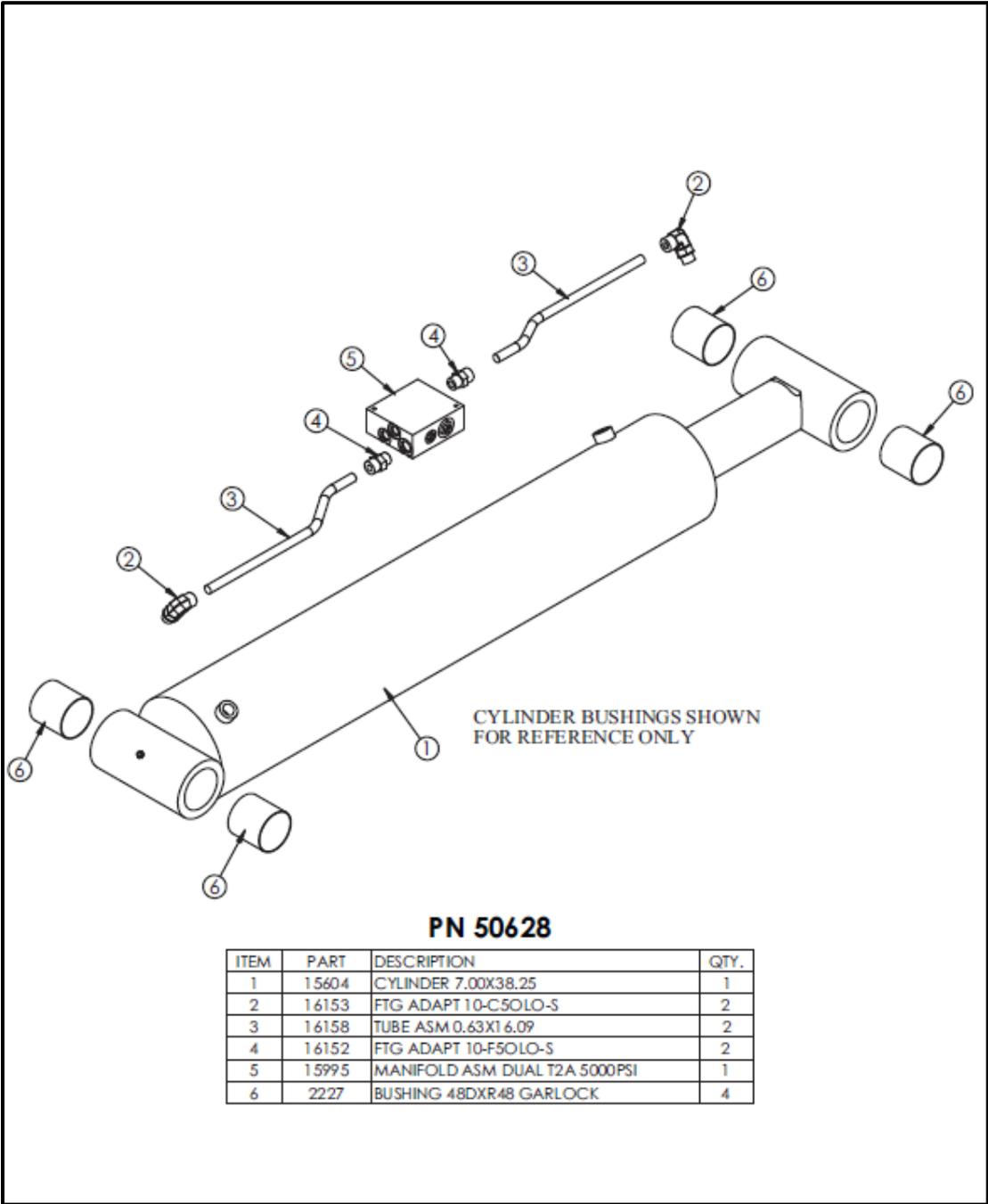
**PN 20694**

ITEM NO.	PART NO.	DESCRIPTION	QTY.
1	15598	CYLINDER 9.00x4.00x21.81	1
2	16153	FTG ADAPT 10-C5OLO-S	2
3	2227	BUSHING 48DXR48 GARLOCK	4
4	16157	TUBE ASM 0.63X7.88	2
5	16152	FTG ADAPT 10-F5OLO-S	2
6	15995	MANIFOLD ASM DUAL T2A 5000PSI	1

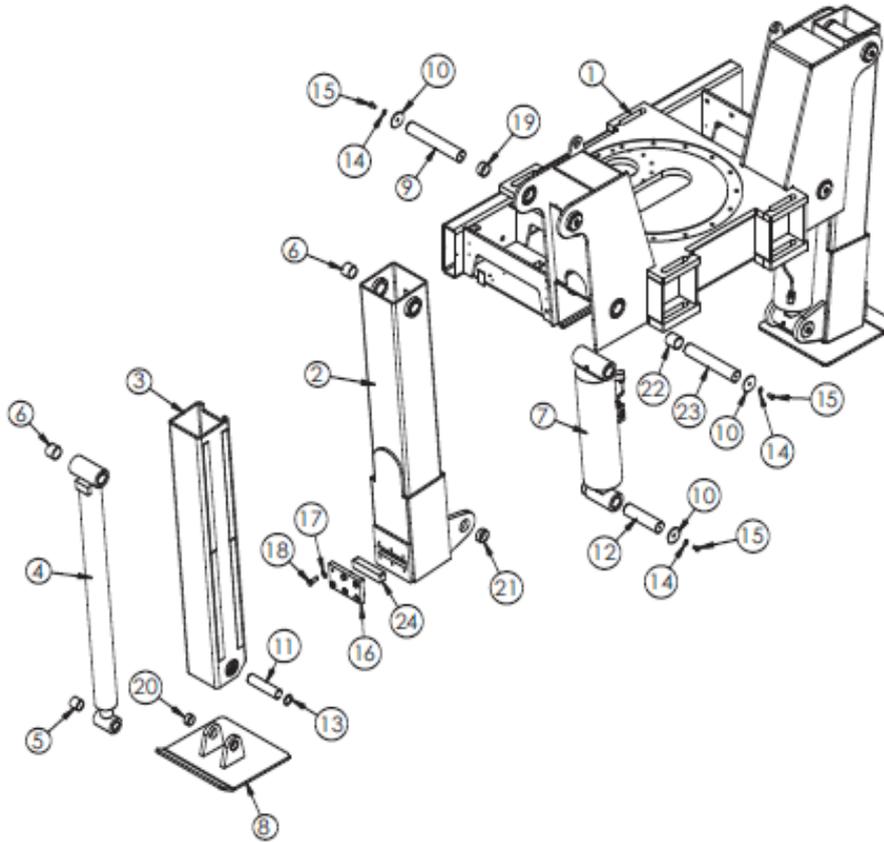
## ANEXO 18: DETALLE DEL DESPIECE DE LA PLUMA DE EXTENSIÓN



**ANEXO 19: DETALLE DE CILINDRO DE PLUMA DE EXTENSIÓN**



## ANEXO 20: DETALLE DEL DESPIECE DEL ESTABILIZADOR

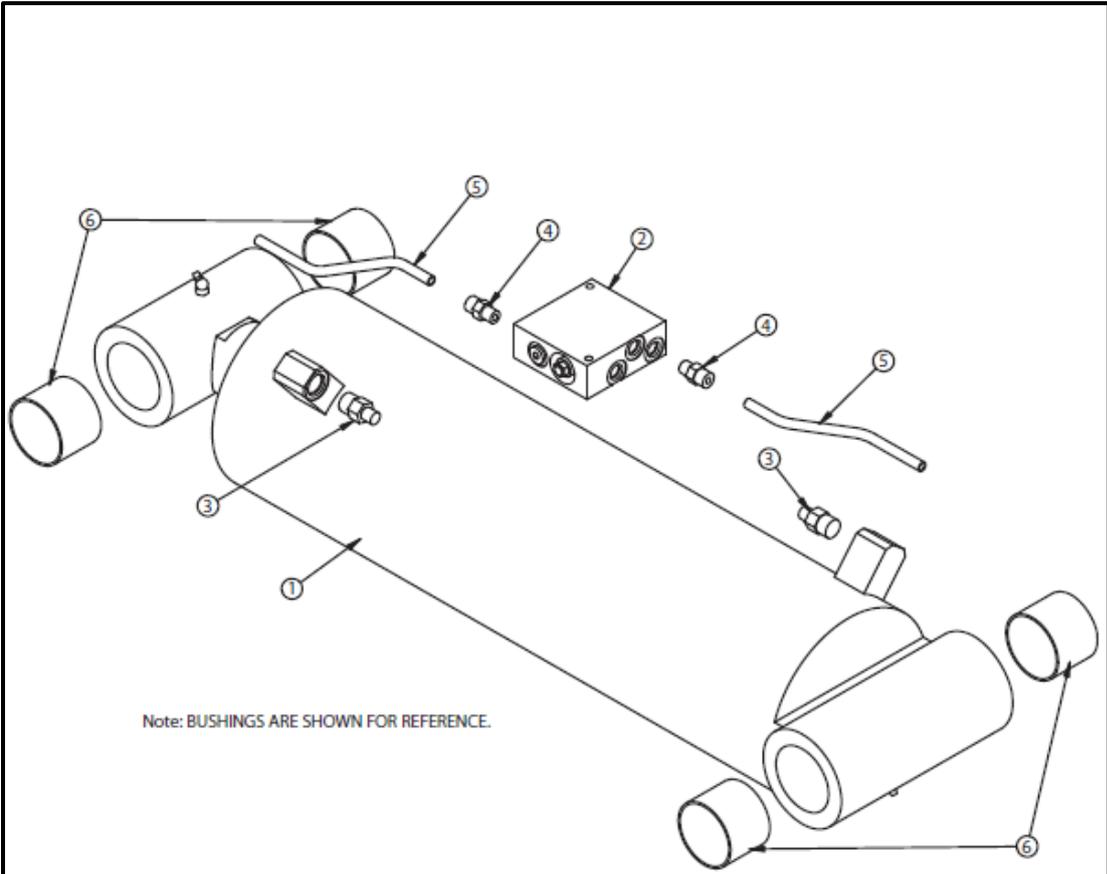


### PN 48689

ITEM	PART	DESCRIPTION	QTY.
1	48686	BASE 28000	1
2	40450	OUTRIGGER 23000	2
3	15502	OUTRIGGER LEG 28000	2
4	9994	CYLINDER 4.00X50.00	2
5	4381	BUSHING 32DXR32 2.00X2.00 GARLOCK	4
6	0635	BUSHING 40DXR32 GARLOCK	8
7	48383	CYLINDER ASM 48384	2
8	40837	OUTRIGGER PAD 23000 9/16IN	2
9	40459	PIN 2.50X14.88 D&T	2
10	8377	PIN C.A.P 0.56X3.50X0.19	12
11	9997	PIN 2.00x8.25	2
12	9996	PIN 2.50X9.38 D&T	2
13	2257	SNAP RING INSIDE 2.00	4
14	D0790	WASHER 0.50 FLAT GR8	12
15	10172	C.A.P SCR 0.50-13X1.00 HHGR8 ZY	12
16	10180PC	COVER WEAR PAD 23000	2
17	C5902	WASHER 0.63 SAE FLAT YELLOW GR8	12
18	C1025	C.A.P SCR 0.63-11X2.00 HHGR8 ZY	12
19	25574	BUSHING 40DXR20 2.50X1.25	4
20	8819	BUSHING QSI-3235-16	2
21	13343	BUSHING 40DXR1.6 GARLOCK	4
22	17320	BUSHING 40DXR40 GARLOCK	4
23	48385	PIN 2.50X14.00 D&T	2
24	40455	WEAR PAD 2.00X8.00X1.50	2

BASE WELDMENT SHOWN AS REFERENCE

**ANEXO 21: DETALLE DEL CILINDRO DEL ESTABILIZADOR**



Note: BUSHINGS ARE SHOWN FOR REFERENCE.

**PN 48383**

ITEM	PART	DESCRIPTION	QTY.
1	48384	CYLINDER 7.00X19.25	1
2	15822	MANIFOLD DOUBLE T1 1A 5000 PSI	1
3	D1290	FTG ADAPT 8-6 F5OLO-S	2
4	0279	FTG ADAPT 6-F5OLO-S	2
5	19032	TUBE ASM 0.38 X 6.91	2
6	0635	BUSHING 40DXR32 GARLOCK	4

## ANEXO 22 – PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

SISTEMA	COMPONENTE	DESCRIPCION	KM	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	60000	70000
			HM	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
<b>MOTOR</b>	ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR ACEITE DE CADA MANTENIMIENTO CADA 500 HM INSPECCIONAR CADA 250 HM	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR ACEITE DE CADA MANTENIMIENTO CADA 500 HM INSPECCIONAR CADA 250 HM	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	FILTRO CENTRIFUGO DE ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR ACEITE DE CADA MANTENIMIENTO CADA 500 HM INSPECCIONAR CADA 250 HM	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	FILTRO DE COMBUSTIBLE	DEBIDO A LA CALIDAD DE COMBUSTIBLE APLICA EL REEMPLAZO CADA 750 HM	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	FILTRO SEPARADOR DE AGUA	DEBIDO A LA POLUCION DE LA UNIDAD MINERA APLICA EL REEMPLAZO CADA 750 HM	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	FILTRO DE AIRE	DEBIDO A LA POLUCION DE LA UNIDAD MINERA APLICA EL REEMPLAZO CADA 750 HM	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C
	FILTRO SECADOR DE AIRE	DEBIDO A LA POLUCION DE LA UNIDAD MINERA APLICA EL REEMPLAZO CADA 750 HM	C	I	C	I	I	C	I	I	C	I	I	C	C
	REFRIGERANTE	PRIMER REEMPLAZO A LAS 4250 HM o 24 MESES						C							
	FILTRO DE REFRIGERANTE	PRIMER REEMPLAZO A LAS 2250 HM o 12 MESES										C			
	<b>SISTEMA DE TRANSMISION</b>	ACEITE TRANSMISION	PRIMER REEMPLAZO A LAS 5500 HM o 24 MESES												
FILTRO DE CAJA DE CAMBIOS		PRIMER REEMPLAZO A LAS 5500 HM o 24 MESES													C
ACEITE SINTETICO CORONA		PRIMER REEMPLAZO A LAS 5500 HM o 24 MESES													C
ACEITE DE CUBOS DE RUEDAS		PRIMER REEMPLAZO A LAS 5500 HM o 24 MESES													C
ACEITE DE DIRECCION HIDRAULICA		PRIMER REEMPLAZO A LAS 5500 HM o 24 MESES													C
FILTRO DE DIRECCION		PRIMER REEMPLAZO A LAS 5500 HM o 24 MESES													C
FILTRO DE CABINA		EN CASO DE SATURACION CAMBIAR INMEDIATAMENTE	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
FAJA DE VENTILADOR		REVISAR EL ESTADO Y LA TENSION DE CORREA POLY / TEMPLADOR, CAMBIAR CADA 200,000 KMS													C
ENGRASE CON GRASA		ENGRASAR EN TODOS LOS MANTENIMIENTOS	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

SISTEMA	COMPONENTE	DESCRIPCION	KM	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	60000	70000
			HM	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
INSPECCION DE SISTEMAS	ELECTRICO	INSPECCION DE LUCES FRONTALES, LATERALES, POSTERIORES E INFERIORES		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	FRENOS	REVISAR PASTILLAS DE FRENO Y/O BALATAS		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	DIRECCION Y RUEDAS	INSPECCION DE TERMINALES, ACOPLERES, BRAZOS, ALINEAMIENTO, ROTACION DE LLANTAS		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
SISTEMA HIDRAULICO	ACEITE HIDRAULICO	CAMBIAR ACEITE DE CADA MANTENIMIENTO CADA 500 HM INSPECCIONAR CADA 250 HM		I	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C
	FILTRO HIDRAULICO DE PRESION	CAMBIAR FILTRO A LAS 1000 HM					C				C				C
	FILTRO PARA TANQUE	CAMBIAR FILTRO A LAS 1000 HM					C				C				C
	FILTRO RESPIRADERO	CAMBIAR FILTRO A LAS 1000 HM					C				C				C
	TANQUE HIDRAULICO GRUA	REVISAR SI TIENE FUGAS O RAJADURAS, REVISAR NIVEL DE ACEITE		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	BASE DE GRUA	REVISAR RAJADURAS, ESTADO DE ESTRUCTURA, TORNAMESA		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	BOOM DE GRUA	VERIFICAR EXISTENCIA DE DAÑOS Y HOLGURAS		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	EJES Y ARTICULACIONES DE GRUA	REVISAR HOLGURA, RAJADURAS, LUBRICACION y ESTADO DE ESTRUCTURA		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	ESTABILIZADORES	REVISAR EL BUEN ESTADO Y FUNCIONAMIENTO DE LOS SEGUROS DE GATOS ESTABILIZADORES		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	MANGUERAS HIDRAULICAS	VERIFICAR SI EXISTEN FUGAS O DAÑOS EN LA MANGUERA PARA SU REEMPLAZO		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	ENGRASE GENERAL	ENGRASAR EN TODOS LOS MANTENIMIENTOS		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

**PUNTOS DE LUBRICACION DE GRUA ARTICULADA HIDRAULICA / CAMION**

**LEYENDA: I – INSPECCIONAR / C – CAMBIAR**

